

# ВІМ-МОДЕЛІРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

## BIM IN CONSTRUCTION & ARCHITECTURE

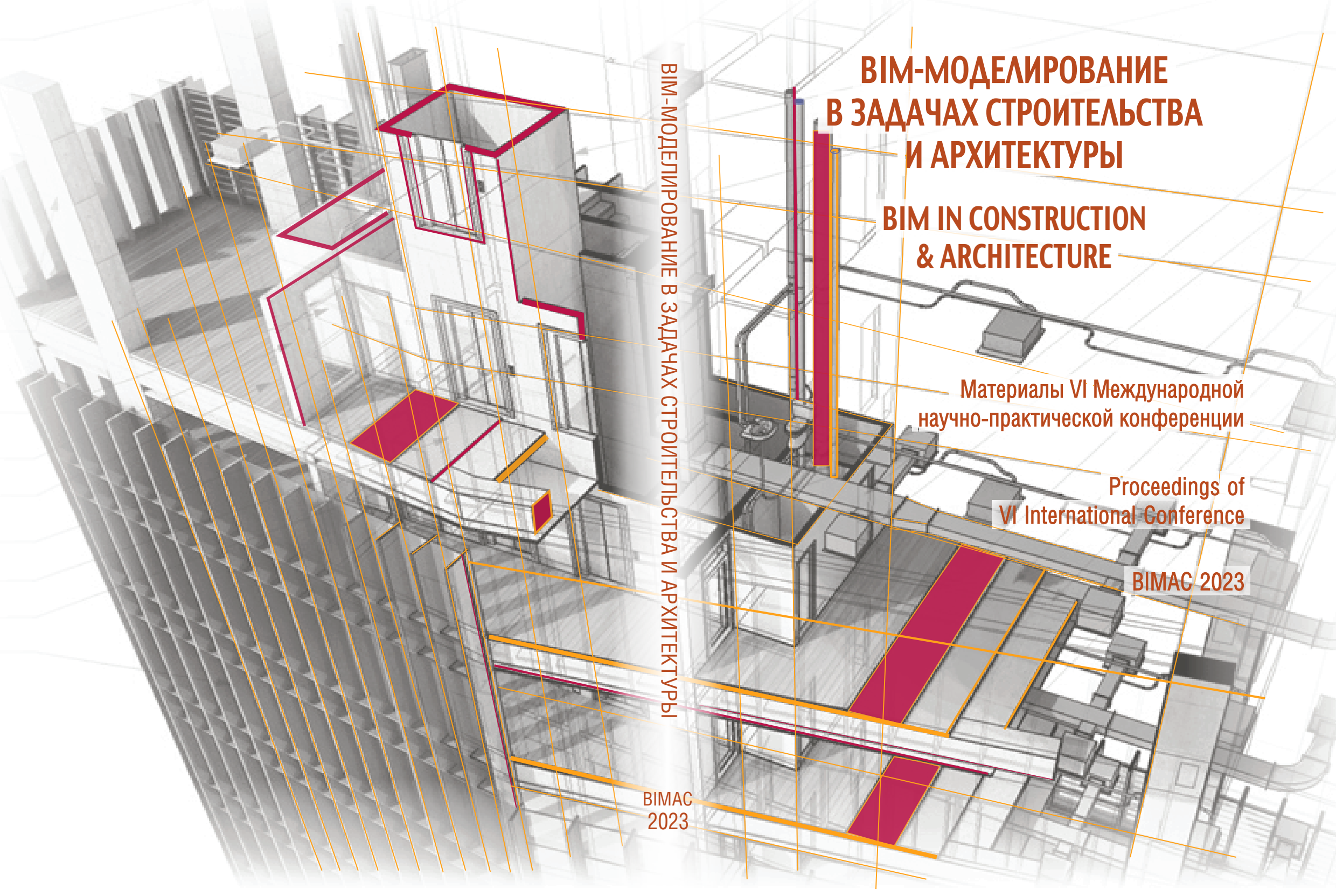
Материалы VI Международной  
научно-практической конференции

Proceedings of  
VI International Conference

BIMAC 2023

BIMAC  
2023

ВІМ-МОДЕЛІРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ





Конференция организована в рамках реализации  
Инновационного образовательного проекта

**«Инновационная методика формирования цифровых  
профессиональных компетенций обучающихся и специалистов  
строительной отрасли»**

на базе Федеральной инновационной площадки  
ФГБОУ ВО СПбГАСУ

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет

# **ВІМ-МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ**

Материалы VI Международной  
научно-практической конференции

## **BIM IN CONSTRUCTION & ARCHITECTURE**

Proceedings of VI International Conference

**BIMAC 2023**

Санкт-Петербург  
2023

УДК 69+004.9

*Рецензенты:*

д-р техн. наук, профессор *А. М. Гримитлин* («АВОК СЕВЕРО-ЗАПАД»);  
канд. техн. наук, доцент *М. А. Романович* (Санкт-Петербургский  
политехнический университет Петра Великого)

**ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры** : материалы VI Международной научно-практической конференции / под общ. ред. А. А. Семенова ; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2023. – 423 с. – Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-9227-1296-5

**DOI: 10.23968/VIMAC.2023**

Представлены статьи участников VI Международной научно-практической конференции «ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры» (VIMAC 2023), организованной в Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете в 2023 году.

Авторами сделан обзор современных достижений и представлены результаты, полученные в области развития концепции ВІМ; информационного моделирования архитектурных решений, инженерных систем, линейных объектов; организации строительства и эксплуатации объектов строительства с применением ВІМ. Также рассматриваются внедрение ВІМ в проектных организациях; современное программное обеспечение для ВІМ; программирование (автоматизация работы) в ВІМ-ПО; импортозамещение ВІМ-ПО; технологии 3D-печати, 3D-сканирования, виртуальной и дополненной реальности; достижение энергоэффективности посредством ВІМ; обучение ВІМ в университете и других организациях.

*Редакционная коллегия:*

канд. техн. наук, доцент *А. А. Семенов* (председатель),  
канд. техн. наук, доцент *С. В. Бовтеев*,  
канд. техн. наук, доцент *Г. Б. Захарова*,  
канд. техн. наук, доцент *С. В. Ланько*,  
канд. техн. наук, доцент *И. И. Суханова*,  
канд. техн. наук, доцент *С. В. Федоров*,  
*И. А. Евсиков*,  
*Н. В. Козак*,  
*Д. В. Нижегородцев*,  
*А. Р. Шамсутдинова*

Секретарь:

*Н. В. Горовой*

ISBN 978-5-9227-1296-5

© Авторы статей, 2023

© Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет, 2023

© Дизайн обложки: И. А. Евсиков, 2023

## МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIM

УДК 69:004.9

DOI: 10.23968/BIMAC.2023.001

**Горбанева Елена Петровна**, канд. техн. наук, доцент  
(Воронежский государственный технический университет);  
старший научный сотрудник  
(Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН)  
*E-mail: egorbaneva@vgasu.vrn.ru, ORCID: 0000-0002-4105-350X*

**Косовцева Илона Андреевна**, старший преподаватель  
(Воронежский государственный технический университет)  
*E-mail: ilona.kosovceva@vgasu.vrn.ru, ORCID: 0000-0002-3642-3414*

Gorbaneva Elena Petrovna, PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Voronezh State Technical University);  
Senior Research Worker  
(Research Institute of Building Physics RAASN)  
Kosovtseva Ilona Andreevna, Senior Lecturer  
(Voronezh State Technical University)

### **ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ**

#### **DOMESTIC AND FOREIGN EXPERIENCE IN THE DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF INFORMATIZATION TOOLS IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY**

Информационное моделирование зданий (BIM) приобретает все большее значение в строительной отрасли, в том числе в области энергосбережения. В данной статье приводится библиометрический анализ публикаций, касающихся исследований методов информационного моделирования на основе базы научной электронной библиотеки eLIBRARY с фильтром Scopus. Выявлены кластеры, в которых группируются глобальные исследования информационного моделирования. Определен ключевой фактор внедрения BIM – включение его в учебную программу технических профессий, связанных со строительством, таких как гражданское строительство или архитектура. Поэтому, чтобы оставаться актуальным и содержательным, образование в области строительства должно использовать возможности и преодолевать проблемы, связанные с интеграцией BIM в учебный процесс. Библиометрический анализ дает общий обзор предмета,

чтобы сосредоточиться на стратегиях, которые все еще актуальны, и открыть новые многообещающие направления исследований.

*Ключевые слова:* строительная отрасль, отечественный и зарубежный опыт, инструменты информатизации, информационное моделирование проекта, BIM, предметная кластеризация.

Building Information Modeling (BIM) is becoming increasingly important in the construction industry, especially in the field of sustainable development through the study of energy conservation. This article provides a bibliometric analysis of publications related to the research of information modeling methods based on the database of the scientific electronic library “eLIBRARY” with the Scopus filter. Clusters have been identified in which global information modeling studies are grouped. A key factor in the implementation of BIM has been identified – its inclusion in the curriculum of technical professions related to construction, such as civil engineering or architecture. Therefore, in order to remain relevant and meaningful, education in the field of construction must use the opportunities and overcome the challenges associated with BIM. Bibliometric analysis provides an overview of the subject in order to focus on strategies that are still relevant and to discover new promising areas of research.

*Keywords:* construction industry, domestic and foreign experience, informatization tools, project information modeling, BIM, subject clustering.

Анализ качественных характеристик публикационной активности свидетельствует о том, что период с самой низкой (и в отдельные периоды даже отрицательной) скоростью прироста числа публикаций, приходящийся на 2014–2017 годы, характеризуется значительным темпом накопления знаний. В эти годы получили значительное развитие темы, не исследовавшиеся на первых этапах становления технологии информационного моделирования проекта (ИМП), такие как параметрическое проектирование, информационные технологии описания архитектуры, интегрированная реализация проекта. В период 2015–2016 годов основными темами инновационных исследований были методы интеграции ИМП с бережливым строительством, географической информационной системой (ГИС), управлением объектами, энергоэффективностью, устойчивым развитием. Начиная с 2017 года инновации в развитии ИМП сосредоточились на анализе социальных сетей, Интернета вещей (IoT), безопасности, деятельности малых и средних предприятий, а также высшего образования. В этот период получило значительное развитие использование ИМП и интегрированных с ним технологий в учебных программах студентов высшего образования по таким специальностям как инженерное дело и архитектура [1–3].

Страны Северной Европы на законодательном уровне приняли методы Building Information Model (BIM) в качестве обязательных (Common BIM Requirement 2012 (COBIM)). В 2016 году Великобритания

стала первой страной, законодательно закрепившей обязательность использования BIM для всех проектов, финансируемых государством [4]. В Германии эта технология обязательна для всех транспортных проектов для прогнозирования рисков и оптимизации технического обслуживания, экономии средств, а также для отслеживания активов и управления объектами. Государственные учреждения используют программное обеспечение BIM для планирования и эксплуатации различных форм физической инфраструктуры, таких как канализация, коммуникации, электрические сети, дороги, мосты и порты. Многие европейские и азиатские страны, Австралия и США приняли официальные стандарты информационного моделирования [5]. В последнее время технологии BIM применяются для улучшения сбора данных и их трансферта при управлении объектами капитального строительства общественной инфраструктуры [6], что не только поможет властям управлять текущими проектами, но и даст возможность улучшить планирование будущих проектов, чтобы избежать несанкционированного вмешательства и непредвиденных изменений.

Наиболее важной является интеграция методов информационного моделирования и энергосбережения. Благодаря такой интеграции строительная отрасль, власть и общество получили инструменты, необходимые для решения проблем, связанных с комплексным энергетическим анализом зданий [7, 8]. Неразрывно связанной с энергосбережением целью является строительство, максимально сохраняющее природную среду [9]. Вопросы экологической устойчивости часто не включаются в исходный проект, а решаются как дополнение к проектированию здания путем использования специальных требований (дисциплинирующих условий) к реализации проекта [10]. Вследствие этого, проектирование энергоэффективных и экологических зданий является комплексным итеративным и междисциплинарным процессом, требующим эффективного трансферта информации между участниками реализации проекта на всех этапах жизненного цикла объекта капитального строительства [11]. Однако сквозное использование информационного моделирования особенно на этапах реконструкции и сноса до настоящего времени не получило достаточного развития. Поэтому перспективная политика информационного моделирования энергоэффективности должна быть ориентирована на интеграцию программного обеспечения BIM и инструментов энергетического моделирования.

Интегральный набор знаний, навыков, компетенций и установок необходим для повышения безопасности и производительности в условиях, которые все больше основываются на технологических и социальных инновациях. Ярким примером такого подхода является разработка эффективных мер

с использованием метода «обучения на основе проекта» студентов при внедрении ВМ в области устойчивого развития [12]. Поэтому инновационные концепции интеграции информационного моделирования и энергосбережения должны быть интегрированы в учебные программы [13].

Международный характер исследования методов информационного моделирования привел к значительному росту интереса к этой теме в большом числе стран (табл. 1). Страна происхождения определялась по локализации места работы первого автора. В период 2019–2021 гг. по России за все годы данные получены по результатам поиска по ключевым словам научной электронной библиотеки «eLIBRARY» с фильтром Scopus.

*Таблица 1*

**Доля исследователей отдельных стран в общем объеме публикаций по методам информационного моделирования в строительстве за период 2003–2018 гг. [14]**

№	Страна	Доля в публикационной активности, %	
		Интегральной	Академической
1	США	20	17
2	Великобритания	10	11
3	Китай (исключая Тайвань)	9	17
4	Австралия	6	3
5	Южная Корея	6	3
6	Германия	5	2
7	Канада	4	3
8	Малайзия	3	2
9	Италия	3	5
10	Тайвань	3	1
...	...	...	...
17	Россия	0,87	2,31
...	...	...	...

Результаты анализа свидетельствуют о том, что первая десятка стран-лидеров обеспечила 69 % общего числа работ и 65 % академических



исследований. Первая двадцатка стран в обоих случаях обеспечила более 94 % общего числа работ.

Параметры публикаций российских ученых и практиков, рассчитанные по результатам поиска по ключевым словам научной электронной библиотеки «eLIBRARY», имеют ряд особенностей по сравнению с мировыми тенденциями. Во-первых, относительная доля университетских исследований в России значительно превышает среднемировой уровень. Во-вторых, доля исследований, результаты которых опубликованы в изданиях, индексируемых в международных наукометрических базах, значительно отстает от средних значений.

Таким образом, в число ведущих стран с максимальной публикационной активностью в сфере ИМП входят такие страны как Китай, Великобритания, Канада, Южная Корея, Германия, США, Австралия и Италия. При этом географическая и языковая близость играет важную роль в составе большинства кластеров исследователей. Так, например, кластер Великобритании больше, чем кластер более шести стран-лидеров за пределами европейского континента вместе взятых, а на азиатском континенте лидером по исследованиям в области BIM является Китай.

В XXI веке интерес исследователей и, в еще большей степени, практиков, к методам информационного моделирования монотонно растет. Этот факт иллюстрирует рисунок, на котором отражено распределение числа публикаций по годам.

На рисунке сплошной линией отображены интегральные данные, а пунктирной публикации сотрудников университетов и исследовательских организаций.

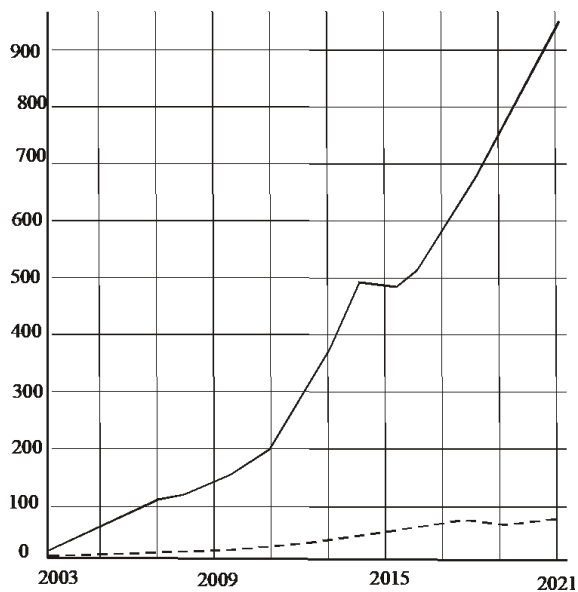
На графике наглядно видны четыре промежутка с качественно различной активностью исследователей информационных моделей:

1. До начала XXI века наблюдается умеренный рост публикационной активности, связанный, в значительной мере, с университетскими исследованиями.

2. В период 2003–2013 гг. взрывообразный экспоненциальный рост интереса практиков и умеренный линейный рост продуктивности университетских исследователей.

3. В период 2013–2016 гг. стагнация и даже снижение числа публикаций практиков и некоторый рост академического интереса к теме.

4. В период 2017–2021 гг. возобновление бурного прогресса практических исследователей и продолжение периода стагнации университетских исследований данной темы.



Число публикаций, посвященных информационному моделированию в секторе архитектуры, инжиниринга, строительства и эксплуатации, опубликованных в изданиях, индексируемых в международной наукометрической базе Scopus, по годам выхода электронной версии [14]

На рисунке видно, что развитие темы ВІМ в университетских публикациях относительно слабое по сравнению с интегральными результатами. Общее количество исследований темы ВІМ в университетских публикациях к 2019 г. составляет 4307 и 274 соответственно (3,36 %). В последнее время доля академических исследований еще более снизилась и к середине 2021 г. составила уже менее 3 %.

Период бурного роста практических исследований 2017–2021 гг. ознаменовался не только количественным, но и качественным прогрессом информационных технологий. Наиболее регулярно ВІМ используется на этапе проектирования, затем следует этап детального проектирования и тендера, этап строительства, этап технико-экономического обоснования и этап технического обслуживания соответственно.

Кроме географической кластеризации, исследования информационного моделирования в строительной отрасли характеризуются и ярко выраженной предметной кластеризацией. На основе классификации Scopus

распределение публикаций по областям исследований BIM охватывает в общей сложности 22 предметные области (табл. 2, табл. 3).

Таблица 2

**Предметная кластеризация полного массива исследования информационного моделирования в строительной отрасли**

Ранг	Предметная область	Число работ	Доля работ, %
1	Инженерные науки	3234	44
2	Информатика	1423	20
3	Управление бизнесом и бухгалтерский учет	494	7
4	Социальные науки	389	5
5	Математика	341	5
6	Науки об окружающей среде	250	3
7	Науки о Земле	157	2
8	Материалы	151	2
9	Принятие решений (программирование проектов)	147	2
10	Искусство и архитектура	143	2
11	Энергия	139	2
12	Прочие	371	5

Таблица 3

**Предметная кластеризация массива академических исследований информационного моделирования в строительной отрасли**

Номер	Предметная область	Число работ	Доля работ, %
1	Инженерные науки	218	43
2	Информатика	68	13
3	Управление бизнесом и бухгалтерский учет	52	10
4	Социальные науки	48	10

*Окончание табл. 3*

Номер	Предметная область	Число работ	Доля работ, %
5	Математика	17	3
6	Науки об окружающей среде	19	3
7	Науки о Земле	11	2
8	Материалы	10	2
9	Принятие решений (программирование проектов)	5	1
10	Искусство и архитектура	143	4
11	Энергия	139	3
12	Прочие	371	9

Как видно из табл. 2 и 3, первые четыре кластера в обоих случаях совпадают, а в остальных кластерах различия незначительны и находятся на уровне статистической погрешности. Обращает на себя внимание совершенно недостаточная доля исследований возможностей интеграции информационного моделирования и энергосбережения (2 % и 3 % соответственно).

Последнее время характеризуется весьма значительной неравномерностью развития концепции ИМП, включая период уменьшения интереса к этой проблеме, и значительным преобладанием практических разработок над академическими исследованиями. Период бурного роста практических исследований 2017–2021 гг. ознаменовался не только количественным, но и качественным прогрессом информационных технологий, расширением функционала систем и разработкой инновационных инструментов моделирования, позволяющих оптимизировать жизненный цикл проекта.

Таким образом, проведенные исследования показали, что методы информационного моделирования имеют ярко выраженный международный характер. При этом наблюдается значительная диспропорция в географическом распределении исследований: десятка стран-лидеров обеспечила более 2/3 общего числа результатов, а лидирующая двадцатка более 94 % общего числа работ. Научные коллективы, исследующие

ИМП, сильно кластеризованы, вследствие чего глобальная сеть кооперации исследований образует устойчивые сообщества. Параметры публикации российских ученых и практиков имеют ряд особенностей по сравнению с мировыми тенденциями. В частности, относительная доля университетских исследований в России значительно, почти на порядок, превышает среднемировой уровень.

### **Литература**

1. Wong K.D., Fan Q. Building information modeling (BIM) for sustainable building design. *Facilities*. 2013. Vol. 31, No. 3/4. P. 138–157. DOI: 10.1108/02632771311299412.

2. Ku K., Taiebat M. BIM experiences and expectations: The constructors' perspective. *International Journal of Construction Education and Research*. 2011. Vol. 7, No. 3. P. 175–197. DOI: 10.1080/15578771.2010.544155.

3. Fridrich J., Kubecka K. BIM – the process of modern civil engineering in higher education. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2014. Vol. 141. P. 763–767. DOI: 10.1016/j.sbspro.2014.05.134.

4. Alwan Z., Jones P., Holgate P. Strategic sustainable development in the UK construction industry, through the framework for strategic sustainable development, using Building Information Modeling. *Journal of Cleaner Production*. 2017. Vol. 140. P. 349–358. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.12.085.

5. Bradley A., Li H., Lark R., Dunn S. BIM for infrastructure: An overall review and constructor perspective. *Automation in Construction*. 2016. Vol. 71. P. 39–152. DOI: 10.1016/j.autcon.2016.08.019.

6. Kassem M., Kelly G., Dawood N., Serginson M., Lockley S. BIM in facilities management applications: a case study of a large university complex. *Built Environment Project and Asset Management*. 2015. Vol. 5, No. 3. P. 261–277. DOI: 10.1108/BEPAM-02-2014-0011.

7. Maskil-Leitan R., Reyhav I. BIM's social role in building energy modeling. *Clean Technologies and Environmental Policy*. 2019. Vol. 21, No. 1. P. 307–338. DOI: 10.1007/s10098-018-1637-9.

8. Gao H., Koch C., Wu Y. Building information modeling based building energy modeling: A review. *Applied Energy*. 2019. Vol. 238, No. 4. P. 320–343. DOI: 10.1016/j.apenergy.2019.01.032.

9. Abanda F.H., Byers L. An investigation of the impact of building orientation on energy consumption in a domestic building using emerging BIM (Building Information Modeling). *Proceedings of the ICE – Energy*. 2016. Vol. 97. P. 517–527. DOI: 10.1016/j.energy.2015.12.135.

10. Zanni M.A., Soetanto R., Ruikar K. Towards a BIM-enabled sustainable building design process: roles, responsibilities, and requirements. *Architectural Engineering and Design Management*. 2017. Vol. 13, No. 2. P. 101–129. DOI: 10.1080/17452007.2016.1213153.

11. Bouchlaghem D., Shang H., Anumba C.J., Cen M., Miles J., Taylor M. ICT-enabled collaborative working environment for concurrent conceptual design.

Architectural Engineering and Design Management. 2005. Vol. 1, No. 4. P. 261–280. DOI: 10.1080/17452007.2005.9684597.

12. Crawley D.B., Hand J.W., Kummert M., Griffith B.T. Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs. Building and Environment. 2008. Vol. 43, No. 4. P. 661–673. DOI: 10.1016/j.buildenv.2006.10.027.

13. Crawley E., Malmqvist J., Ostlund S., Brodeur D., Edstrom K. Rethinking engineering education. The CDIO Approach. Springer New York. 2007. P. 302. DOI: 10.1007/978-0-387-38290-6.

14. Chihib M., Salmerón-Manzano E., Novas N., Manzano-Agugliaro F. Bibliometric Maps of BIM and BIM in Universities: A Comparative Analysis. Sustainability. 2019. Vol. 11, No. 16. P. 4398. DOI: 10.3390/su11164398.

УДК 721.011

DOI: 10.23968/BIMAC.2023.002

**Хапин Александр Владимирович**, канд. техн. наук, доцент, руководитель центра компетенций и трансфера технологий в области BIM-проектирования

(Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева)

*E-mail: sacha2447@rambler.ru, ORCID: 0000-0002-3693-9277*

**Махиев Бекболат Еспулович**, канд. техн. наук, доцент

(Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева)

*E-mail: bolat6505@rambler.ru, ORCID: 0000-0001-7345-3930*

**Ударцева Алина Нурлановна**, старший преподаватель

(Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева)

*E-mail: alin.1987@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0201-4134*

Khapin Alexandr Vladimirovich, PhD in Sci. Tech., Associate Professor,  
the head of the center of Competencies and Technology Transfer  
in the field of BIM-design

(D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University)

Makhiyev Bekbolat Espulovich, PhD in Sci. Tech., Associate Professor

(D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University)

Udarceva Alina Nurlanovna, Senior Lecturer

(D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ BIM-МОДЕЛИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ**

### **USING THE BIM MODEL OF AN INDUSTRIAL BUILDING IN THE RECONSTRUCTION**

Анализируется работа по внедрению BIM-технологий в практику проектирования и в процесс обучения студентов. Рассмотрен опыт разработки проекта реконструкции промышленного здания с использованием его BIM-модели. Определены преимущества BIM-модели по сравнению с бумажной версией чертежей. Отмечены факторы, повышающие эффективность проекта реконструкции. Снизились трудозатраты на обследование здания, исключены коллизии. Благодаря полной осведомленности о здании в расчетах принято повышенное значение прочности материалов за счет коэффициента доверительной вероятности. Исключены затраты на усиление конструкций. Приводится пример реконструкции производственного здания.

*Ключевые слова:* BIM-технологии, реконструкция, обследование технического состояния зданий, уровень осведомленности, коэффициент доверительной вероятности, проверочные расчеты.

The work on the implementation of BIM technologies in design practice and in the training of students is analyzed. The author considers the experience of industrial building reconstruction project development using its BIM-model. The advantages of the BIM model in comparison with the paper version of the drawings are determined. Factors that increase the efficiency of the reconstruction project were noted. Labor costs for the building survey were reduced, collisions were eliminated. Due to the full knowledge of the building, an increased value of material strength was accepted in the analysis at the expense of the confidence factor. Costs of structural reinforcement were eliminated. The reconstruction of an industrial building as an example.

*Keywords:* BIM technology, reconstruction, technical inspection of buildings, awareness level, confidence coefficient, verification calculations.

Внедрение первых разработанных проектов, выполненных по BIM-технологии иностранными компаниями, началось в Казахстане в 2010–2012 годах. Позднее в процессе обучения студентов строительных специальностей в вузах начали разрабатывать новые образовательные программы с включением в них дисциплин по технологии BIM-проектирования [1]. При этом основное внимание уделялось формированию навыков работы с новыми программными продуктами [2], решались конкретные прикладные задачи по проектированию новых объектов. Много внимания уделялось методике преподавания [3], подготовке преподавательских кадров [4] и вопросам организации BIM-проектирования [5].

Однако в практике проектирования нередко ставятся задачи реконструкции зданий существующей застройки, которые были введены в эксплуатацию много лет назад. Они проектировались по старым нормативным документам, которые были позднее изменены. Например, в Казахстане переход на проектирование по Еврокодам с отменой старых норм был введен с 2017 года. Одновременно были изменены карты сейсмического зонирования с увеличением сейсмичности территории и площади сейсмоопасных зон [6]. При разработке проекта реконструкции учет всех этих факторов является обязательным.

Реконструкция производственных зданий производится чаще всего из-за изменений технологии, что связано с увеличением фактических нагрузок на строительные конструкции. При разработке проектов реконструкции одновременно требуется оценить соответствие конструктивного решения существующего здания требованиям изменившихся норм проектирования. Новые нормативные документы, как правило, включают увеличение атмосферных нагрузок, изменение сейсмичности строительной площадки и требуют корректировки объемно-планировочных решений.



Поэтому разработка проекта реконструкции начинается с анализа проектных материалов, которые имеются в архиве заказчика. После этого производится обследование строительных конструкций для оценки их технического состояния и ремонтпригодности [7].

Согласно нормативного документа [8] обследуемые здания по наличию проектных материалов классифицируются по уровню осведомленности о здании. Всего уровней осведомленности три: KL1 – ограниченная осведомленность, KL2 – нормальная осведомленность, KL3 – полная осведомленность.

В зависимости от уровня осведомленности определяется объем работ по обследованию технического состояния здания и выбор коэффициентов доверительной вероятности для проверочного расчета конструкций. Например, при полной осведомленности обязательно наличие подробных строительных чертежей. Прочностные характеристики материалов определяются при обследовании конструкций и делятся на коэффициент доверительной вероятности, равный единице. При ограниченной осведомленности этот коэффициент равен 1.35, то есть прочностные характеристики материалов принимаются меньше.

Если здание эксплуатируется более 50 лет, то архивные материалы, как правило, не дают полного представления о его конструктивном решении. Редко сохраняются полные наборы чертежей марки AP (архитектура), KM и KЖ (строительные конструкции). Остаются чертежи внутренних инженерных сетей, которые не дают даже приближенных сведений о конструктивном решении здания. В связи с этим уровень осведомленности будет ограниченным и почти никогда не соответствует нормальному.

Хранение архивных материалов на бумажных носителях уходит в прошлое. Новые объекты, начиная с 2010 года, начали проектировать по новой BIM-технологии. В настоящей статье изложены результаты проектирования реконструкции производственного здания, для которого имелась BIM-модель, разработанная австралийской проектной фирмой Ausenco с использованием современных программных продуктов.

Проект разрабатывался с учетом норм проектирования Австралии, России и Казахстана. Он был завершен в 2012 году. Проектирование велось в два этапа: сначала разработчик проекта использовал свои нормативные документы, а потом в проект вносились корректировки, чтобы обеспечить выполнение требований правил проектирования России и Казахстана, которые в тот момент действовали в Казахстане.

Достоинством проекта явилась 3D-модель производственного здания, содержащая полную информацию об архитектурном и конструктивном решении, а также о внутренних инженерных сетях и технологическом оборудовании. Поэтому степень осведомленности о производственном объекте была полной. Поиск необходимых для разработки проекта реконструкции материалов не требовал изучения бумажных версий, в которых, как правило, часть чертежей отсутствовала.

Поэтому производство обмерных работ металлического каркаса объекта и размеров сечений в натуре было сокращено до минимума, что в несколько раз снизило трудоемкость. Необходимо было сопоставить фактическое объемно-планировочное и конструктивное решение с пространственной моделью (рис. 1).

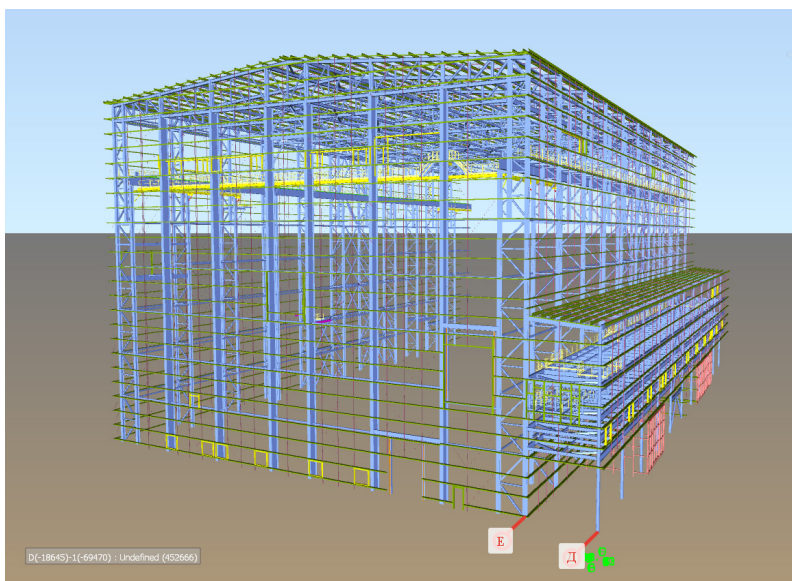


Рис. 1. Аксонометрическая схема каркаса производственного здания

Реконструкция здания предполагала размещение в нем дополнительного технологического оборудования, что привело к увеличению фактически действующих нагрузок. Например, в примыкающем к основному цеху боковом пролете D-E на отметке 431.0 м потребовалось разместить трубопровод диаметром 900 мм для технологической воды.

На первом этапе введение этого трубопровода в BIM-модель сразу позволило определить коллизии, так как новый трубопровод пересекался с существующими строительными конструкциями (рис. 2).

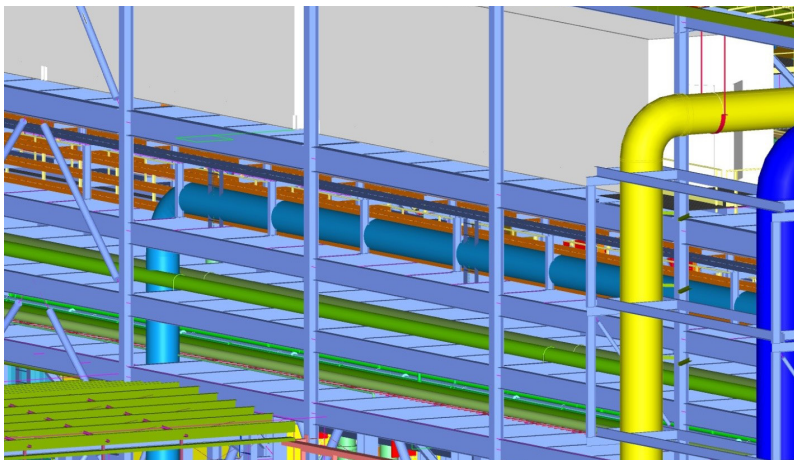


Рис. 2. Первый вариант размещения трубопровода

Для поиска свободного места было решено изменить местоположение трубопровода и перенести его (рис. 3). На втором этапе, когда коллизии были исключены, выполнялся проверочный расчет металлических конструкций каркаса с учетом дополнительной нагрузки от трубопровода. Одновременно в расчете была учтена новая карта сейсмического зонирования [6], в соответствии с которой с 2017 года район расположения здания был отнесен к семибалльной сейсмической зоне.

Расчет производился в программе SCAD, широко применяющейся для подобных статических расчетов рамных каркасов. Геометрические размеры стержней стальной рамы здания и сечения элементов были взяты из пространственной модели с помощью программы Navisworks. Использование этих данных оказалось очень удобным, так как удалось обойтись без дополнительных трудозатрат, которые неизбежны при работе с архивными материалами на бумажных носителях.

В результате проверочного расчета, учитывая полный уровень осведомленности KL3 о строительных конструкциях, расчетные прочностные характеристики стали каркаса принимались с коэффициентом доверительной вероятности  $CF_{KL3} = 1,0$  (таблица 3.1, примечание [8]). Поэтому

несущая способность металлических конструкций каркаса оказалась достаточной, и необходимость усиления была исключена.

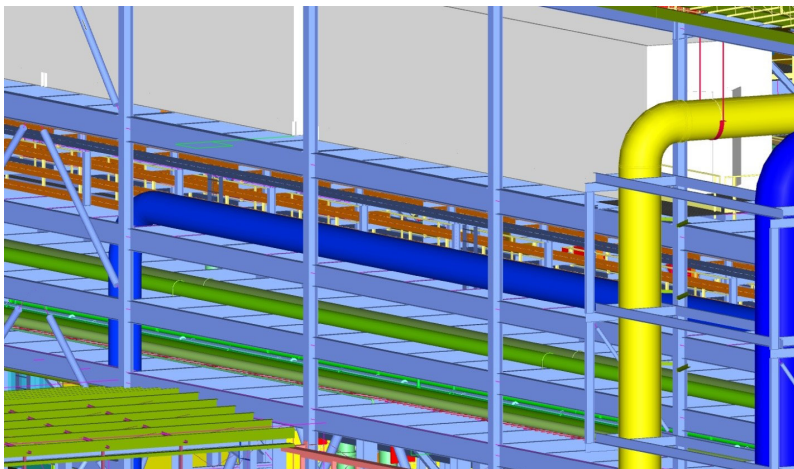


Рис. 3. Второй вариант размещения трубопровода

В случае, если бы уровень осведомленности был ограниченным (KL1) из-за недостаточности чертежей, коэффициент доверительной вероятности  $CF_{KL1} = 1,35$ , и прочностные характеристики были бы меньше. Тогда необходимо было бы делать усиление конструкций, что приведет к неоправданным финансовым затратам.

На основании опыта разработки проекта реконструкции можно сделать следующие выводы.

1. Использование ВМ-модели при обследовании технического состояния здания существенно сокращает трудоемкость работ непосредственно на объекте в условиях действующего производства.
2. При размещении нового технологического оборудования удастся избежать коллизий, которые наглядно видны на пространственной ВМ-модели.
3. Благодаря использованию ВМ-модели уровень осведомленности о здании является полным, что позволяет применить в проверочном расчете минимальное значение коэффициента доверительной вероятности к оценке прочности материала каркаса. Это позволит избежать необходимости усиления строительных конструкций, или уменьшить его трудоёмкость.

### Литература

1. Хапин А.В., Махиев Б.Е. Формирование образовательных программ «BIM-технологии в проектировании» // Bulletin almanach science association France – Kazakhstan. 2019. № 4. С. 300–305. EDN: NAWVGX.
2. Талапов В.В., Махиев Б.Е., Хапин А.В. Компьютерное проектирование: проблема выбора предмета обучения // Вестник ВКГТУ им. Д. Серикбаева. 2019. № 4. С. 155–157. EDN: DGJUTR.
3. Семенов А.А. Обучение BIM в университете: необходимые технологии // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы II Междунар. науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 223–227. DOI: 10.23968/BIMAC.2019.041. EDN: ZSPEVN.
4. Талапов В.В., Махиев Б.Е., Хапин А.В. Послесловие к BIM-форуму: кого и кому учить BIM-технологиям проектирования // Вестник ВКГТУ им. Д. Серикбаева. 2019. № 4. С. 157–160. EDN: UFAHPU.
5. Talapov V.V., Nesipbayev A.S., Khapin A.V., Makhiev B.E. The leading role of the customer in the organization of the information modeling process // Вестник ВКГУ им. Д. Серикбаева. 2022. № 1. С. 111–119. DOI: 10.51885/1561-4212\_2022\_1\_111.
6. СП РК 2.03-30-2017\*. Строительство в сейсмических зонах / Комитет по делам строительства и ЖКХ Мин-ва по инвестициям и развитию РК, Астана, 2018. 111 с.
7. СП РК 1.04-101-2012. Обследование и оценка технического состояния зданий и сооружений / Комитет по делам строительства, ЖКХ и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики РК, Астана, 2015.
8. СП РК EN 1998-3:2005/2012. Проектирование сейсмостойких конструкций. Часть 3. Оценка и реконструкция зданий / Комитет по делам строительства и ЖКХ РК, Астана, 2016. 85 с.

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ

УДК 658.512.6+004.94

DOI: 10.23968/BIMAC.2023.003

**Бовтеев Сергей Владимирович**, канд. техн. наук, доцент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail: sbovteev@lan.spbgasu.ru, ORCID: 0000-0002-2765-9329*

**Евстифеева Елизавета Сергеевна**, студент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail: 21001522@edu.spbgasu.ru, ORCID: 0000-0002-2297-1292*

Bovteev Sergei Vladimirovich, PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Evstifeeva Elizaveta Sergeevna, student

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

## **ПРИМЕНЕНИЕ 4D-МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ВОЗВЕДЕНИЯ СБОРНО-МОНОЛИТНОГО КАРКАСА ЗДАНИЯ**

### **APPLICATION OF 4D-MODELS FOR VISUALIZATION OF THE CONSTRUCTION OF A PRECAST-MONOLITHIC BUILDING FRAME**

Рассмотрены возможности применения 4D-моделей для визуализации процесса возведения сборно-монолитного каркаса здания. Проанализирован опыт визуализации строительства без применения технологий информационного моделирования. Показаны преимущества использования 4D-моделей для принятия эффективных организационно-управленческих решений. Рассмотрены требования к 3D-модели, календарному графику, выступающих в качестве исходных данных для 4D-моделирования, а также к программному обеспечению 4D-моделирования. Изложен порядок формирования и использования 4D-модели участниками строительства. Представлены особенности применения программного обеспечения SYNCHRO Pro и Autodesk Navisworks для 4D-моделирования возведения сборно-монолитного каркаса здания.

*Ключевые слова:* BIM, ТИМ, 4D-моделирование, строительство, визуализация строительства.

The possibilities of using 4D models to visualize the process of erecting a precast-monolithic frame of a building are considered. The experience of construction

visualization without the use of information modeling technologies is analyzed. The advantages of using 4D models for making effective organizational and managerial decisions are shown. The requirements for a 3D model, a schedule, which act as input data for 4D modeling, and the requirements for 4D modeling software, are considered. The procedure for the creation and use of a 4D model by construction participants is outlined. The features of the use of SYNCHRO Pro and Autodesk Navisworks software for 4D modeling of the erection of a precast-monolithic frame of a building are presented.

*Keywords:* BIM, information modeling, 4D modeling, construction, visualization of construction.

Внедрение технологий информационного моделирования (ТИМ) позволило значительно автоматизировать процесс проектирования. Переход к цифровым технологиям является важной ступенью в развитии строительной отрасли как для страны в целом, так и для отдельных проектных организаций в частности [1].

Одним из передовых инструментов для организации и планирования строительства является 4D-моделирование, или визуальное проектирование. В настоящее время данная технология получает все большее распространение в строительной отрасли. Организации используют 4D-модели для различных целей: от поиска пространственно-временных коллизий на этапе проектирования до проектирования 4D-технологических карт [2].

Возведение монолитных и сборно-монолитных зданий включает в себя множество сложных процессов, особенно часто встречающихся в промышленном строительстве. Каркасы зданий и сооружений имеют большое количество элементов, поэтому контроль календарного графика является непростой задачей. Наиболее эффективно решить данную проблему можно с помощью визуализации возведения каркаса здания для отображения прогресса строительства на определенный момент времени.

Многие строительные организации до сих пор решают задачу «визуализации» с помощью электронных таблиц Microsoft Excel или схем на плоских чертежах. Данный подход может служить источником организационно-управленческих ошибок. К тому же ситуация на строительной площадке не может быть отображена в полном объеме.

При больших размерах здания и наличии различных конструктивных элементов, объект строительства разделяется на несколько захваток, которые возводятся за длительные периоды времени. Таким образом, при визуализации каркаса с помощью электронных таблиц (рис. 1) или 2D-чертежей невозможно отследить выполняемый технологический процесс для конкретного момента времени.

Конструкции	Отметки	-3,000	0,000	+3,000	+6,000	+9,000	+12,000	+15,000	+18,000	+20,000
	Фундаменты									
Перекрытия										
Стены										
Перегородки										
ЛК										
Кровля										

Рис. 1. Пример визуализации процесса возведения каркаса здания с помощью электронной таблицы Microsoft Excel

Применение 4D-модели является более надежным способом для контроля календарного графика в процессе возведения каркаса здания. 4D-модель позволяет участникам строительного процесса наглядно отслеживать прогресс возведения каркаса здания с помощью визуального представления. Благодаря тому, что 4D-модель одновременно включает в себя и 3D-модель здания и календарный график строительства, которые связаны между собой, визуальная модель каркаса будет всегда актуальна при внесении изменений. Это также позволит отслеживать отставания или опережения графика строительства. Кроме этого, при предоставлении отчетов заказчику, удобнее пользоваться визуальной моделью каркаса, которая позволяет отобразить фактическое состояние здания на строительной площадке.

Исходными данными для проектирования 4D-модели являются 3D-модель здания (рис. 2) и календарный график, к которым в свою очередь предъявляются определенные требования. Для эффективной разработки визуальной модели необходимо добиться единой степени детализации 3D-модели и календарного графика. Таким образом, каждому элементу модели будет соответствовать определенная работа (или несколько работ) графика.

Для наглядного отображения процесса возведения объекта можно применять 3D-модель, разработанную на стадии проектной документации. Календарный график должен включать в себя основные технологические процессы: возведение фундаментов, перекрытий, стен, перегородок и т. д. Слишком детальная модель и подробный график могут усложнить процесс разработки 4D-модели. В связи с этим необходимо заранее установить требования к исходным данным, чтобы в дальнейшем визуальная модель здания выполняла свою функцию с наибольшей пользой для всех участников строительства.

Безусловно, для 4D-проектирования требуется специальное программное обеспечение, которое должно поддерживать наиболее распространенные форматы передачи данных: для 3D-модели таким форматом является IFC (Industry Foundation Classes – формат данных с открытой



спецификацией), для календарных графиков – XML (eXtensible Markup Language – расширяемый язык разметки).



Рис. 2. 3D-модель сборно-монолитных жилых домов

Непосредственно сама 3D-модель здания может быть разработана в среде Autodesk Revit, Tekla Structures или в других специализированных программных продуктах. Календарный график удобно формировать в Microsoft Project, Oracle Primavera P6, Powerproject.

Исполнителем 4D-модели объекта строительства может выступать инженер-проектировщик отдела ПОС, непосредственно занимающийся разработкой календарно-сетевого графика. Таким образом обеспечится эффективная работа, так как этот специалист будет знать весь комплекс работ и специфику возведения здания. Кроме этого, возможно привлечение проектной организации, специализирующейся на разработке визуальных моделей, в качестве субпроектировщика. При больших объемах объекта строительства, в проектной организации может быть сформирован отдел, занимающийся непосредственно разработкой 4D-моделей, их корректировкой и обновлениями [3].

4D-модель для контроля возведения каркаса здания может также разрабатываться на этапе рабочей документации. Пользователями данной 4D-модели могут выступать все участники строительного процесса. Наиболее заинтересованным лицом визуальной модели каркаса здания является застройщик, который контролирует процесс возведения каркаса [4]. Непосредственно корректировать модель в процессе строительства может инженер ПТО, занимающийся контролем сроков календарного графика. В результате

внесения изменений в календарный график, обновленная 4D-модель будет отображать фактическое состояние каркаса в определенный момент времени.

Визуализация каркаса здания с целью контроля календарного графика с помощью 4D-модели (рис. 3) позволяет наглядно отобразить прогресс строительства. Модель является гибким инструментом, позволяющим вносить изменения в режиме реального времени, благодаря чему участники строительства могут отследить ход возведения каркаса за любой промежуток времени. Для 4D-моделирования возведения сборно-монолитного каркаса здания рекомендуется применять программное обеспечение SYNCHRO Pro. Вместо того, чтобы дополнительно создавать такие 3D-элементы как щиты опалубки или отдельные стержни арматуры, для планирования и отслеживания хода строительных работ достаточно создать несколько дополнительных пользовательских визуальных профилей: армирование, монтаж опалубки, бетонирование, набор прочности бетона (до достижения «опалубочной прочности»), демонтаж опалубки.



Рис. 3. 4D-модель возведения сборно-монолитного каркаса жилого здания

Каждый такой визуальный профиль подразумевает отображение соответствующего 3D-элемента (колонны, балки, участка стены или участка перекрытия) тем или иным цветом. Во время выполнения работ прозрачность

элемента может быть равна 40-50 %, после окончания рабочей операции и до начала следующей 3D-элемент показывается тем же цветом, но с нулевой прозрачностью. Таким образом можно отличить процесс выполнения соответствующей рабочей операции от достижения промежуточного результата. Например, на рис. 3 процесс бетонирования плиты перекрытия показан красным цветом. SYNCHRO Pro позволяет также показать направление развития рабочего процесса, например справа налево.

В случаях 4D-моделирования в среде Autodesk Navisworks вместо создания визуальных профилей необходимо использовать такой параметр задач календарного графика как «тип задач», который также может быть настраиваем пользователем [5].

В настоящей статье представлен анализ возможности и целесообразности применения 4D-моделей для повышения эффективности строительства каркасов сборно-монолитных зданий, показана методика 4D-моделирования и даны рекомендации по использованию 4D-моделей в практике строительства.

Статья публикуется по результатам проведения научно-исследовательской работы, проводимой в рамках конкурса грантов на выполнение научно-исследовательских работ научно-педагогическими работниками СПбГАСУ (ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет») в 2023 году.

### **Литература**

1. Федоров О.С., Зайцева Т.А. Использование BIM-технологий как элемент перехода к информационному обществу // Заметки ученого. 2021. № 13. С. 75–79. EDN: YXYUER.
2. Матвеева М.В., Адегбола А.А.А. К вопросу организации процессов 4D-моделирования и управления ими в строительстве // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12, № 2. С. 190–195. DOI: 10.21285/2227-2917-2022-2-190-195. EDN: QVZRKL.
3. Бовтеев С.В. Практика применения 4D-моделирования в строительстве // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Материалы IV Международной научно-практической конференции. Под общ. ред. А. А. Семенова. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 77–84. DOI: 10.23968/BIMAC.2021.009. EDN: YIPJZW.
4. Щерба Н.В., Кужин М.Ф. Оптимизация календарно-ресурсного планирования с применением BIM-технологий в промышленном строительстве // Строительное производство. 2020. № 3. С. 35–40.
5. Пименов С.И. Анализ современных программных комплексов для виртуального строительства (4D-моделирования) // Научный журнал строительства и архитектуры. 2022. № 3(67). С. 92–104. DOI: 10.36622/VSTU.2022.67.3.009. EDN: OPJFKX.

**УДК 69:004**

**DOI:** 10.23968/ВМАС.2023.004

**Добрышкин Евгений Олегович**, канд. техн. наук, начальник отдела ОНР и ПНПК  
(Военный институт (инженерно-технический) ВА МТО)

*E-mail:* edobryshkin@mail.ru

**Титеев Иван Сергеевич**, адъюнкт

(Военный институт (инженерно-технический) ВА МТО)

*E-mail:* titeev.ivan@bk.ru

**Курашев Никита Владимирович**, курсант

(Военный институт (инженерно-технический) ВА МТО)

*E-mail:* nikita.kurashev@mail.ru

Dobryshkin Evgeniy Olegovich, PhD in Sci. Tech., Head of Department  
(Military Engineering Institute of the Military Logistics Academy)

Titeev Ivan Sergeevich, Associate Professor  
(Military Engineering Institute of the Military Logistics Academy)

Kurashev Nikita Vladimirovich, adjunct  
(Military Engineering Institute of the Military Logistics Academy)

## **УПРАВЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ**

### **MANAGEMENT OF OPERATIONAL MAINTENANCE OF INFRASTRUCTURE FACILITIES BASED ON INFORMATION MODELING AND APPLICATION OF AUTOMATED SYSTEMS**

В статье приведены данные физического износа строительных конструкций и результаты проведенного анализа технического состояния аварийного жилого фонда Санкт-Петербурга. Проблема, поставленная авторами, заключается в отсутствии постоянного контроля управления эксплуатационным содержанием зданий. Предложено использование автоматизированных систем управления, составленных на языке программирования Python, во взаимодействии с ВМ-моделированием для своевременного определения степени физического износа конструкций и их отображением в программных продуктах 3D-моделирования.

*Ключевые слова:* ВМ-моделирование, автоматизированные системы управления, эксплуатация, язык программирования Python, объект инфраструктуры.

The article presents data on the physical wear of building structures and the results of the analysis of the technical condition of the emergency housing stock of St. Petersburg. The problem posed by the authors is the lack of constant monitoring of the management of the operational maintenance of buildings. The use of automated control systems compiled in the Python programming language in interaction with BIM modeling is proposed for timely determination of the degree of physical wear of structures and their display in 3D modeling software products.

*Keywords:* BIM modeling, automated control systems, operation, Python programming language.

На современном этапе важным вопросом по обеспечению безопасности эксплуатации строительных объектов является качественная и вовремя проведенная оценка физического износа конструкций и сооружений с целью эффективного контроля технического состояния и своевременного принятия управленческих решений по проведению ремонтных работ. Этот вопрос является особенно актуальным для крупных мегаполисов, где преобладают высокие темпы роста строительства объектов жилой инфраструктуры.

По различным оценкам, несущие и ограждающие конструкции домов, построенных в период с 1946 г. по 1970 г. (примерно 25 % от общего жилого фонда России), нуждаются в восстановлении эксплуатационных характеристик [1]. Особенно остро данный вопрос стоит в исторических центрах ряда городов России: Москве, Санкт-Петербурге, Калининграде, Екатеринбурге.

Так, застройка Санкт-Петербурга формировалась на протяжении более 300 лет и представляет собой городскую инфраструктуру, состоящую, главным образом, из многоквартирных жилых домов, что составляет 125 220 062,16 м<sup>2</sup> жилой площади и 22 000 домов (2 364 997 квартир) [2].

В ходе проведенного анализа было определено, что в 2021 году аварийного жилищного фонда в Санкт-Петербурге насчитывалось примерно 263,357 тыс. м<sup>2</sup> (262 дома) [3], в том числе жилищный фонд дореволюционной постройки составил около 59,91 %, жилищный фонд 1921–1945 гг. – 34,14 % [4]. Несмотря на высокие показатели объема ввода новых объектов жилой инфраструктуры посредством нового строительства, задача по обеспечению населения жильём в соответствии с установленными техническими и санитарно-эпидемиологическими нормами по настоящее время в полной мере не решена. Данный факт объясняется тем, что значительная часть населения России продолжает проживать в помещениях, не соответствующих современным объемно-планировочным требованиям, требованиям по инсоляции помещений и нормированию жилой

площади на одного проживающего. Таким образом, кроме физического, объекты жилищной инфраструктуры характеризуются также и моральным износом.

Разрешение проблем, связанных с управлением эксплуатацией объектов инфраструктуры, возможно за счет внедрения современных информационных технологий.

На современном этапе градостроительной деятельности многие строительные организации и лица, осуществляющие эксплуатацию объектов инфраструктуры, применяют информационное моделирование зданий (BIM). BIM – инновационный современный подход к проектированию, строительству и эксплуатации здания. С технической точки зрения информационное моделирование зданий представляет собой комплексный процесс, основанный на использовании точных и скоординированных данных на всех этапах – от разработки концепции здания до его возведения, а в последующем – до сноса объекта. Преимуществом данной технологии является симуляция различных процессов, как на этапе строительства, так и при эксплуатации объекта.

Таким образом, организация, использующая BIM и эксплуатирующая объект инфраструктуры, способна принимать своевременные решения по организации и управлению техническим состоянием строительных конструкций и систем коммуникаций здания.

Реализация управления эксплуатационной деятельностью путем применения BIM осуществима посредством использования автоматизированных систем управления строительством и эксплуатацией объектов инфраструктуры, позволяющих обеспечить непрерывный дистанционный контроль на всех этапах строительного-монтажных работ не только в процессе капитального строительства и эксплуатации здания, но и при проведении текущего, капитального ремонтов и реконструкции.

Использование автоматизированных систем управления в ходе капитального строительства и эксплуатационного содержания объектов инфраструктуры является инновационным методом строительного производства, имеющим перспективы повсеместного внедрения в деятельность строительных организаций. Данный способ позволит оперативно принимать решение о необходимости проведения текущего или капитального ремонта и реконструкции отдельных строительных конструкций, в том числе за счет их дистанционного мониторинга.

Основным периодом жизненного цикла здания является эксплуатация объекта, так как это самый продолжительный промежуток времени цикла здания. На рис. 1 представлена схема автоматизированной системы

управления, реализующая технический мониторинг объекта инфраструктуры, предназначенной для управления эксплуатацией здания. Схема раскрывает взаимодействие блоков системы, связанных между собой локальной сетью, где каждый блок – отдельная ЭВМ со встроенным программным кодом, написанным на языке программирования Python. Гибкость языка Python и его постоянное обновление позволяют вносить в код различные дополнения и новые последовательности. На рис. 2 и 3 представлены фрагменты блока ввода данных, программный код которого написан на языке программирования Python. Управление эксплуатацией объектов инфраструктуры осуществляется посредством панели управления, куда направляется информация из автоматизированных систем управления, которые осуществляют непрерывный мониторинг строительных конструкций с помощью датчиков технического состояния. В свою очередь, технические характеристики, превышающие допустимые нормативные значения, высвечиваются на графической модели здания в таких программных продуктах, как Autodesk Revit или ArchiCAD.



Рис. 1. Типовая схема автоматизированной системы управления эксплуатационным содержанием объекта инфраструктуры

Критерии функционального использования МФК.			
	№1	№2	№3
Заглубленные транспортные узлы и объекты инженерного оборудования.	0	0	0
Объекты культурно-бытового и торгового назначения.	0	0	0
Промышленно-технические и объекты энергетики.	0	0	0
Хранилища и склады.	0	0	0

Оценка экономического фактора эффективности создания ОВИДН.

	№1	№2	№3
Принадлежность МФК к системе комплексного использования подземного пространства.	0	0	0
Сметная стоимость МФК.	0	0	0
Продолжительность строительства.	0	0	0
Трудозатраты.	0	0	0
Полезная площадь при использовании 80% основного объема.	0	0	0
Полезный объем при использовании 80% основного объема.	0	0	0

Рис. 2. Фрагмент блока ввода данных (1)

Безопасность МФК существующих сооружений на поверхности или в подземном пространстве.

В процессе строительства МФК.

Снос зданий.	0	0	0
Укрепление существующих зданий.	0	0	0
Перенос инженерных коммуникаций.	0	0	0
Перенос подземных сооружений.	0	0	0
В процессе эксплуатации МФК.	0	0	0
Безопасность сооружений при возникновении аварий: пожаров, прорывов воды, землетрясений и тд.	0	0	0
Возможность проведения реконструкции и ремонта сооружения после аварийных ситуаций.	0	0	0
Обеспечение безопасности за счёт разграничения потоков транспорта и пешеходов.	0	0	0

Рис. 3. Фрагмент блока ввода данных (2)

Авторами был подготовлен ряд автоматизированных систем управления строительством, зарегистрированных Роспатентом в качестве изобретений [5–7]. Разработанные системы также позволяют обеспечить



контроль за поставками материальных и технических ресурсов в ходе проведения текущего или капитального ремонта здания и обеспечивают принятие управленческих решений по восстановлению объекта инфраструктуры при его реконструкции.

Таким образом, механизм BIM-моделирования с применением автоматизированных систем управления позволяет лицу, эксплуатирующему объект инфраструктуры, получать экспертную оценку технического состояния строительных конструкций для своевременного принятия управленческих решений.

### **Литература**

1. Абрамян С.Г. Реконструкция и модернизации зданий, введенных в эксплуатацию во второй половине XX века: цели и задачи // Интернет-журнал «Науковедение». 2016. Т. 8, № 1. DOI: 10.15862/40TVN116.
2. Статистика по годам постройки домов в Санкт-Петербурге. URL: <https://dom.mingkh.ru/sankt-peterburg/year-stats> (дата обращения: 26.02.2023).
3. Аварийные дома в Санкт-Петербурге. URL: <https://gosjkh.ru/ehouses/sankt-peterburg/sankt-peterburg> (дата обращения: 24.02.2023).
4. Аварийный фонд на территории города Санкт-Петербурга. URL: <https://www.reformagkh.ru/relocation/programs/houses?sf=2276347> (дата обращения: 24.02.2023).
5. Добрышкин Е.О., Курашев Н.В. и др. Система автоматизации формирования и принятия управленческих решений по функционированию Военно-строительного комплекса. RU 2733067 С1 (29.09.2020).
6. Добрышкин Е.О., Курашев Н.В. и др. Система дистанционного контроля поставками материальных и технических ресурсов для восстановления объектов инфраструктуры. RU 2734064 С1 (12.10.2020).
7. Добрышкин Е.О., Курашев Н.В. и др. Система поддержки принятия решений по восстановлению зданий. RU 2716351 С1 (01.07.2019).

УДК 504.055+004.942

DOI: 10.23968/ВІМАС.2023.005

**Евсиков Игорь Александрович**, старший преподаватель

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail: ievsikov@lan.spbgasu.ru, ORCID: 0000-0003-4793-2975*

**Фролькис Виктор Абрамович**, канд. физ.-мат. наук, доцент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова, Санкт-Петербургский государственный экономический университет)

*E-mail: vfrolkis@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0302-2083*

Evsikov Igor Aleksandrovich, Senior Lecturer

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Frolkis Viktor Abramovich, PhD in Sci. Phys.-Math., Associate Professor

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,

Voeikov Main Geophysical Observatory,

Saint Petersburg State University of Economy)

## **ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОРОДСКИХ ПРОСТРАНСТВ ДЛЯ РАСЧЕТА АНТРОПОГЕННОГО ПОТОКА ТЕПЛА**

### **CITY INFORMATION MODELING FOR CALCULATION OF ANTHROPOGENIC HEAT FLUX**

Статья посвящена исследованию антропогенного потока тепла (АПТ), связанного с отоплением и вентиляцией зданий. На основании данных из открытых геоинформационных систем создана объемно-пространственная модель нескольких городов с набором сопутствующих атрибутов и проведена инвентаризация АПТ с учетом строительных норм и теплофизических свойств ограждающих конструкций. Разработаны два алгоритма расчета антропогенного потока тепла, которые могут быть использованы для получения точного распределения потока тепла по территории города. В рамках исследования, вводится дополнительное понятие – «урбанизированная территория» для получения обобщенных характеристик разных городов. Полученные средние удельные потоки тепла представлены в виде сводных таблиц, а весь объем результатов хранится в простом и универсальном формате CSV. В дальнейшем результаты исследования могут быть использованы в расчетах климатических моделей и для планирования расходов на отопление в энергетическом секторе экономики.

*Ключевые слова:* антропогенный поток тепла, теплофизические свойства зданий, Grasshopper, OpenStreetMap, CIM, городской остров тепла, «урбанизированная территория».

The article is devoted to the study of anthropogenic heat flux (ATF) associated with heating and ventilation of buildings. On the basis of data from open geographic information systems, a three-dimensional model of several cities was created with a set of related attributes, and an inventory of the APT was carried out, taking into account building codes and thermophysical properties of enclosing structures. Two algorithms for calculating the anthropogenic heat flux have been developed, which can be used to obtain an accurate distribution of the heat flux over the city. As part of the study, an additional concept is introduced – “urbanized territory” to obtain generalized characteristics of different cities. The obtained average specific heat fluxes are presented in the form of summary tables, and the entire volume of results is stored in a simple and versatile CSV format. In the future, the results of the study can be used in the calculations of climate models and for planning heating costs in the energy sector of the economy.

*Keywords:* anthropogenic heat flux, thermophysical properties of buildings, Grasshopper, OpenStreetMap, CIM, urban heat island, “urbanized area”.

ВМ может использоваться для анализа и оптимизации энергоэффективности здания, включая снижение антропогенного потока тепла. Например, ВМ может использоваться для моделирования системы вентиляции и кондиционирования воздуха, чтобы определить оптимальные настройки для минимизации потока тепла, а также для определения наилучшего местоположения окон и дверей, чтобы минимизировать потери тепла через них.

Кроме того, ВМ может использоваться для управления энергопотреблением здания в режиме реального времени. Данные о потреблении энергии могут быть собраны и проанализированы с помощью датчиков и системы автоматизации здания, и эта информация может быть визуализирована в ВМ-модели. Это позволяет операторам здания мониторить и контролировать поток тепла и оптимизировать его потребление.

Следующим шагом развития ВМ можно считать CIM (city information modeling), т. е. информационное моделирование городов. Современные геоинформационные системы, такие как OpenStreetMap [1], Яндекс.Карты [2], ГИС ЖКХ [3], уже сейчас позволяют получать различные характеристики элементов города (дорог, парков, зданий). В частности, в приведенных источниках есть информация о материалах дорожных покрытий, материалах стен и крыш зданий. Для определения антропогенного потока тепла от городской территории потребуется создать объемно-пространственную модель каждого здания, опираясь на информацию о точных контурах и высоте.

В период отопления, теплотери зданий приводят к образованию городского острова тепла, который определяется разностью температур между городскими и сельскими территориями. Взаимосвязь температуры

атмосферного воздуха и антропогенного потока тепла создает отрицательную обратную связь. Оценка антропогенного потока тепла может быть выполнена через прямые измерения тепловых потоков, инвентаризацию энергопотребления региона, или дистанционные спутниковые измерения потоков теплового излучения. В данном исследовании используется альтернативный подход, который основывается на оценке потребления энергии зданиями на отопление и вентиляцию, с учетом соблюдения действующих правил и ГОСТов для всех зданий города.

Для моделирования городской застройки и расчета АПТ необходимо выполнить следующие шаги:

1. собрать данные с использованием различных бесплатных геоинформационных источников;
2. исключить пересечения (коллизии);
3. создать сетку размером 30×30 метров, охватывающую элементы модели города, с заданной точкой отсчета;
4. разделить здания на отдельные части по границам ячеек сетки;
5. рассчитать суммарный АПТ от частей зданий, попадающих в определенную ячейку сетки;
6. сохранить результаты в файл, построить тепловую карту.

Для выполнения **первого шага** создан специальный скрипт в программе Grasshopper, который использует сервер OpenStreetMap (OSM) для загрузки информации о зданиях и административных границах. Затем информация преобразуется в геометрию программы Rhinoceros, а каждый элемент модели получает свой набор атрибутов, включая высоту, этажность и тип здания. Однако, для российских городов только 60–70 % зданий в базе данных OSM имеют информацию о высоте. Чтобы восполнить недостающую информацию, можно использовать другие источники, такие как технико-экономические паспорта многоквартирных домов для Санкт-Петербурга, доступные на портале «Система классификаторов Санкт-Петербурга» [4], или информацию с Яндекс.Карты и ГИС ЖКХ для других городов. В результате получается карта города, на которой более 90 % зданий имеют точную высоту и тип, а для оставшихся зданий присваивается минимальная высота – 3 метра (высота одного этажа).

На **втором шаге** необходимо устранить возможные пересечения зданий, которые могут появиться из-за наличия двух типов контуров зданий в OSM: здание целиком и его части (building и building:part соответственно). Для решения сложившейся проблемы используется отдельный скрипт на языке Python. В этом скрипте используется R-дерево, которое позволяет быстро находить близлежащие контуры зданий из общего набора.

Чтобы получить универсальные результаты расчетов, информация об антропогенном потоке тепла вычисляется по равномерной сетке. На **третьем шаге** создается сетка размером 30×30 метров, которая покрывает только застройку, то есть в областях без зданий (парки, водоемы, широкие дороги) сетка не создается, и АПТ не вычисляется. При построении тепловой карты или расчете средних значений по административным границам городов такие «пустые» участки заполняются ячейками с нулевым значением АПТ. Процесс создания сетки выполняется в Grasshopper с использованием R-деревьев.

На **четвертом шаге** группируются здания, пересекающие ячейки сетки, и определяются следующие геометрические показатели: площади стен, крыш, оснований и объем той части здания, которая внутри расчетной ячейки. Если здания примыкают друг к другу, то смежные участки стен в расчете не используются, т.к. в таких частях ограждающих конструкций отсутствуют теплопотери.

На **пятом шаге** производится расчет АПТ по двум алгоритмам [5, 6].

**Первый алгоритм** строится на понятии «градусо-сутки отопительного периода (ГСОП)» и «нормативном сопротивлении теплопередаче ограждающих конструкций»  $R_i^{TP}$ , описанном в пункте 5.2 СП [7],

$$ГСОП = (t_{ВН} - t_{ОТ})d_{ОТ}, \quad (1)$$

где  $t_{ВН}$  – температура внутреннего воздуха здания, °С,  $t_{ОТ}$  – средняя температура атмосферного воздуха за время отопительного периода, °С, и  $d_{ОТ}$  – его продолжительность, сут.

АПТ от разных частей элементов ограждающих конструкций в  $j$ -й ячейке,

$$Q_F^i(j) = K_i(t_{ВН} - t_{НАР})S_i(j), \quad (2)$$

где  $K_i = 1/R_i^{TP}$  – коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции  $i$ -й категории (таблица 3 СП [7]),  $t_{НАР}$  – температура наружного воздуха, °С,  $S_i(j)$  – суммарная площадь элементов ограждающей конструкции  $i$ -й категории в  $j$ -й ячейке, м<sup>2</sup>.

Полученное значение в формуле (2), дает теплопотери только через ограждающие конструкции, это около 80 % всех теплопотерь (20 % приходится на вентиляцию [8]), поэтому итоговое значение  $Q_F^i(j)$  определяется по формуле:

$$Q_F^i(j) = \frac{K_i(t_{ВН} - t_{НАР})S_i(j)}{0.8}. \quad (3)$$

**Второй алгоритм** основан на понятии «Нормируемая (базовая) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания»  $q_{OT}^{TP}$ , описанном в пункте 10 СП [7].

В соответствии со строительными нормами и правилами расчетное значение удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания не должно превышать нормируемого значения  $q_{OT}^{TP}$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°С).

Расчет величины АПТ от разных частей зданий, попадающих в рассматриваемую  $j$ -ю ячейку, осуществляется по формуле:

$$Q_F^i(j) = q_{OT,i}^{TP}(t_{ВН} - t_{НАР})V_i(j), \quad (4)$$

где  $q_{OT,i}^{TP}$  – нормируемое значение удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания  $i$ -го типа (таблица 14 СП [7]), Вт/(м<sup>3</sup> °С),  $V_i(j)$  – объем части здания  $i$ -го типа в  $j$ -й ячейке, м<sup>3</sup>.

Используя либо формулу (3), либо (4), в зависимости от выбранного алгоритма, можно найти суммарный АПТ от разных частей зданий, попадающих в  $j$ -ю расчетную ячейку:

$$Q_F'(j) = \sum_i Q_F^i(j). \quad (5)$$

Также стоит учесть, что при транспортировке тепла к зданиям по магистралям, расположенным под землей, теряется порядка 10 % в виде тепловых стоков  $\Delta Q_{F,g}$ , поэтому итоговый АПТ в  $j$ -й расчетной ячейке определяется по следующей формуле:

$$Q_F(j) = Q_F'(j) + \Delta Q_{F,g}(j) = (1 + 0.1)Q_F'(j). \quad (6)$$

Основные результаты АПТ приводятся из расчета на 1 м<sup>2</sup>, для этого значение  $Q_F(j)$  следует разделить на площадь ячейки:

$$\tilde{Q}_F(j) = Q_F(j) / 900 \text{ м}^2. \quad (7)$$

В итоге получаем среднее значение АПТ для рассматриваемой территории:

$$\bar{Q}_F = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \tilde{Q}_F(j). \quad (8)$$

Для унификации, основные расчеты следует выполнять при  $(t_{ВН} - t_{НАР}) = 1^\circ\text{С}$ . Потом полученные результаты можно умножить

на нужное (исследуемое) значение разности температур внутри здания и снаружи. При таком подходе упрощаются формулы (2) и (4), и пропадает необходимость сохранять расчеты для разных температур наружного воздуха. Обозначим  $\bar{Q}_F/dt$ , как удельный тепловой поток при  $(t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}}) = 1 \text{ }^\circ\text{C}$ .

На данный момент построены модели 4-х городов: Санкт-Петербург, Томск, Екатеринбург, Краснодар. Для всех 4-х городов найдено АПТ с использованием второго алгоритма, а для Санкт-Петербурга выполнен расчет еще и по первому алгоритму. Далее, чтобы сравнить разные алгоритмы, будут приведены результаты расчета по административной границе города Санкт-Петербург (табл. 1). В расчетах предполагается средняя температура внутри помещений,  $t_{\text{вн}}$ ,  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Таблица 1

АПТ города Санкт-Петербурга в административных границах

Алгоритм	$\bar{Q}_F/dt$ , Вт/( $^\circ\text{C}\cdot\text{м}^2$ )	$\bar{Q}_F$ , Вт/ $\text{м}^2$ , при $t_{\text{нар}} =$		
		$0 \text{ }^\circ\text{C}$	$-10 \text{ }^\circ\text{C}$	$-20 \text{ }^\circ\text{C}$
Первый	0.26	5.2	7.7	10.3
Второй	0.57	11.3	16.9	22.6

Несмотря на плотную застройку города Санкт-Петербург, в среднем по административной границе доля крыш занимает чуть больше 10 % от всей площади территории. В других исследуемых городах еще меньше: 6.5 %, 6.4 % и 2.6 % для Томска, Краснодара и Екатеринбурга соответственно. К тому же в административных границах города есть частный сектор, с невысокой застройкой, который не оказывает существенного влияния на АПТ.

Что бы расчеты были более наглядными и универсальными по отношению к разным городам, следует ввести понятие «урбанизированная территория». Будем называть ячейки сетки, покрывающие город, «урбанизированными», если средняя высота зданий, попадающих в такую расчетную ячейку больше 6 метров. Выборка «урбанизированных» ячеек обладает большей однородностью, т.к. доля крыш для каждого исследуемого города около 30 %. Результаты расчета АПТ по «урбанизированной территории» представлены в табл. 2.

Таблица 2

**АПТ города Санкт-Петербурга по «урбанизированной территории»**

Алгоритм	$\bar{Q}_F/dt$ , Вт/(°C·м <sup>2</sup> )	$\bar{Q}_F$ , Вт/м <sup>2</sup> , при $t_{нар} =$		
		0 °C	-10 °C	-20 °C
Первый	0.96	19.2	28.9	38.5
Второй	2.19	43.8	65.7	87.5

Каждый описанный здесь алгоритм имеет свои плюсы и минусы. Первый алгоритм будет полезен при оценке экономического и экологического эффекта от потенциального изменения строительных материалов в ограждающих конструкциях зданий города, например, массовая замена окон и витражей, на энергоэффективные с большим коэффициентом сопротивления теплопередачи. Вместе с этим первый алгоритм имеет слабое место, а именно предположение, что все здания города соответствуют текущим СП и ГОСТ. В исторических городах, таких как Санкт-Петербург, есть множество старых домов, характеристики которых могут не соответствовать современным требованиям. Второй алгоритм использует удельную характеристику, которая лежит в основе определения классов энергетической эффективности многоквартирных домов. В зависимости от отклонения от этой характеристики домам присваивается разный класс. На сегодняшний день классы энергетической эффективности в Санкт-Петербурге присвоены более чем четырем тысячам домов [9]. Также стоит отметить, что при наличии цифровой информационной модели каждого здания города, приведенные выше алгоритмы будут давать максимально точные результаты.

### Благодарности

Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ № 20-05-00254.

### Литература

1. OpenStreetMap. URL: <https://www.openstreetmap.org> (дата обращения: 11.02.2023).
2. Поисково-информационная картографическая служба Яндекса (Яндекс.Карты). URL: <https://yandex.ru/maps> (дата обращения: 11.02.2023).
3. Государственная информационная система жилищно-коммунального хозяйства (ГИС ЖКХ). URL: <https://dom.gosuslugi.ru> (дата обращения: 11.02.2023).



4. Система классификаторов Санкт-Петербурга. URL: <https://classif.gov.spb.ru> (дата обращения: 30.05.2022).
5. Гинзбург А.С., Евсиков И.А., Фролькис В.А. Зависимость антропогенного потока тепла от температуры воздуха (на примере Санкт-Петербурга) // Известия РАН, сер. Физика атмосферы и океана. 2021. Т. 57, № 5. С. 526–538. DOI: 10.31857/S0002351521050060. EDN: GQCRER.
6. Фролькис В.А., Евсиков И.А. Расчет антропогенного потока тепла за период отопительного сезона в мегаполисе (на примере Санкт-Петербурга) // ENVIROMIS 2022. С. 395–398. EDN: LWFNHB.
7. Свод правил. Тепловая защита зданий (СП 50.13330.2012). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095525> (дата обращения: 10.09.2021).
8. Подкопаева Е.В., Шехватова А.Н., Семенова Э.Е. Исследование ограждающих конструкций общественных зданий // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2020. № 3-4(41-42). С. 6–11. EDN: ZUBTJH.
9. Пресс-служба СПбГБУ «Центр энергосбережения». URL: <https://gbuce.ru/press-sluzhba/novosti/bolee-150-peterburgskim-domam-prisvoen-klass-energoeffektivnosti> (дата обращения: 17.12.2022).

**УДК 004.9:712.00**

**DOI: 10.23968/ВІМАС.2023.006**

**Захарова Галина Борисовна**, канд. техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник  
(Уральский государственный архитектурно-художественный университет  
имени Н. С. Алфёрова)

*E-mail: zgb555@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4939-1914*

Zakharova Galina Borisovna, PhD in Sci. Tech.,  
Associate Professor, Leading Researcher  
(Ural State University of Architecture and Art named by N. S. Alferov)

## **ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАНДШАФТОВ LIM: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА**

### **LANDSCAPES INFORMATION MODELING LIM: THEORY AND PRACTICE**

Информационное моделирование зданий ВІМ как системный подход к управлению архитектурно-строительным проектированием находит своё применение не только для зданий, но распространяется и на другие объекты. В данной статье представлено направление LIM – информационное моделирование ландшафтов, в котором разработка архитектурно-ландшафтного проекта становится последовательностью взаимосвязанных этапов, интегрированных с точки зрения ГИС-данных и ВІМ-представления через формат IFC. Приведены примеры проектов с применением LIM. Отмечена актуальность более широкого внедрения технологии LIM в связи с реализацией федерального проекта «Формирование комфортной городской среды». Показан один из распространенных подходов к разработке проекта, результаты которого не всегда оптимальны. Сделан вывод о необходимости отработки технологических процессов с применением специально подобранного программного обеспечения и создания пилотных LIM-проектов.

*Ключевые слова:* информационное моделирование ландшафтов, LIM, ВІМ, ГИС, архитектурно-ландшафтные объекты, комфортная городская среда, благоустройство общественных пространств.

Building information modeling as a systematic approach to managing architectural and construction design finds its application not only for buildings, but also extends to other objects. This article presents the direction of LIM - landscape information modeling, in which the development of an architectural and landscape project becomes a sequence of interrelated stages integrated in terms of GIS data and BIM representation through the IFC format. Examples of projects using LIM are given. The relevance of a wider introduction of LIM technology in connection with the implementation of the federal project "Formation of a comfortable urban environment" was noted. One of the

common approaches to project development is shown, the results of which are not always optimal. It is concluded that it is necessary to develop technological processes using specially selected software and create pilot LIM projects.

*Keywords:* landscape information modeling, LIM, BIM, GIS, architectural and landscape objects, comfortable urban environment, improvement of public spaces.

Информационное моделирование зданий BIM постепенно внедряется в практику российской проектно-строительной отрасли. Технология доказала свою эффективность на ряде крупных проектов. Сокращаются сроки проектирования, согласования данных, оптимизируется количество закупок, транспортные расходы, процесс эксплуатации здания на основе информационной модели становится более управляемым. Нет сомнений, что динамика внедрения будет положительной, несмотря на сложность этого процесса и возникающие препятствия на разных уровнях. Этому способствует и план Правительства РФ по ближайшему переходу к обязательному применению BIM-технологий для объектов, создаваемых по госзаказу.

Информационное моделирование как системный подход к управлению строительными объектами находит своё применение не только для зданий, но распространяется и на другие объекты. Так, при проектировании линейных инфраструктурных объектов – железнодорожных и автомобильных дорог, трубопроводов и т.п., применяются технологии BIM, при этом программное обеспечение отличается от принятого в промышленном и гражданском строительстве. А для проектирования мостов сформировалось самостоятельное обозначение – BrIM (Bridge Information Modeling).

По сравнению с перечисленными направлениями задача информационного моделирования архитектурно-ландшафтных объектов может показаться не столь масштабной. Однако переход от обмена файлами, созданными в различных специализированных программах, к интегрированным моделям данных может значительно улучшить ход проекта и снизить общие затраты. Совместная работа над проектом приводит к оптимизированным решениям для всех участников его жизненного цикла, в том числе, обеспечивает согласованность решений, своевременную поставку материалов, хранение информации для дальнейшего обслуживания объекта.

Применению BIM в ландшафтной архитектуре посвящен обзор [1], выполненный на основе зарубежных источников. В работе показано, что единый подход к информационному моделированию ландшафтов LIM (Landscape Information Modeling) в настоящее время не сформирован.

Есть пример [2] непосредственной интеграции элементов окружающего ландшафта в ВМ-проект Revit, где несмотря на отсутствие прямых возможностей, был разработан сквозной процесс формирования модели от съемки параметров местности и представления в программе до экспорта данных в формат IFC. Несмотря на большую трудоемкость процесса из-за отсутствия специальных инструментов, получилось описать реальные ландшафтные объекты (местность, здания, дорожки, игровые площадки, подпорные стены), перечень требуемых работ, строительных материалов и затрат на строительство. Тем самым были использованы реально существующие объекты вместо идеализированных элементов.

В [3] показан результат разработки программного обеспечения для параметрического описания и генерации растений, создания библиотеки растительности и встраивания обогащенной информацией 3D-объектов растительности в смоделированный ландшафтный план Revit через обмен данными, ориентированный на IFC.

Наиболее приемлемым способом формирования LIM-модели на сегодняшний день признан процесс интеграции ГИС данных и ВМ-представления через формат IFC [4]. В LIM-модели интегрируются такие данные из ГИС, как климатические, гидрологические, почвенные, исходные дендрологические условия, а в ВМ проектируют малые архитектурные формы, мощеные поверхности, элементы воды, растительность и др. Эти объекты берутся из библиотек или создаются в модели как уникальные объекты. Результаты анализа, расчетов, визуализации могут быть экспортированы из LIM в качестве необходимой документации по проекту.

В качестве примера библиотеки 3D-объектов в Revit для проектирования архитектурно-ландшафтных проектов приведем результаты дипломной работы (студент К. Береснев, рук. А. А. Добрынина, консультант Г. Б. Захарова), выполненной на кафедре прикладной информатики УрГАХУ. Была разработана библиотека компонентов – аттракционов для парка развлечений, и соответствующая технология ВМ-проектирования парков с ее применением (рис. 1). Каждый объект библиотеки содержит технические характеристики и контактные данные поставщиков, настраиваемый фильтр позволяет при проектировании задавать ограничения по стоимости аттракциона, его рабочие размеры по габаритам участка и др. Технология позволила подготовить документацию в соответствии с нормативами, сократить время проектирования по сравнению с традиционным подходом, обеспечить баланс между функциональностью, эстетикой, рациональной стоимостью, социальным эффектом и экономической рентабельностью.

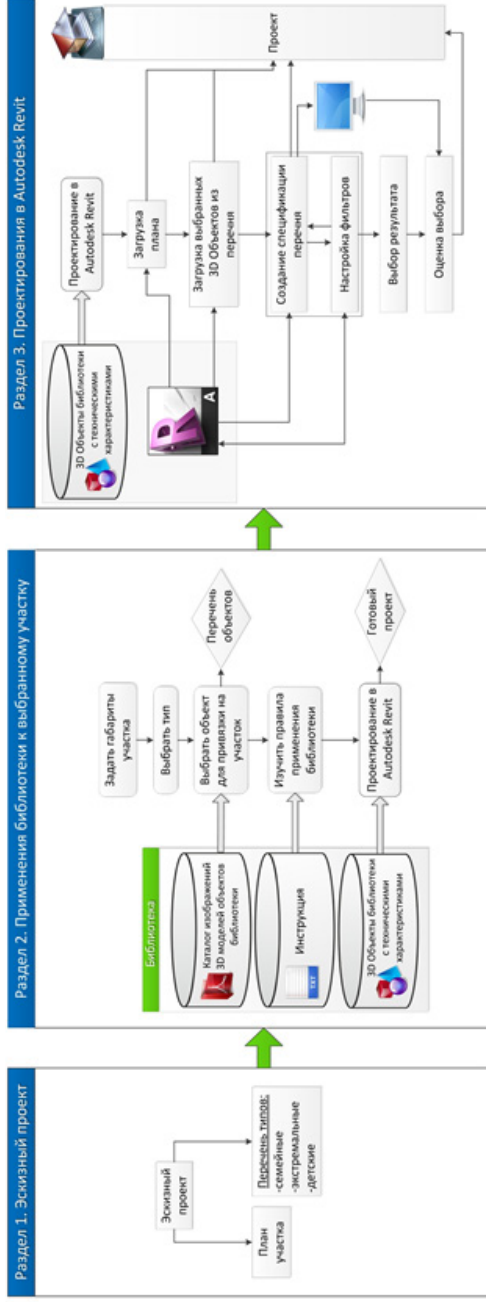


Рис. 1. Технология BIM-проектирования с применением библиотеки 3D-объектов. Автор К. Берснев

Повышение эффективности проектирования архитектурно-ландшафтных объектов за последние 5 лет приобретает особое значение в связи с реализацией национального проекта «Жильё и городская среда», принятого на период с 2019 по 2024 годы, и одной из его составляющих – федерального проекта «Формирование комфортной городской среды» [5]. Проект направлен на создание благоприятных условий жизни горожан за счет благоустройства окружающих пространств – парков, скверов, набережных, площадей, придомовых территорий и т.п. В рамках федерального проекта ежегодно проводится Всероссийский конкурс лучших проектов создания комфортной городской среды в малых городах и исторических поселениях [6], в котором Свердловская область занимает лидирующие места по количеству проектов-победителей. В результате реализации этих проектов, направленных на сохранение историко-градостроительной и природной среды, Российские города приобретают не только современные привлекательные общественные пространства, но и обретают культурную идентичность через привязку к традициям местности и формирование бренда территории на основе выразительных архитектурно-ландшафтных решений [7].

Существуют исследования, к примеру [8–10], которые развивают теоретические основы для решения социальных и экологических проблем крупных городов за счет формирования зеленого каркаса, разработки типологии, конфигурации и наполнения озелененных пространств города и их благоустройства.

Что касается технологии проектирования архитектурно-ландшафтных объектов, в том числе, объектов благоустройства общественных пространств, то здесь единого подхода не существует. Проектирование проходит традиционные этапы от эскизного проекта до рабочей документации с применением различных программных продуктов. Например, последовательность процесса может быть следующей: эскиз (Corel Draw), визуализация (3ds Max), рабочий проект (AutoCAD) с выбранными материалами, рассчитанными объёмами работ и их стоимостью и передача его организациям подрядчика. Работы выполняются разными группами специалистов, переходы между этапами с точки зрения программного обеспечения не автоматизированы, требуют дополнительных согласований, возможные переделки занимают много времени. В конечном итоге могут появляться не оптимизированные конечные решения. На рис. 2 приведен пример реализации проекта благоустройства сквера, в котором для видеокamer были установлены отдельные опоры, несмотря на расположенные рядом уличные светильники на опорах, и таких объектов более 10 каждого типа.



Рис. 2. Дублирование опор для видеокамер и уличных светильников. Фото автора

Технология информационного моделирования ландшафтов LIM предполагает разработку и сопровождение проекта на всех этапах от концепции до эксплуатации готового объекта. Все участники процесса проектирования: заказчик, архитектор, ландшафтный дизайнер, подрядчики, эксплуатационная организация, при наличии информационной модели создадут, корректируют и используют документацию в едином информационном пространстве. В конечном итоге такая интеграция позволяет повысить эффективность работ как с точки зрения координации проекта и принятия решений, так и для планирования и организации строительных работ. Поэтому разработка технологических процессов с применением специально подобранного программного обеспечения и создание пилотных проектов, основанных на LIM, это задача ближайшего будущего.

В заключение отметим, что технология LIM находится в стадии формирования. Анализ существующих решений показывает перспективность

ее применения: снижаются издержки и ошибки на стадии проектирования, достигается простота и удобство совместной работы. В связи с реализацией федерального проекта «Формирование комфортной городской среды» разработка огромного количества проектов благоустройства городских пространств может быть более эффективной с применением новых технологий информационного моделирования.

### **Литература**

1. Захарова Г.Б. LIM – информационное моделирование ландшафта через взаимодействие с ГИС и BIM // *Архитектон: известия вузов*. 2022. № 3(79). С. 13. URL: [http://archvuz.ru/2022\\_3/13/](http://archvuz.ru/2022_3/13/) DOI: 10.47055/1990-4126-2022-3(79)-13. EDN: MCZZPR.
2. Fritsch M., Clemen C., Kaden R. 3D landscape objects for building information models BIM // *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 14th 3D GeoInfo Conference. 2019. Vol. IV-4/W8. P. 67–74. DOI: 10.5194/isprs-annals-IV-4-W8-67-2019.
3. Gobeawan S.E., Lin X., Liu S.T., Wong C.W., Lim Y-F. L., Gaw N.H., Wong P.Y., Tan C.L., Tan Y.He. IFC-centric vegetation modelling for BIM // *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 16th 3D GeoInfo Conference. 2021. Vol. VIII-4/W2-2021. DOI: 10.5194/isprs-annals-VIII-4-W2-2021-91-2021.
4. Borkowski A.S., Wyszomirski M. Landscape Information Modelling: an important aspect of BIM modelling, examples of cubature, infrastructure, and planning projects // *Geomatics, Land management and Landscape*. 2021. No. 1. P. 7–22. DOI: 10.15576/GLL/2021.1.7.
5. Сайт федерального проекта «Формирование комфортной городской среды». URL: <https://gorodsreda.ru/> (дата обращения: 20.02.2023).
6. Сайт Всероссийского конкурса лучших проектов создания комфортной городской среды. URL: <https://gorodsreda.ru/konkurs2-2022> (дата обращения: 20.02.2023).
7. Витюк Е.Ю., Загребин О.В., Попугаев А.А. Концепция формирования комфортной городской среды как средство выявления идентичности // *Архитектон: известия вузов*. 2020. № 3(71). С. 4. URL: [http://archvuz.ru/2020\\_3/4/](http://archvuz.ru/2020_3/4/) DOI: 10.47055/1990-4126-2020-3(71)-4. EDN: NVLLPO.
8. Климанова О.А., Колбовский Е.Ю., Илларионова О.А. Экологический каркас крупнейших городов Российской Федерации: современная структура, территориальное планирование и проблемы развития // *Вестник СПбГУ. Науки о Земле*. 2018. Т. 63, № 2. С. 127–146. DOI: 10.21638/11701/spbu07.2018.201. EDN: XTRKPR.
9. Дар В.В. Структурные особенности малых озелененных пространств современных городов // *Архитектон: известия вузов*. 2021. № 3(75). С. 17. URL: [http://archvuz.ru/2021\\_3/17/](http://archvuz.ru/2021_3/17/) DOI: 10.47055/1990-4126-2021-3(75)-17. EDN: AVPPNA.
10. Гушин А.Н., Дивакова М.Н. Водно-зеленый каркас Екатеринбурга: история, проблемы, будущее // *Архитектон: известия вузов*. 2022. № 2(78). С. 21. URL: [http://archvuz.ru/2022\\_2/21/](http://archvuz.ru/2022_2/21/) DOI: 10.47055/1990-4126-2022-2(78)-21. EDN: WGGFJG.



**УДК 69.059.4**

**DOI: 10.23968/ВІМАС.2023.007**

**Исупов Никита Сергеевич**, аспирант

(Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина)

*E-mail: isupovn98@gmail.com*

**Фомин Никита Игоревич**, канд. техн. наук, завкафедрой

(Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина)

*E-mail: ni.fomin@urfu.ru*

Isupov Nikita Sergeevich, postgraduate student  
(Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin)  
Fomin Nikita Igorevich, PhD in Sci. Tech., Head of Department  
(Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin)

## **ТЕХНОЛОГИЯ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ НА ЭТАПЕ СТРОИТЕЛЬСТВА КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ЗДАНИЯ**

### **LASER SCANNING TECHNOLOGY AT THE CONSTRUCTION STAGE AS A BUILDING LIFECYCLE MANAGEMENT TOOL**

Темпы строительства с каждым годом все увеличиваются, но методики строительного контроля год от года никак не изменяются. Ручные методы измерений изжили себя, а ведение бумажной документации – давно устарело. Чаще стали происходить случаи, когда по результатам вскрытий конструкций подтверждается низкий уровень достоверности информации, содержащейся в актах освидетельствования скрытых работ и конструкций. В статье рассмотрена технология лазерного сканирования на этапе строительства здания в качестве элемента глобальной цифровизации строительной отрасли, а также инструмента управления жизненным циклом здания; продемонстрирован один из вариантов применения данной технологии в качестве альтернативы существующим методам контроля качества.

*Ключевые слова:* управление жизненным циклом, цифровизация строительной площадки, лазерное сканирование, технология информационного моделирования, контроль качества строительства, облако точек.

The pace of construction is increasing every year, but the methods of construction control do not change from year to year. Manual measurement methods and paper documentation are outdated. Cases began to occur more often when, according to the results of structural openings, a low level of reliability of the information contained in the certificates of examination of hidden works and structures is confirmed. The article considers

the technology of laser scanning at the construction stage of a building as an element of the global digitalization of the construction industry, as well as a tool for managing the life cycle of a building; demonstrated one of the options for using this technology as an alternative to existing methods of quality control.

*Keywords:* life cycle management, construction site digitalization, laser scanning, information modeling technology, construction quality control, point cloud.

В настоящее время строительная отрасль находится в процессе активной цифровизации, все в большем масштабе применяются технологии информационного моделирования (ТИМ), обеспечивающие создание единой цифровой многомерной среды. Такая среда может реализовать следующие этапы жизненного цикла строительного объекта: эскизное проектирование (основные идеи и предварительная оценка инвестиций) – стадийное проектирование – строительство – эксплуатация – обследование – реконструкция – ликвидация.

На первых двух этапах уже применяется выработанная методология: принципы взаимодействия между различными участниками и обеспечения единства разделов проекта, но на этапе строительства усилия проектировщиков по созданию цифрового двойника здания, наполнению его семантикой в известной степени обесцениваются. Целью данной работы является рассмотрение проблем цифровизации отрасли на этапе строительства и предложение вариантов их решения, а также практическое применение облака точек для контроля качества строительства с использованием отечественного ПО.

На строительной площадке информация об объекте в виде большого количества документов, не имеющих связи друг с другом, приводит к снижению преимуществ ранее разработанного цифрового объекта, что увеличивает время на принятие ответственных решений. В качестве инструмента обеспечения определенной преемственности цифрового двойника строительного объекта, созданного на этапе проектирования, его развития и уточнения, с учетом условий производства работ и его результатов, предлагается технология лазерного сканирования строящегося здания.

Лазерное сканирование (ЛС) – бесконтактная технология создания массива данных, называемого облаком точек, который используется для расчетов, измерений, анализа и моделирования. Данная технология является эффективным инструментом обеспечения цифровизации результатов строительных процессов; при помощи лазерного сканирования с высоким качеством можно обеспечить: выполнение обмерочных чертежей, вычисление фактических объемов работ, формирование исполнительных

схем. Кроме этого, технология ЛС позволяет с высокой точностью оценивать деформации конструкций, снабдить данными для анализа проектных решений, создать, таким образом, условия для развития информационной модели здания и обеспечить необходимую преемственность цифровой модели для создания полного цикла здания в цифровой среде [1–3].

Необходимо также отметить, что в результате применения технологии ЛС, недобросовестным подрядчикам сложнее сфальсифицировать исполнительные схемы с заниженными планово-высотными отклонениями несущих конструкций [4] для согласования документации, таким образом, технология является современным инструментом повышения качества и эффективности строительства.

Технология ЛС, как правило, применяется:

- для существующих зданий при обследовании, реконструкции, реставрации с целью выполнения высококачественных обмерочных чертежей; формирования облака точек для создания информационной модели существующего здания или обновления исходных проектных моделей с учетом реальных размеров конструкций, а также анализа проектных решений;

- при строительстве новых зданий для выполнения строительного контроля (выявление построчных дефектов конструкций); авторского надзора (проверка отступлений от проектных решений); для автоматизации формирования исполнительной документации (уменьшение влияния человеческого фактора); определения объемов фактически выполненных работ (генерация документов по формам КС-2, КС-3 и т. п.), а также для корректировки информационной модели созданной на этапе проектирования здания [5, 6].

Необходимо уточнить, что существенным ограничением масштабного применения технологии ЛС в отечественном строительстве является зависимость от зарубежного программного обеспечения, необходимого для обработки облаков точек. Для преодоления этой проблемы и формирования технологического суверенитета в области строительного программного обеспечения ряд отечественных вендоров активно приступили к собственным разработкам.

Цифровизации строительного контроля была проведена в отечественной программе NanoCAD Reclouds для одного из зданий г. Екатеринбурга, облако точек получено сканером Trimble SX10.

Облако точек в формате \*.las в ПО сшилось с экспортированной в ifc-формат моделью каркаса этажа здания. Координация производилась вручную по трем точкам, ввиду отсутствия в модели фактических

координат расположения здания. Невязка между облаком и моделью составила примерно 1 мм (рис. 1).

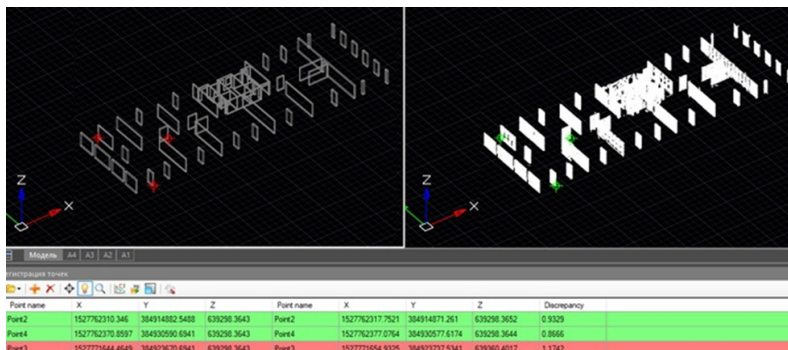


Рис. 1. Ручная шивка облака точек с информационной моделью

Благодаря базовым функциям сравнения облака и модели можно получить цветовую гистограмму отклонений, по которой наглядно и с высокой точностью отслеживать сверхнормативные деформации для последующего их учета или устранения (рис. 2). Несомненным достоинством использования данной технологии можно назвать объективность, а также пространственный, глобальный контроль отклонений конструкций, в отличие от классических исполнительных схем, в которых указываются лишь локальные места отклонений.

Исходя из гистограммы можно сделать вывод, что большинство точек лежат в допустимых пределах отклонений для вертикальных несущих конструкций в  $\pm 15$  мм (зеленая зона гистограммы), однако, есть существенные отклонения конструкций (красная и синие зоны гистограммы), которые требуют оперативного решения от специалистов авторского надзора.

В качестве дальнейшей работы планируется использовать данное ПО для корректировки информационной модели с целью вычисления фактически выполненных объемов работ, продолжая управление жизненным циклом объекта на этапе строительства.

Следует подчеркнуть, что первые строительные проекты, выполненные по методологии ТИМ (ВМ), в России выполнялись уже 20 лет назад, но до настоящего времени ТИМ воспринимается отраслевым сообществом чем-то новомодным. Таким образом, ТИМ успешно реализуется на этапе

проектирования, но далее, в силу разных причин, не обеспечивает полноценного информационного сопровождения жизненного цикла здания.

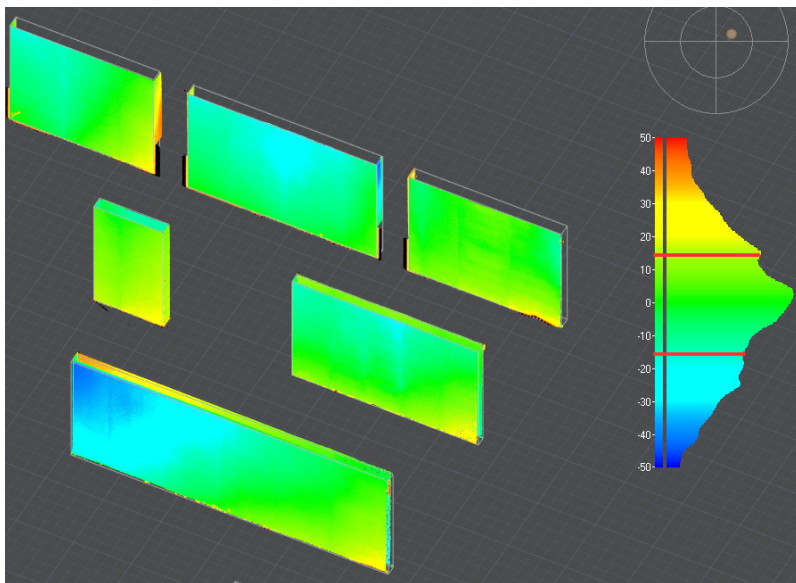


Рис. 2. Цветовое отображение отклонений фактически выполненных конструкций от их проектного положения

Применение технологии ЛС помогает преодолеть сложившиеся ограничения ТИМ в строительстве. В сочетании со способностью современных программных средств обрабатывать и хранить большие объемы данных, облака точек не только будут доступными для необходимого количества специалистов, но позволят обеспечить условия для эффективной и надежной эксплуатации – самому протяженному периоду жизненного цикла здания.

Проблемой использования данной технологии является отсутствие российского оборудования для сканирования, а также зависимость от зарубежного ПО при экспорте облаков в независимый формат \*.las.

Также необходимо отметить, что разработки отечественных вендоров уже позволяют использовать их программы для ведения рабочего процесса с облаком точек, однако, количество и качество российского ПО остается еще на низком уровне в сравнении с зарубежным.

### **Литература**

1. Чеботарев С.В., Красильников И.В. Применение метода наземного лазерного сканирования на разных этапах жизненного цикла объектов строительства // Инновационные методы проектирования строительных конструкций зданий и сооружений: сб. науч. тр. 4-й Всеросс. научно-практ. конф. Курск: ЮЗГУ, 2022. С. 546–548. EDN: VQYTOW.
2. Rocha G., Mateus L., Fernandez J., Ferreira V. A Scan-to-BIM Methodology Applied to Heritage Buildings // *Heritage*. 2020. Vol. 3. P. 47–67. DOI: 10.3390/heritage3010004.
3. Середович В.А., Алтынцев М.А., Попов Р.А. Особенности применения данных различных видов лазерного сканирования при мониторинге природных и промышленных объектов // *Вычислительные технологии*. 2013. Т. 18, № S1. С. 141–144. EDN: ТААНPD.
4. Орлова Е.А., Байбурин А.Х., Фомин Н.И. Камеральная оценка достоверности строительной исполнительной документации // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура*. 2021. Т. 21, № 4. С. 24–31. DOI: 10.14529/build210403. EDN: XFOGLG.
5. Егорова В. Как с помощью лазерного 3D-сканирования сократить риски при строительстве и реконструкции зданий и объектов. URL: <https://digital-build.ru/kak-s-pomoshhu-lazernogo-3d-skanirovaniya-sokratit-riski-pri-stroitelstve-i-rekonstrukcii/> (дата обращения: 01.02.2023).
6. Перов К.В., Дронов Н.С. Применение технологии лазерного сканирования для определения объемов строительных работ // *Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: Матер. II Всеросс. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Ч. 2. Комсомольск-на-Амуре*, 2019. С. 130–132. EDN: LSDTNS.

УДК 691

DOI: 10.23968/ВІМАС.2023.008

**Катилова Юлия Владимировна**, студент

(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

*E-mail: katilova.yuv@edu.spbstu.ru, ORCID: 0000-0001-9878-2511*

**Стрелец Ксения Игоревна**, канд. техн. наук, доцент

(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

*E-mail: kstrelets@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5975-139X*

**Заборова Дарья Дмитриевна**, ассистент

(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

*E-mail: zaborova\_dd@spbstu.ru, ORCID: 0000-0002-8346-549X*

Katilova Julia Vladimirovna, student  
(Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University)  
Strelets Ksiniya Igorevna, PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University)  
Zaborova Dariya Dmitrievna, Assistant Lecturer  
(Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University)

## ОЦЕНКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЖИЛОГО МАЛОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ

### LIFE CYCLE ASSESSMENT OF MATERIALS FOR ENCLOSING STRUCTURES FOR RESIDENTIAL LOW-RISE BUILDINGS

Строительная отрасль занимает одно из ведущих мест по загрязнению окружающей среды и потреблению ресурсов. Именно поэтому важно понимать, как человеческая деятельность количественно и качественно влияет на экологическую обстановку в мире. Данная работа представляет собой анализ жизненного цикла строительных материалов, включая учет выбросов углекислого газа, при использовании различных комбинаций строительных материалов для малоэтажного строительства в программном комплексе OneClick LCA. Наиболее выигрышной ограждающей конструкцией среди наиболее популярных для строительства в Ленинградской области оказалась стена из газобетона, утеплителя и облицовкой из кирпича.

*Ключевые слова:* оценка жизненного цикла, углекислый газ, строительные материалы, жизненный цикл, воплощенная энергия, устойчивое развитие.

The construction industry occupies one of the leading places in terms of environmental pollution and resource consumption. That is why it is important to understand

how human activity quantitatively and qualitatively affects the environmental situation in the world. This work is an analysis of the life cycle of building materials, including accounting for carbon dioxide emissions, when using various combinations of building materials for low-rise construction in the OneClick LCA software package. The most advantageous enclosing structure among the most popular for construction in the Leningrad region was a wall made of aerated concrete, insulation and brick cladding.

*Keywords:* life cycle assessment, carbon dioxide, building materials, life cycle, embodied energy, sustainable development.

В настоящее время существует растущий спрос на углеродно-нейтральное здание, поскольку выбросы углерода увеличиваются из года в год с большой скоростью [1]. Именно в секторе строительства используется около 40 % всей потребляемой первичной энергии, причем 11 % из них приходится на материалы, которые используются в строительстве, а 28 % на эксплуатационные выбросы, 67 % всего электричества, 40 % всего сырья и 14 % всех запасов питьевой воды, а также производят 35 % всех выбросов углекислого газа [2]. Именно благодаря выбору материалов, их доступности и возможности переработки, самые ранние этапы планирования имеют наибольшее влияние на сокращение количества отходов, возможность повторного использования компонентов, то есть в целом возможности повышения энергоэффективности и экологичности здания [3].

Широкое применение в сфере оценки воздействия на окружающую среду получил метод оценки жизненного цикла (LCA). Методология представляет собой сбор данных и оценку входных и выходных потоков и потенциальных воздействий на окружающую среду на протяжении всего жизненного цикла продукции (услуги). LCA позволяет проводить определение экологического воздействия посредством количественной оценки воздействия на окружающую среду, расчета выбросов в окружающую среду, потребленной энергии и затраченных ресурсов [4].

Целью исследования является определение оптимальной ограждающей конструкции для индивидуального жилого здания в Ленинградской области и оценка жизненного цикла A1-A3 строительных материалов при помощи методологии LCA.

В статье рассматриваются этапы LCA A1-A3, которые включают в себя добычу сырья, его транспортировку и производство конечного материала из него.

Расчет выбросов и потребляемых ресурсов в виде материалов и энергии на единицу анализа для модуля A производят по следующей формуле [5]:

$$e_A = e_{PE} + M_{VM\ in} \times E_{VM\ in} + M_{MR\ in} \times E_{MRafterEoW\ in} + M_{MR\ in} \times E_{ERafterEoW\ in},$$



где  $e_A$  – удельные выбросы на единицу продукции для модулей A1-A3,  $e_{PE}$  – удельные выбросы на единицу продукции, возникающие в результате потребления энергии из первичных источников,  $M_{VM in}$  – количество материала, полученного из первичных материалов;  $E_{VM in}$  – удельные выбросы на единицу анализа, возникающие в результате приобретения и предварительной обработки первичного материала при производстве продукта,  $M_{MR in}$  – количество материала, полученного в результате переработки из предыдущей системы (определяемой на границе системы),  $E_{MR after EoW in}$  – удельные выбросы на единицу анализа, возникающие в результате процессов восстановления материала (переработки) в предыдущей системе до достижения конечного состояния отходов,  $E_{ER after EoW in}$  – удельные выбросы на единицу анализа, возникающие в результате потребления вторичного топлива из предыдущей системы (достигшие конечного состояния отходов).

На основании этих расчетов формируется экологическая декларация продукции (Environmental Product Declaration, EPD), которая представляет собой верифицированный сторонними экспертами документ и содержит в себе информацию о количествах выбросов от различных стадий жизненного цикла материала.

Для автоматизации оценки влияния строительства объекта на окружающую среду существуют различные приложения. Для работы с информационной моделью здания используется облачное приложение OneClick LCA, которое позволяет автоматизировать расчеты для конкретного объекта. Приложение содержит базу данных по всем материалам, сформированную на основании EPD, и именно с ее помощью возможно применение BIM-технологий, поскольку у OneClick LCA есть возможность получить данные посредством разных программ. Суть заключается в том, что пользователь подгружает объемы строительных материалов в OneClick LCA, сопоставляет их с конкретным материалом определенного производителя и далее в программе производится расчет и оценка выбросов от строительства здания.

В ходе исследования была создана модель двухэтажного блокированного дома в Autodesk Revit 2022. Высота этажа составляет 3 метра, а общая жилая площадь составляет 486,73 м<sup>2</sup>. 3D-модель здания представлена на рис. 1.

Для анализа были подобраны наиболее часто используемые в строительстве комбинации ограждающих конструкций среди загородных домов. Был проведен теплотехнический расчет на основании этих конструкций для местности Ленинградской области и подобраны толщины конструкций. Итоговые варианты представлены в таблице.



Рис. 1. 3D-модель здания

**Подобранные варианты ограждающих конструкций для малоэтажного индивидуального здания**

№	Наименование материала	Удельные выбросы, кгCO <sub>2</sub> е/кг	Толщина слоя δ, м	Плотность ρ, кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности λ, Вт/(м · °С)/Вт	Фактическое сопротивление R <sub>0</sub> <sup>ф</sup> ≥ требуемое сопротивление R <sub>0</sub> <sup>тв</sup> /г, (м <sup>2</sup> · °С)/Вт
1	Глиняный обыкновенный кирпич на цементно-песчаном растворе	0,28	0,12	1950	0,56	3,75 ≥ 3,71
	Плиты минераловатные из каменного волокна	1,31	0,08	150	0,036	
	Газобетонные блоки на цементном вяжущем	0,45	0,15	500	0,13	

Окончание табл. 1

№	Наименование материала	Удельные выбросы, $\text{кгCO}_2\text{e}/\text{кг}$	Толщина слоя $\delta$ , м	Плотность $\rho$ , $\text{кг}/\text{м}^3$	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$	Фактическое сопротивление $R_0^{\text{ф}} \geq$ требуемое сопротивление $R_0^{\text{треб}}$ , $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$
2	Глиняный обыкновенный кирпич на цементно-перлитовом растворе	0,28	0,25	1950	0,47	3,82 $\geq$ 3,71
	Плиты минераловатные из каменного волокна	1,31	0,105	150	0,036	
	Глиняный обыкновенный кирпич на цементно-перлитовом растворе	0,28	0,12	1950	0,56	
3	Клееный брус (ель)	0,31	0,32	441	0,09	3,71 $\geq$ 3,71

Далее были смоделированы 3 варианта домов и выгружены объемы строительных материалов при помощи плагина OneClick LCA для Revit в облако OneClick LCA. Затем данным материалам были сопоставлены материалы из базы данных программы, далее программа автоматически подсчитывает выбросы  $\text{кгCO}_2\text{e}$  от выбранных материалов. В статье рассматриваются модули жизненного цикла A1-A3, которые включают в себя добычу сырья, его транспортировку и производство строительного материала. Результаты представлены на рис. 2.

Также OneClick LCA позволяет сравнивать между собой варианты по воздействию на различные факторы. Среди них выделяют потенциал глобального потепления (GWP), потенциал подкисления земли (почвы) и воды (AP), потенциал эвтрофикации (EP), потенциал разрушения

озонового слоя (ODP), потенциал образования фотохимических окислителей тропосферного озона (ПОСР). Данные сравнения приведены на рис. 3.

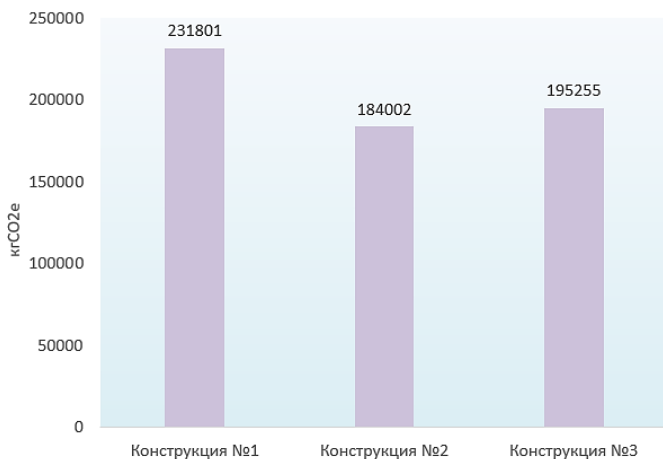


Рис. 2. Выбросы kgCO2e от выбранных материалов в модулях A1-A3

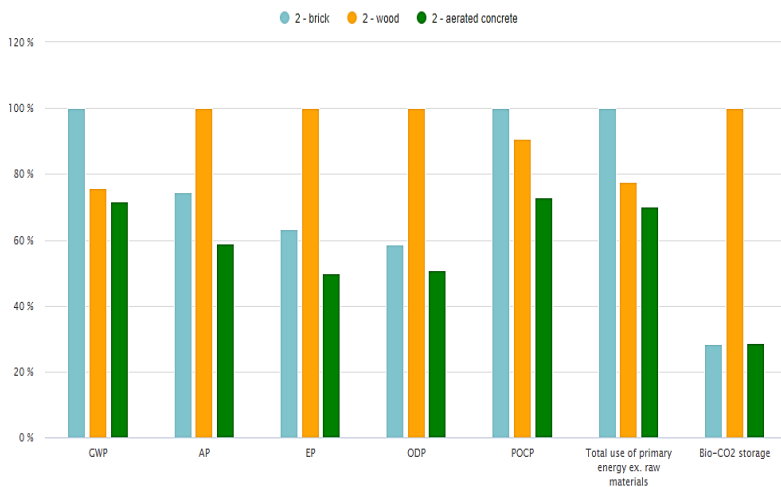


Рис. 3. Сравнение трех вариантов здания в разных категориях воздействия в %

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что вариантом с минимальным воздействием на окружающую среду в виде выбросов  $\text{kgCO}_2\text{e}$  является ограждающая конструкция, в основе которой лежит газобетон. Причем вариант конструкции из клееного бруса производит больше выбросов на 6,12 %, а из кирпича на 25,98 %. Таким образом, использование LCA для подбора строительных материалов позволяет анализировать и принимать меры по снижению негативного воздействия будущего объекта на окружающую среду.

### **Литература**

1. Гуляева Т.А. Проект решения экологической проблемы в области производства строительных материалов // Проектное управление в строительстве. 2019. № 4(17). С. 138–148. EDN: NCMLMQ.
2. Бенуж А.А. О роли «зеленого» строительства для устойчивого развития // На пути к устойчивому развитию России. 2013. № 66. С. 30–32.
3. Хроменок Н.В., Слесарев М.Ю. Обоснование эффективности исследований экологической безопасности зданий на основе метода LCA // Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований: Матер. XXVIII Междунар. научно-практ. конф. Morrisville: LuluPress, 2022. С. 120–129. EDN: FCLEVU.
4. Ковалев А.О. Методы оценки экологического воздействия на городскую среду // Международный научный журнал «Символ науки». 2016. № 11/3(23). С. 83–86. EDN: UTXFBT.
5. ГОСТ Р ИСО 14040–2010 Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200077762> (дата обращения: 11.02.2023).

УДК 69.003+51-77

DOI: 10.23968/ВІМАС.2023.009

**Кожухов Андрей Евгеньевич**, магистрант  
(Южно-Уральский государственный университет)  
*E-mail: ae.kozhukhov@gmail.com*

**Бородин Сергей Игоревич**, канд. экон. наук, доцент  
(Южно-Уральский государственный университет)  
*E-mail: borodinsi@susu.ru, ORCID: 0000-0002-2115-4549*

**Гусев Евгений Васильевич**, д-р техн. наук, профессор  
(Южно-Уральский государственный университет)  
*E-mail: gusev@v@susu.ru, ORCID: 0000-0002-8458-1222*

Kozhukhov Andrey Yevgen'yevich, Master's degree student  
(South Ural State University)

Borodin Sergey Igorevich, PhD in Sci. Ec., Associate Professor  
(South Ural State University)

Gusev Yevgeniy Vasil'yevich, Dr. Sci. Tech., Professor  
(South Ural State University)

## **ОЦЕНКА ВНЕДРЕНИЯ ВІМ-ТЕХНОЛОГИЙ В ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ МАЛОГО СТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

### **ASSESSMENT OF THE IMPLEMENTATION OF BIM IN A CONSTRUCTION ORGANIZATION**

В статье предложен вариант оценки стоимости внедрения информационных технологий в деятельность малого строительного предприятия. Исследование проводилось на примере оценки разноплановых строительных объектов с выделением их особенностей, влияющих на принятие решения об использовании ВІМ при строительстве объекта. Данные характеристики позволяют определить коэффициент внедрения ВІМ, который влияет на итоговую оценку результата внедрения. Коэффициент учитывается при оценке стоимости прямых материальных затрат и накладных расходов. Для оценки результатов внедрения ВІМ-технологий использовалось имитационное моделирование, которое проводится на базе общедоступных надстроек MS Excel (генерация случайных чисел и обработка статистических результатов). Предлагаемый авторами подход может быть использован для оценки вариантов организации работ с использованием ВІМ.

*Ключевые слова:* малые строительные предприятия, оценка внедрения ИТ, имитация, информационные технологии в строительстве, затраты.

The main goal of the article is estimating the cost of introducing information technologies into the business of a small construction enterprise. The study was conducted

on the example of different by context construction projects There were highlighted specific features of projects that may affect the decision to use BIM in the construction of an object These characteristics allow you to determine the BIM implementation index which influences the final assessment of the implementation value. It is necessary to taken into account BIM implementation index when assessing the cost of direct material costs and overhead costs. Simulation modeling is carried out to calculate BIM realization. Publicly available MS Excel Add-In “Analysis Toolpak” (Random Number Generation and Descriptive Statistics) uses for this goal. The approach proposed by the authors can be used to evaluate options for organizing work using BIM.

*Keywords:* small construction enterprise, estimating the cost, simulation modeling, building information modeling, cost.

В настоящее время региональными строительными организациями, относящимися к малому бизнесу, переход к цифровым технологиям воспринимается как дополнительная нагрузка. Необходимо нести финансовые и временные затраты на обучение кадров, искать квалифицированных специалистов, покупать лицензионные программные продукты и повышать производительность компьютерного оборудования [1–3]. Логично, что большинство малых строительных предприятий (МСП) в настоящий момент не заинтересовано нести эти расходы ради неочевидной прибыли в будущем. Предполагаем, что строительные организации при разовой работе на объекте «с BIM» выбирают один из вариантов (рис. 1).

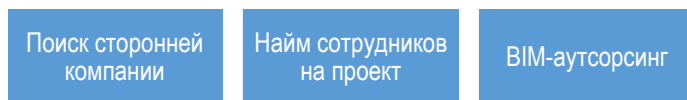


Рис. 1. Варианты организации работы с BIM в деятельности МСП

Малое строительное предприятие, приступая к строительным работам на объекте, может столкнуться с рядом часто возникающих проблем, которые могут помешать строительству объекта на практике:

1. Требования заказчика (принцип «заказчик всегда прав»), изменяющиеся или расходящиеся в части чтения и состыковки разных разделов проекта.
2. Не всегда точные и утвержденные требования к качеству материалов и изделий.
3. Нестыковки, коллизии, ошибки в проекте, что ведет к увеличению сроков производства работ.
4. Несогласованная, неопределенная последовательность процесса возведения объекта.

5. Ошибки в сметных расчетах. Неучтенные в расчетах и ведомостях расходы на строительство.

6. Отсутствие общего плана работы, оперативного взаимодействия всех участников проекта.

Нивелировать или уменьшить до допустимого уровня, с точки зрения управления, влияние факторов, перечисленных выше, могут помочь информационные технологии. При этом необходимо учитывать материальные затраты, которые может понести МСП при внедрении информационных технологий.

Цель представленного исследования состоит в том, чтобы соотнести расходы МСП по организации использования ВІМ-технологий в процессе производства СМР с потенциальными экономическими результатами. Таким образом, предоставить руководителям вариант оценки эффективности внедрения в свою деятельность нематериальных продуктов.

Решение поставленной цели представляется возможным посредством выполнения следующих задач:

- оценки потенциальной выгоды от использования информационных технологий на конкретном объекте за счет выделения характерных особенностей объекта;
- проведения имитационного моделирования экономических результатов на основе доступных инструментов анализа МСП.

Общий план действий по оценке эффективности внедрения представлен на схеме (рис. 2):

- решаем, соответствует ли внедрение ВІМ требованиям Заказчика (например, должно быть, и без него нельзя приступать к работам; по итогам работ должны быть внесены изменения в ВІМ-модель);
- оцениваем, сократится ли время производства работ (произойдет ли повышение производительности труда основных рабочих и ИТР);
- оцениваем возможности получения работ высокого качества (для сокращения количеств ошибок при производстве СМР);
- оцениваем экономическую эффективность от использования ВІМ на единицу измерения работ ( $1 \text{ м}^2$ ;  $1 \text{ м}^3$  и др.).

Для того, чтобы количественно оценить эффективность внедрения ВІМ-технологий, введем «коэффициент внедрения ВІМ» –  $k_{\text{ВІМ}}$ . На материале исследований [4–9] и учитывая собственный практический опыт строительства, определим характеристики условного объекта-представителя, из которых будет складываться коэффициент внедрения ВІМ. Характеристики объекта, влияющие на коэффициент внедрения ВІМ, представлены в табл. 1.





Рис. 2. Показатели для принятия решения об использовании BIM в деятельности МСП

Таблица 1

**Характеристики строительного объекта**

Характеристика объекта	Диапазон $k_{\text{BIM}}$
1. Стоимость объекта > 1 млн рублей, 10 млн, 100 млн	0,01–0,03
2. Наличие BIM-модели заказчика, работа в СОД заказчика	0,01–0,02
3. Сложность выполняемых работ	0,01–0,03
4. Уникальность объекта	0,01–0,03
5. Материалоемкость	0,01–0,03
6. Трудоемкость	0,01–0,03
7. Третий и последующий по счету объект с BIM для организации	0,01–0,03

Каждая из характеристик объекта, представленная в табл. 1, увеличивает общий коэффициент внедрения BIM на 1 % (1/100), а его максимальное значение составит 20 %.

$$k_{\text{BIM}} = k_{\text{BIM}1} + \dots + k_{\text{BIM}n} = 0,01 + 0,01 + \dots + 0,01 = 0,2. \quad (1)$$

Таким образом, предполагаем, что в результате использования информационных технологий может появиться дополнительная

дельта – экономия средств ( $\Delta ВІМ$ ) – за счет сокращения прямых затрат ( $ПЗ \cdot k_{ВІМ}$ ) и накладных расходов ( $НР \cdot k_{ВІМ}$ ), которую необходимо сравнить с затратами на внедрение ВІМ-технологий ( $З_{ВІМ}$ )

$$\Delta ВІМ = (ПЗ \cdot k_{ВІМ} + НР \cdot k_{ВІМ}) <> З_{ВІМ}. \quad (2)$$

Теоретически стоимость работ при внедрении ВІМ может как увеличиться, так и уменьшиться по сравнению с первоначальной стоимостью работ, в зависимости от того, на сколько сократятся фактические прямые затраты и накладные расходы и насколько высока будет сумма расходов непосредственно на внедрение ВІМ-технологий в деятельность организации. Если экономия средств  $\Delta ВІМ$  оказалась выше затрат на внедрение ВІМ в организации  $З_{ВІМ}$  ( $\Delta ВІМ > З_{ВІМ}$ ), значит в наших расходах на строительство появилась экономия, которую можно записать себе в актив. Другими словами, появился положительный эффект внедрения ВІМ-технологии за счет сокращения расходов на строительство и управление. Сравнивая значения стоимости работ с использованием коэффициента внедрения и без него, можно понять, имеет ли смысл работа с ВІМ на каждом конкретном объекте для МСП.

Для стоимостной оценки внедрения ВІМ было проведено имитационное моделирование внедрения информационных технологий в деятельность малого строительного предприятия на примере объектов (жилой многоквартирный дом, частный жилой дом, промышленный объект, детский сад) с разными видами работ (строительство «коробки» здания, возведение здания и отделочные работы, строительство «под ключ», ремонт несущих и ограждающих конструкции, работы по перепланировке административно-бытового комплекса, отделочные работы, кровельные работы, ограждения периметра подстанции, благоустройство, технологическое оборудование). Были заданы ориентировочные затраты по объектам на основании подготовленных сметных расчетов по следующим элементам: основная заработная плата рабочих, стоимость эксплуатации машин и механизмов, материальные затраты, накладные расходы, сметная прибыль. Для рассмотренных объектов подготовлена карточка оценки коэффициента внедрения  $k_{ВІМ}$  (табл. 2).

Имитационная процедура оценки проводилась с использованием MS Excel: настроек по генерации данных и их статистической обработке. Статистические показатели результатов имитации приведены в табл. 3.

Таблица 2

Карточка оценки коэффициента внедрения  $k_{ВИМ}$ 

Номер объекта	Характеристики объекта							Третий и последующий объект с ВИМ	Итоговый $k_{ВИМ}$
	Стоимость объекта	Наличие ВИМ-модели	Сложность выполняемых работ	Уникальность объекта	Материалоемкость	Трудоёмкость	Трудоемкость		
Объект 1	0,03	–	0,01	–	0,02	–	0,02	–	0,08
Объект 2	0,03	–	0,02	0,01	0,02	–	0,02	–	0,1
Объект 3	0,01	–	0,01	0,01	0,02	–	0,01	–	0,06
Объект 4	0,01	–	0,01	0,01	0,02	–	0,02	–	0,07
Объект 5	0,02	–	0,01	–	0,03	–	0,01	–	0,07
Объект 6	–	–	–	–	–	–	–	–	0
Объект 7	0,01	–	–	–	0,01	–	–	–	0,02
Объект 8	0,01	–	0,02	0,01	0,01	–	0,01	–	0,06

Таблица 3

**Результаты оценки статистических показателей**

Показатель	$K_{\text{внм}}, \%$	ПЗ, руб.	НР, руб.	Затраты ВІМ, руб.	Разница, руб.
Среднее	7,20	62 475 219,64	6 032 965,90	812 646,31	4 067 180,33
Стандартная ошибка	0,07	622 288,87	49 707,23	4 460,39	71 563,90
Медиана	6,00	62 587 832,96	5 851 203,00	818 402,31	2 726 216,03
Стандартное отклонение	4,93	44 002 468,11	3 514 832,18	315 396,90	5 060 331,62
Вариация показателя	0,685	0,704	0,583	0,388	1,244

Число положительных результатов внедрения ВІМ превышает количество отрицательных результатов в 21 раз. Сумма всех отрицательных значений в полученной сгенерированной совокупности может быть интерпретирована как стоимость неопределенности для организации, внедряющей ВІМ-технологии в случае принятия проекта. Аналогично сумма всех положительных значений может трактоваться как стоимость неопределенности для строительной организации в случае отклонения проекта. Данный расчетный показатель представляет собой индикатор целесообразности проведения дальнейшего анализа.

Вероятностный анализ показывает, что вероятность получить отрицательный результат составляет 21 %. Получить результат в диапазоне от 0 руб. до 1 000 000 руб. составляет 6,14 %. Получить результат в диапазоне от 1 000 000 руб. до 5 000 000 руб. составляет около 30 %. Получить результат в диапазоне от 5 000 000 руб. до 10 000 000 руб. составляет больше 30 %.

Результат частотного анализа представлен на рис. 3.

В результате проведенного исследования получена оценка расходов и результатов от внедрения в деятельность малого строительного предприятия информационных технологий на этапе жизненного цикла объекта «Строительство». На примере реальных строительных объектов посчитана и доказана экономическая целесообразность внедрения ВІМ-технологии путем использования имитационного моделирования.

Полученные результаты исследования показали возможность получения положительного результата от внедрения BIM.

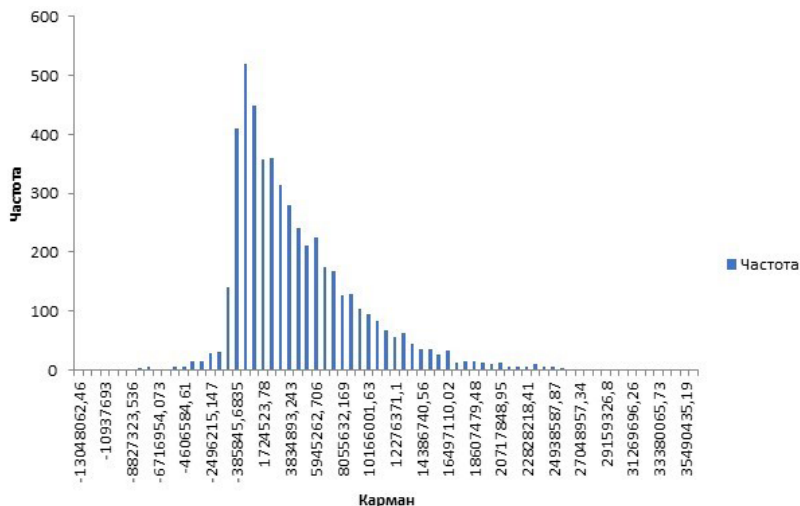


Рис. 3. Гистограмма частот

### Литература

1. Крюков К.М. Методологические подходы к определению экономической эффективности от внедрения BIM-технологий // Строительство и архитектура – 2021: матер. междунар. научно-практ. конф. Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2021. С. 174–176. EDN: YTZKOO.
2. Салова Н.Н., Мишкина Е.В., Авдеева К.В. Оценка экономической эффективности внедрения BIM-технологий на примере проектной организации в строительстве // Актуальные вопросы современной экономики. 2020. № 11. С. 868–880. DOI: 10.34755/IROK.2020.40.92.059. EDN: XAYRST.
3. Самойлов В.И. Эффективность использования BIM-технологий при проектировании инфраструктурных объектов в зонах ООПТ // Дни студенческой науки: сб. докл. научно-техн. конф. по итогам НИР студентов инст. гидротехн. и энергетич. стр-ва НИУ МГСУ. М.: НИУ МГСУ, 2021. С. 339–346. EDN: QLDDOS.
4. Асатрян В.А., Попова И.Н., Лазич Ю.В. Внедрение BIM-технологий как фактор конкурентоспособности компаний строительной отрасли // BENEFICIUM. 2019. № 3(32). С. 4–13. DOI: 10.34680/BENEFICIUM.2019.3(32).4-13. EDN: YCRYKT.
5. Гулькин В.В. Возможности применения BIM-технологий на этапе возведения зданий // Молодежь – Барналу: матер. XXII городской научно-практ. конф. молодых ученых. Гл. ред. Ю.В. Анохин. Барнаул: АлтГУ, 2021. С. 268.

6. Лавренова С.К., Долгова Т.Г. О перспективах использования ВМ-технологии в строительстве // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: сб. матер. VII междунар. научно-практ. конф., посвященной Дню космонавтики: в 3 т. Под общ. ред. Ю. Ю. Логинова. Красноярск: СибГУ, 2021. С. 527–529.

7. Мещерякова М.А., Чуканова Е.Н. Особенности внедрения технологии информационного моделирования в строительную организацию // Цифровая и отраслевая экономика. 2022. Т. 27, № 2. С. 4–8. EDN: VEMSAN.

8. Рогова А.В., Криворучко К.Ю. Управление жизненным циклом объектов недвижимости на основе ВМ-технологий // Инвестиции, градостроительство, недвижимость как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения: матер. XII междунар. научно-практ. конф. Томск: ТГАСУ, 2022. С. 223–228. EDN: DTJGXM.

9. Хрусталева Б.Б., Каргин А.А. Основные вопросы внедрения технологии информационного моделирования в деятельности предприятий инвестиционно-строительного комплекса // Друкеровский вестник. 2022. № 3(47). С. 104–112. DOI: 10.17213/2312-6469-2022-3-104-112. EDN: PIELQG.

**УДК 514.181.6+004.01**

**DOI: 10.23968/BIMAC.2023.010**

**Кузнецова Ольга Геннадьевна**, старший преподаватель  
(Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.)  
*E-mail: kuznetsovaog@sstu.ru, ORCID: 0000-0001-6665-0899*

Kuznetsova Olga Gennadievna, Senior Lecturer  
(Yuri Gagarin State Technical University of Saratov)

## **ПРЕДСТАВЛЕНИЕ КОНЦЕПТА СРЕДСТВАМИ BIM-ПРОГРАММ**

### **PRESENTATION OF THE CONCEPT BY MEANS BIM-PROGRAMS**

В статье определено понятие и значение концептуального проектирования в современном процессе архитектурно-дизайнерского творчества. Установлена взаимосвязь и определена роль использования наглядных представлений в формировании проектной концепции. Утверждены и рассмотрены возможности создания абстрактных моделей средствами BIM-программ, таких как Renga и Revit. Определены понятия: параллельная и центральная аксонометрии. Описаны и представлены возможности программ по формированию наглядных изображений, таких как аксонометрия и перспектива (центральная аксонометрия в частном случае), на примере формального объекта. Оценены получение результаты.

*Ключевые слова:* концептуальная модель, наглядное изображение, аксонометрическая проекция, перспектива, центральная аксонометрия, визуализация.

The article defines the concept and meanings of conceptual design in the modern process of architectural and design creativity. The relationship is established and the role of the use of visual representations in the formation of the project concept is determined. The possibilities of creating abstract models by means of BIM programs such as Renga and Revit have been approved and considered. The concepts of parallel and central axonometry are defined. The possibilities of programs for the formation of visual images, such as axonometry and perspective (central axonometry in a particular case), are described and presented on the example of a formal object. The results obtained are evaluated.

*Keywords:* conceptual model, visual image, axonometric projection, perspective, central axonometry, visualization.

Современная парадигма проектирования нацелена на полную автоматизацию всех процессов, в том числе и работы над эскизом идей. Хотя это не исключает возможность для архитекторов и дизайнеров

создания клаузур традиционным способом – технического рисунка средствами ручной графики. Говоря о чисто технологической стороне вопроса, этот процесс не может быть сиюминутным. Полагаю, необходимо находить разумный симбиоз автоматизации и рукотворности в творческом процессе.

Первичным при представлении концепции для архитектора и дизайнера архитектурной среды является вопрос быстрого создания объемной абстрактной модели будущего объекта и просмотр его со всех возможных ракурсов и точек восприятия для собственной оценки композиционной составляющей придуманной формы, а также для демонстрации формообразования архитектурного образа. Проанализируем, обладают ли необходимым инструментарием популярные в нашей стране ВМ-продукты, такие как Renga и Revit.

Прежде всего, возможность концептуального моделирования определяет принадлежность ВМ-программы к сфере архитектуры. Что же кроется за определением концептуального моделирования. Не всегда однозначно понимается это понятие, например, в статье Поварницына Д. [1] описывает общий процесс моделирования в программе на примере конкретного объекта. Речь идет о создании объекта способом «сборки» [2], а не о моделировании абстрактной формы, которая наделяется архитектурным контекстом. И проходит проектный цикл «виртуальной стройплощадки». Автор не говорит о программных возможностях создания формы как таковой. Концептуальное проектирование должно рассматриваться как моделирование формы, которая может стать архитектурой. Это создание геометрии, как идеи здания или сооружения, или дизайн-объекта. Обладают ли такой возможностью данные программные продукты? Программа Renga не имеет отдельного инструментария по формообразованию, но в ней объемные формы можно создавать путем использования стандартного инструментария. В программе Revit имеется встроенный редактор и по работе с отдельной формой – «Модель в контексте», и по работе со зданием в целом – «Концептуальные формы». Т.е. имеется возможность реализации концептуальной формы в данных ВМ-программах.

Какими же возможностями обладают данные продукты для формирования эффектного представления, прежде всего наглядного и понятного любому обывателю. Т.е. какие средства предлагают программы по созданию параллельной и центральной аксонометрии.

Но прежде разберемся, о каких именно проекциях идет речь. Согласно определению Короева Ю.И.: «Аксонометрическими проекциями



называются наглядные изображения объекта, получаемые параллельным проецированием его на одну плоскость проекции вместе с осями прямоугольных координат, к которым этот объект отнесен» [3, стр. 205–212]. К ним относятся стандартные аксонометрические и триметрические проекции. Так как параллельное проецирование есть частый случай центрального проецирования [3, стр. 8], то центральной аксонометрией является и перспектива (центральная проекция) построенная аналитическим методом. Алгоритм построения ничем не отличается от построений, выполняемых для аксонометрии. «Различие заключается лишь в том, что перспектива равных в натуре отрезков, последовательно откладываемых в направлении, перпендикулярном картине (плоскости, на которую проецируется изображение – перспектива), по мере приближения к главной точке картины (точке схода прямых, перпендикулярных ей) уменьшаются» [4]. Построения задаются системой осей натуральных координат и осуществляются посредством использования перспективного масштаба: высот и глубин (вертикальная сетка) и широт и глубин (горизонтальная). У Короева Ю.И. это способ прямоугольных координат и перспективной сетки [3, стр. 247–249]. Описание сути теории геометрических преобразований и алгоритмов построения центральных, ортогональных и аксонометрических проекций окружности на экране компьютера приведено в статье Алексюк А. А. [5].

В Renga можно получить стандартные виды параллельных аксонометрий согласно ГОСТу «Аксонометрические проекции» [6], такие как прямоугольная изометрия и диметрия; косоугольные проекции: горизонтальная изометрия  $30^\circ$  и  $45^\circ$ , фронтальная изометрия  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ , фронтальная диметрия  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ . В параметрах для 3d-вида задается «Тип проекции» и устанавливается направление взгляда, определяется ориентация осей. Согласно релизу 2019 года, инструмент «Аксонометрический вид», для всех программных семейств Renga, предлагает на выбор 44 проекции [7]. Необходимо отметить, что: «допускается применять горизонтальные изометрические проекции с углом наклона оси  $45^\circ$  и  $60^\circ$ , сохраняя угол между осями  $90^\circ$ » [6]. В архитектурно-строительной практике применяют горизонтальную изометрию при не повернутом плане [3, стр. 205–212], данная проекция в представлении может заменять генеральный план. Так как она в отличие от вида сверху раскрывает высотную составляющую объекта, соответственно может демонстрировать его более наглядно, особенно если речь идет о градостроительной ситуации или показывается средней концепт в контексте застройки. Этот момент не учтен в программе.

Для оценки работы инструмента смоделируем абстрактную модель линейной геометрии. Просмотрим созданный объект с зафиксированных точек «3d-вида» в Renga. Рассмотрев объект во всех возможных вариациях, можно оставить для представления далеко не все аксонометрии. Главный принцип, которым следует руководствоваться при выборе той или иной аксонометрии – это наглядность. В данном случае лучшей в этом отношении является прямоугольная диметрия (рис. 1, а) и горизонтальная изометрия с углом наклона оси «у» (ординаты)  $45^\circ$  (рис. 1, б). В них пропорции объекта не выглядят деформированным, и все плоскости открыты для представления. В прямоугольной изометрии (рис. 2), некоторые ребра сливаются в одну линию, это мешает восприятию ритмики объемов, и форма трактуется не так, как она задумана. Но для демонстрации архитектурно-дизайнерского концепта недостаточно выгодно представить форму, необходимо ее показать в контексте среды в соответствии с условиями нормального восприятия [8]. А такое представление возможно сформировать только посредством перспективы. Трактуя слова советского архитектора В. А. Веснина «... план и фасад составляют неразрывное целое, ...та или иная глубина выступа вносит изменения в объемную композицию сооружения и без проверки в перспективе этот вопрос решить нельзя» [3, стр. 219], т.е. просмотр формы объекта необходимо осуществлять так, как он будет видеться наблюдателем. Т.е. в перспективе – при нормальном горизонте. А Renga перспективное изображение не генерирует.

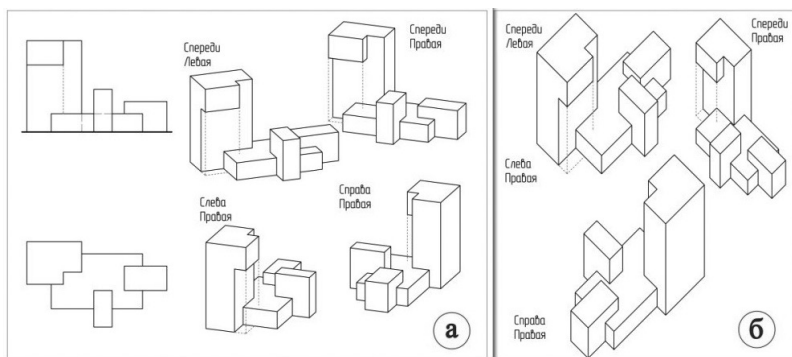


Рис. 1. Аксонометрии на чертеже Renga: а – диметрия; б – горизонтальная камера

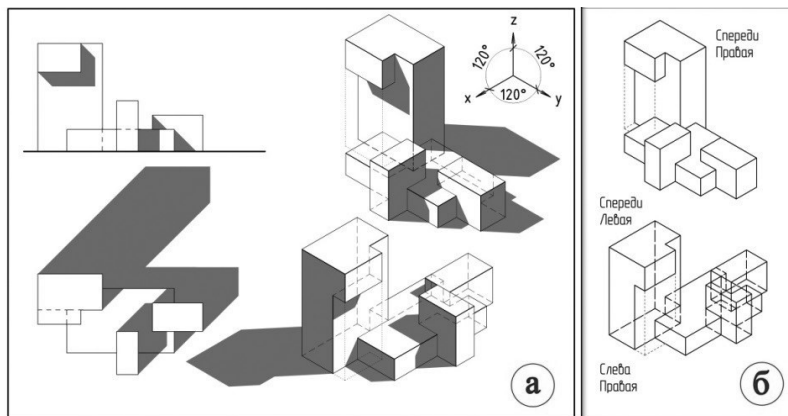


Рис. 2. Прямоугольная изометрия: *a* – в Revit; *б* – в Renga

В Revit можно получить прямоугольную изометрию, ориентированную по направлению сторон света, и аксонометрии с пользовательскими значениями. Необходимо отметить, что коэффициент искажения по всем осям равен 0,82. Если необходимо привести к единому значению ортогональные проекции и изометрию, то это можно сделать, используя пользовательский масштаб. В Renga этот показатель равен 1. В программе можно осуществлять построение центральной проекции традиционным методом двухточечной перспективы. Для этого на виде сверху нужно нарисовать опорную плоскость под неким углом к фасаду здания, а вторую плоскость перпендикулярно ей. Далее зафиксировать точку зрения, это можно сделать линией модели, с которой установить камеру (рис. 3.). Эти операции позволят закрепить точку зрения, с которой установлена камера, чтобы на плане отразить рассмотренные ракурсы. Рекомендации по выбору ракурса в перспективе представлены в статье [8]. А если необходимо продемонстрировать суть построений, можно построить систему натуральных координат, соотнесённую с объектом через перспективный масштаб. Таким образом, можно получить центральную аксонометрию.

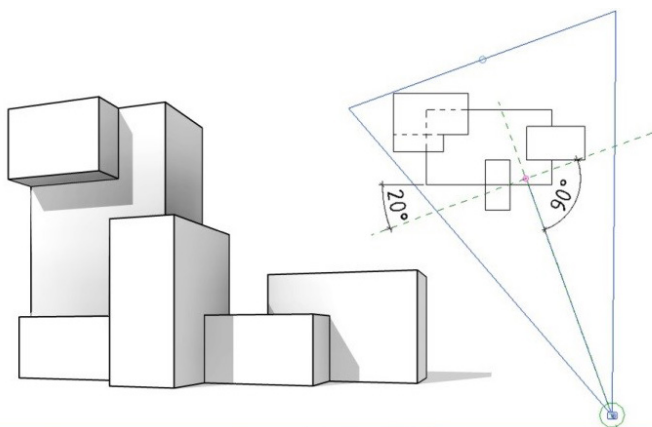


Рис. 3. Перспектива в Revit

В заключение можно сказать, что базовое значение в формировании проектной идеи несёт в себе перспектива – центральная проекция, которая должна представить будущий объект на любой стадии проектирования, а особенно на начальной, с установленных точек восприятия. И если с базовых точек восприятия форма «неинтересна», то необходимо возвращаться к моделированию объема, а не искать красивый перспективный вид. Использование наглядных изображений (аксонометрий и перспектив) в проектной деятельности всегда будет актуально, а особенно в BIM.

### Литература

1. Поварницын Д. Концептуальное проектирование в Renga Architecture на примере торгового центра // САПР и графика. 2015. № 8(226). С. 6–10. EDN: VQFSNL.
2. Бородулина С.В., Кузнецова О.Г. Методика обучения работе в Revit Architecture // Новые информационные технологии в исследовании сложных структур: матер. Тринадцатой междунар. конф. Томск: НИ ТГУ, 2020. С. 41–42. EDN: TYNCZS.
3. Короев Ю.И. Начертательная геометрия. М.: КноРус, 2014. С. 8–219.
4. Кузнецов Н.С. Начертательная геометрия: учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1981. С. 228–232.
5. Алексюк А.А. Геометрические преобразования окружности в компьютерной графике // Сб. тр. Всерос. науч.-практ. конф. «Современные научные исследования: актуальные проблемы и тенденции». «Речной Форум 2019». Омск: ОИВТ, филиал СГУВТ, 2019. С. 13–21. EDN: TLSGFK.
6. ГОСТ 2.317-2011. Единая система конструкторской документации. Аксонометрические проекции = Unified system for design documentation. Axonometric projections: дата актуализации описания: 01.01.2023. М.: Стандартинформ, 2011. 9 с.

7. Renga: самая аксонометрическая и трехмерная! // САПР и графика. 2019. № 7. С. 28–31. EDN: ZMTYAT.

8. Кузнецова О.Г. Формирование наглядных изображений в BIM-программах // Геометрическое и компьютерное моделирование в подготовке специалистов для цифровой экономики: матер. Междунар. науч.-практич. конф., посвящ. 90-летию СГТУ им. Гагарина Ю.А. Саратов: СГТУ им. Гагарина Ю.А., 2020. С. 88–97. EDN: ELHHRJ.

**УДК 004+69.058+69.059**

**DOI: 10.23968/ВМАС.2023.011**

**Мишуренко Николай Александрович**, аспирант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail: nikolai8421@mail.ru, ORCID: 0000-0002-0022-734X*

**Семенов Алексей Александрович**, канд. техн. наук, завкафедрой

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail: sw.semenov@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9490-7364*

Mishurenko Nikolai Aleksandrovich, postgraduate student  
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)  
Semenov Alexey Aleksandrovich, PhD in Sci. Tech., Head of Department  
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

## **ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ (AR) В ОБЛАСТИ ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗДАНИЙ В РОССИИ**

### **POSSIBILITIES OF APPLICATION OF AUGMENTED REALITY (AR) TECHNOLOGY IN THE FIELD OF BUILDING SURVEY IN RUSSIA**

В статье проведен обзор научных исследований по теме использования технологии дополненной реальности (AR) в России в сфере строительства. Рассматриваются возможности и практическая значимость применения технологии дополненной реальности в области технического обследования зданий и сооружений в России. Представлены идеи реализации данной технологии на примерах реальных объектов. Обоснована целесообразность применения AR в обследовании, связанная со спецификой данной области. Обозначены основные проблемы, снижающие потенциал и перспективы развития технологии дополненной реальности при проведении обследования, а также предложены возможные пути решения данных проблем.

*Ключевые слова:* дополненная реальность, ВМ, обследование, дефекты, мониторинг.

The article provides an overview of scientific research on the use of augmented reality (AR) technology in Russia in the construction industry. The possibilities and practical significance of the use of augmented reality technology in the field of technical inspection of buildings and structures in Russia are considered. Ideas for the implementation of this technology are presented on examples of real objects. The expediency of using AR in the survey, associated with the specifics of this area, is substantiated. The

main problems that reduce the potential and prospects for the development of augmented reality technology during the survey are identified, and possible ways to solve these problems are proposed.

*Keywords:* augmented reality, BIM, survey, defects, monitoring.

В настоящее время происходит стремительное развитие технологий дополненной реальности (англ. augmented reality – AR). При этом стоит отметить тот факт, что изначально исследования и разработки по данной технологии были сосредоточены, преимущественно, на создании и развитии алгоритмов работы, программного обеспечения, технических средств, позволяющих реализовать ранее упомянутые алгоритмы. На сегодняшний день вектор исследований AR сместился в сторону практического применения.

Согласно определению Рональда Азума, данному в 1997 г. [1]: «Дополненная реальность включает в себя следующие три характеристики:

- объединяет реальный и виртуальный миры;
- интерактивна в режиме реального времени;
- обеспечивает распознавание в трех измерениях (3D)».

BIM-технологии стали неотъемлемой частью различных областей сферы строительства, однако при этом стоит отметить, что охват внедрения BIM в сферу строительства еще не достиг ста процентов. При этом идет непрерывный процесс исследований, посвященных тому, какие новые средства и технологии можно применить в строительстве и как их целесообразно можно будет использовать. Одной из таких технологий является AR.

Текущие исследования в России сосредоточены преимущественно на таких областях строительства, как проектирование и возведение зданий и сооружений [2–5].

В статье [2] предложен алгоритм определения экономической эффективности внедрения технологии дополненной реальности в строительстве.

Работа [3] посвящена применению AR технологий в строительстве автомобильных дорог. По результатам проведенных экспериментов сделан вывод о том, что дополненную реальность возможно использовать в качестве измерительных и контрольных приборов в ходе строительства.

В исследовании [4] проведена оценка возможности применения технологии AR в области строительства, согласно которой сделан вывод о перспективности инвестирования в данную технологию.

Применение моделей дополненной реальности для объектов нефтехимической и полимерной промышленности представлено в статье [5].

При этом специфические области строительства также несут в себе потенциал для проведения научных изысканий по данной тематике. Одной из таких областей является обследование технического состояния зданий и сооружений.

Обследование представляет собой комплекс инженерных изысканий, направленных на определение категории технического состояния всего здания (сооружения) или его отдельной конструкции. При этом стоит отметить, что за последние пять лет количество исследований по внедрению BIM в обследование неуклонно возрастает [6].

Применение технологии AR в обследовании имеет высокий потенциал, поскольку один из наиболее значимых этапов работы обследователя является натурное обследование, в ходе которого специалист осматривает объект и его строительные конструкции. Дополненная реальность позволит на данном этапе быстрее осмотреть и оценить проблемные зоны: определить есть ли развитие деформаций либо сделать вывод о том, что количественные параметры дефектов не изменились.

Возможности применения AR:

- контроль ширины раскрытия трещин в ходе мониторинга (рис. 1);
- определение зон с коррозионными повреждениями (рис. 2) и оценка изменений данных зон;
- фиксация элементов усиления конструкций при проведении обследования (рис. 3).

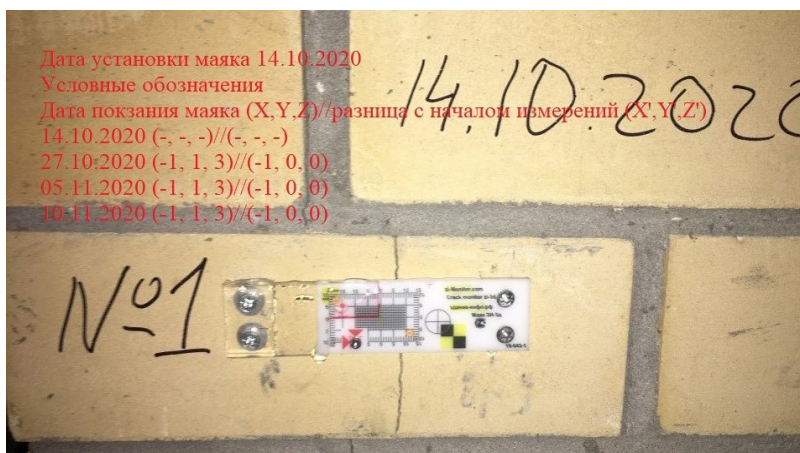


Рис. 1. Мониторинг развития трещин





Рис. 2. Элемент с коррозионными повреждениями  
(красным выделены поврежденные зоны, зафиксированные  
в ходе предыдущего обследования)



Рис. 3. Элементы усиления

При этом необходимо упомянуть, что практическая польза от AR проявляется только при повторных обследованиях объекта. Специфика обследования зданий и сооружений обусловлена тем, что обследования

объектов, в общем случае, представляют собой циклические процессы. Частота проведения обследований зависит от различных факторов, но можно уверенно утверждать, что большинство объектов обследуются повторно.

Общий перечень недостатков применения AR в строительстве обозначен в исследованиях [2–5], однако среди них стоит выделить такие как: высокая стоимость оборудования и сложность передачи данных в информационную модель здания.

В то время как в проектировании и эксплуатации ВІМ-технологии стали неотъемлемой частью данных областей, в обследовании применение ВІМ преимущественно представляет собой вектор научных изысканий, а не практическую повсеместную реализацию. На основании чего можно выделить основную проблему применения AR: обследование является очень консервативным направлением. Решить данную проблему возможно за счет разработки инвестиционных проектов, которые смогут обосновать экономическую целесообразность инвестиций в технологию AR.

Работа проведена в рамках реализации проекта «Инновационная методика формирования цифровых профессиональных компетенций обучающихся и специалистов строительной отрасли» на базе Федеральной инновационной площадки ФГБОУ ВО СПбГАСУ.

### **Литература**

1. Папагианнис Х. Дополненная реальность. Все, что вы хотели узнать о технологии будущего. М.: Бомбора, 2019. 288 с.
2. Алексеева Н.А. Эффекты и алгоритмы внедрения технологий виртуальной и дополненной реальности в строительстве // Менеджмент: теория и практика. 2022. № 3–4. С. 57–65. EDN: GZUGRX.
3. Разяпов Р.В. Применение методов дополненной реальности в строительстве // Экономика строительства. 2021. № 5(71). С. 48–58. EDN: BWTQCW.
4. Салосин А.С., Кукина А.А., Петrochenko М.В. Анализ возможностей VR и AR-технологий и оценка их применения в сфере строительства // ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Матер. IV Междунар. науч.-практ. конф. Под общ. ред. А. А. Семенова. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 205–213. DOI: 10.23968/VIMAC.2021.027. EDN: BPBQRU.
5. Чистякова Т.Б., Фураев Д.Н., Полосин А.Н., Заширинский С.В. Применение виртуальной и дополненной реальности для автоматизированного проектирования и управления в нефтехимической и полимерной промышленности // Автоматизация в промышленности. 2021. № 6. С. 25–32. DOI: 10.25728/avtprom.2021.06.05. EDN: BREOOM.
6. Мишуренко Н.А. Состояние внедрения ВІМ-технологий в области обследования зданий и сооружений в России // ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Матер. V Междунар. науч.-практ. конф. Под общ. ред. А. А. Семенова. СПб.: СПбГАСУ, 2022. С. 233–238. DOI: 10.23968/VIMAC.2022.029. EDN: VAIBND.

**УДК 628.171.001.24+004.4**

**DOI: 10.23968/BIMAC.2023.012**

**Поливанов Дмитрий Евгеньевич**, аспирант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail: dmitry\_polivanov@mail.ru, ORCID: 0000-0002-4215-1208*

**Семенов Алексей Александрович**, канд. техн. наук, завкафедрой

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail: sw.semenov@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9490-7364*

Polivanov Dmitry Evgenevich, postgraduate student  
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)  
Semenov Alexey Aleksandrovich, PhD in Sci. Tech., Head of Department  
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

## **ВІМ-ТЕХНОЛОГІЇ С ЕЛЕМЕНТАМИ ПРОГРАММУВАННЯ ПРИ АНАЛІЗІ РЕЖИМІВ РАБОТИ ВНУТРІШНІХ СЕТЕЙ ВОДОСНАБЖЕННЯ ЗДАНЬ**

### **BIM TECHNOLOGIES WITH PROGRAMMING ELEMENTS IN THE ANALYSIS OF OPERATING MODES OF INTERNAL WATER SUPPLY NETWORKS OF BUILDINGS**

В статье рассмотрены вопросы автоматизации переноса данных, полученных в результате натурных измерений параметров реальной системы водоснабжения, в информационную модель такой системы для анализа режимов ее работы. Представлен вариант комплекса приборов и оборудования, позволяющих осуществлять автоматизированное наблюдение за режимом работы водопроводной сети с регистрацией подробных ежесекундных показаний приборов и передачей их пользователю с обоснованием необходимости его применения. Приведен краткий алгоритм работы данного комплекса. Продемонстрированы результаты, полученные при выполнении тестирования системы измерения расходов воды на участке трубопровода, подключенного к одной водоразборной точке. Рассмотрены варианты анализа полученных данных, в том числе с использованием технологий информационного моделирования и дополнительно разрабатываемых плагинов.

*Ключевые слова:* система водопровода, максимальный расход воды, режим работы, программный интерфейс приложения, BIM, датчик расхода.

The article discusses the issues of automating the transfer of data obtained as a result of field measurements of the parameters of a real water supply system into an information model of such a system for analyzing its operating modes. A variant of a complex of

devices and equipment is presented that allows automated monitoring of the operation of the water supply network with the registration of detailed every-second readings of devices and their transmission to the user with justification of the need for its use. A brief algorithm for the operation of this complex is given. The results obtained during testing of the water flow measurement system on a pipeline section connected to a single water sampling point are demonstrated. Variants of the analysis of the obtained data are considered, including using information modeling technologies and additionally developed plug-ins.

*Keywords:* water supply system, maximum water flow, operating mode, application programming interface, BIM, flow sensor.

Актуальность вопросов внедрения и развития BIM технологий в строительной сфере обусловлена повышением требований к качеству проектной и рабочей документации, всеобщей цифровизацией и требованиями действующих нормативно-технических документов [1, 2]. Данная тема постоянно освещается многими авторами в научных статьях, например [3–6], а также работах автора данного материала [7–9].

В контексте настоящей статьи, идеи, связанные с использованием технологий информационного моделирования, а также дополнительных разработок, позволяющих реализовывать их потенциал и наиболее широко использовать возможности, будут рассматриваться в части применения их к системам инженерного обеспечения зданий и сооружений, а именно системам водоснабжения.

В [9] рассматривался вопрос разработки дополнительных инструментов (плагинов, надстроек, дополнительного программного обеспечения), позволяющих использовать технологии информационного моделирования как в проектировании и строительстве, так и при последующей эксплуатации инженерных систем зданий. Но в то же время эти инструменты могут быть использованы для анализа и визуализации результатов научных исследований.

В любом случае, что при решении прикладной задачи анализа работы системы водоснабжения при ее эксплуатации, что при анализе и визуализации результатов исследования режимов ее работы, требуется обеспечить взаимосвязанное функционирование информационной модели здания, или в данном конкретном случае инженерной системы водоснабжения, с датчиками и оборудованием, физически установленными на рассматриваемом объекте.

Исследование режимов функционирования внутренних систем водоснабжения зданий проводится автором с учетом имеющихся на данный момент работ, посвященных данной теме [10–14]. Среди ряда поставленных вопросов, рассматриваются в том числе:

- получение опытных данных о работе отдельных ответвлений от магистральной сети внутренних систем водоснабжения зданий преимущественно нежилого назначения, а также отдельных санитарно-технических приборов;

- сравнение результатов натурного измерения с результатами, полученными расчетным путем в соответствии действующими нормами (СП 30.13330.2020 «Внутренний водопровод и канализация зданий»), а также моделями систем водоснабжения, разработанными в научных работах и исследованиях.

Актуальность решения этих задач вызвана в первую очередь отсутствием подобных исследований для зданий с назначением, отличным от жилого.

Первый вопрос напрямую связан с установкой на трубопроводы приборов учета. При этом, помимо необходимости их соответствия ряду требований (например, они должны быть занесены в государственный реестр средств измерения, соответствовать ГОСТ Р 50193.1-92 [15] и иной нормативно-технической документации), есть еще одно очень важное условие – возможность ежесекундной фиксации показаний. Наличие этого условия объясняется самой темой проводимого исследования, которая заключается в определении максимальных секундных расходов воды в трубопроводах внутренних сетей водопровода, для дальнейшего расчета и подбора диаметров трубопроводов и арматуры. Очевидно, что выполнение ежесекундной регистрации показаний невозможно выполнить не автоматизированным способом.

Таким образом, для того, чтобы система измерения расходов, их фиксации и автоматизированной передачи, устанавливаемая на трубопроводах системы водоснабжения в целях оперативного получения экспериментальных данных для выполнения исследовательской работы, удовлетворяла всем перечисленным условиям и позволяла визуально проверять и контролировать объективность предоставляемых данных, было принято решение выполнить ее из трех частей:

- прибора учета потребления, то есть счетчика воды VLF-15U (рис. 1), соответствующего действующим нормативно-техническим документам и имеющего паспорт;

- датчика расхода воды (рис. 2);

- системы автоматизированной регистрации и передачи собранных данных за определенный промежуток времени (программируемого микроконтроллера (рис. 3)).



Рис. 1. Счетчик воды VLF-15U



Рис. 2. Датчик расхода воды



Рис. 3. Программируемый микроконтроллер

Датчик, в силу своей чувствительности, позволяет системе реагировать на минимальные расходы воды в трубопроводе, возникающие даже при незначительном открытии водоразборного крана или иной водоразборной арматуры или оборудования. Минимальный учитываемый расход воды для данного датчика  $8.5 \cdot 10^{-3}$  л/с, что составляет 3.8 – 9.3 % от расчетного расхода воды наиболее часто встречающимися санитарно-техническими приборами (от 0.09 л/с умывальником со смесителем до 0.22 л/с ванной с водогрейной колонкой в соответствии с СП 30.13330.2020 [16]) и 6 % от максимального фактического расхода воды кухонным смесителем (0.138 л/с по результатам измерений). Принимая во внимание, что использование в бытовых целях расхода воды менее  $8.5 \cdot 10^{-3}$  л/с очень маловероятно, а также то, что такие маленькие расходы практически не оказывают влияния на подбор диаметра трубопровода, автором было принято решение пренебречь ими в силу нецелесообразности усложнения системы для обеспечения возможности их учета.

В качестве системы автоматизированной регистрации и передачи собранных данных было принято решение использовать программируемый микроконтроллер с открытым исходным кодом. Программа для микроконтроллера была разработана на языке C++ по алгоритму, упрощенная блок-схема которого представлена на рис. 4.

Опрос микроконтроллером датчика расхода выполняется значительно чаще, чем поступают импульсы от датчика даже при максимально возможном измеряемом расходе воды в трубопроводе (при расходе равном максимальному пределу измерения для датчика). Это гарантирует, что ни один импульс не будет пропущен, а соответственно и расход будет учтен верно.

Прибор учета водопотребления, в связи с тем, что он является поверенным средством измерения и предоставляет возможность визуального считывания показаний в прямоугольных окошках табло, позволяет осуществлять визуальный контроль получаемых показаний, и таким образом избежать их недостоверности.

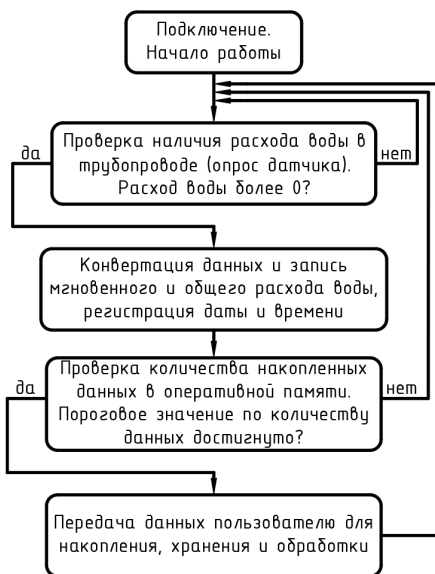


Рис. 4. Упрощенная блок-схема алгоритма работы системы автоматизированной регистрации и передачи собранных данных

Система измерения расходов была собрана и протестирована на одном водоразборном приборе – смесителе кухонной мойки. При этом установка системы выполнялась только на трубопроводе холодного водоснабжения. Данная система измерения расходов воды в трубопроводе позволяет получить достаточно точные и подробные данные для того, чтобы впоследствии можно было судить о режиме работы конкретных участков трубопровода.

Для примера, рассмотрим результаты измерения расхода воды в трубопроводе холодного водоснабжения, подающем воду к смесителю кухонной мойки, полученные за субботу, 19 ноября 2022 года, и обработанные при помощи программы Microsoft Excel. На рис. 5 представлен график почасового потребления воды в течение суток, а на рис. 6 – график максимальных значений секундных расходов воды в течение каждого часа.

На рис. 7 представлен график поминутного потребления воды в течение одного часа с 13:00 до 14:00. При этом периоды времени с 13:00 до 13:25 и с 13:53 до 13:59 исключены, поскольку расход воды

в трубопроводе в эти моменты отсутствовал. На рис. 8 представлен график максимальных значений секундных расходов воды в течение каждой минуты за один час с 13:00 до 14:00. Часть периодов времени, по аналогии с графиком, представленным на рис. 7, не показана.

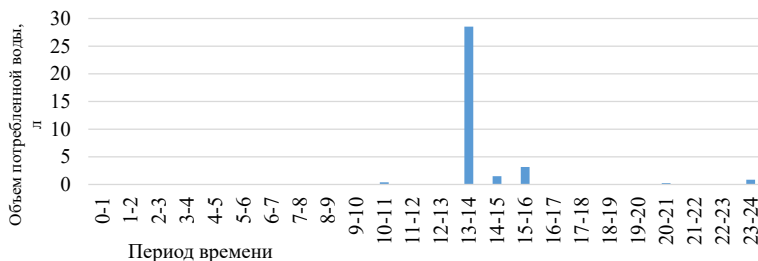


Рис. 5. График почасового водопотребления

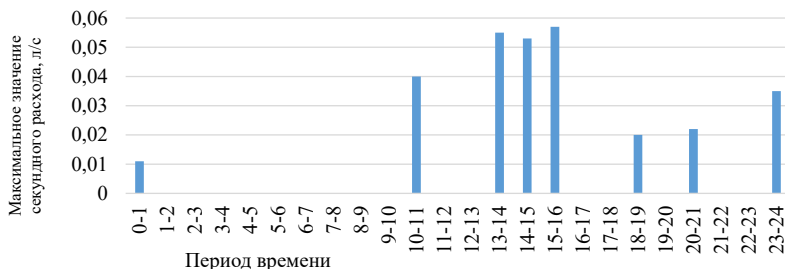


Рис. 6. График максимальных значений секундных расходов в течение каждого часа

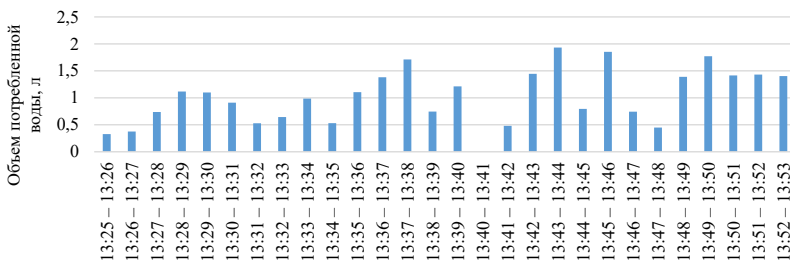


Рис. 7. График поминутного потребления воды в течение одного часа с 13:00 до 14:00



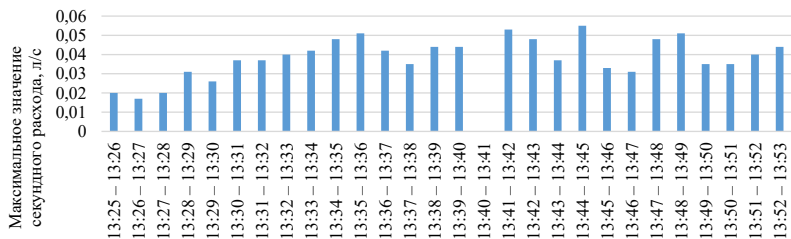


Рис. 8. График максимальных значений секундных расходов в течение каждой минуты в период времени с 13:00 до 14:00

На рис. 9 представлен график максимальных значений секундных расходов воды в течение каждой секунды с 13:44:00 до 13:44:59. Часть периода времени, по аналогии с графиками, представленными на рис. 7 и рис. 8, не показана.

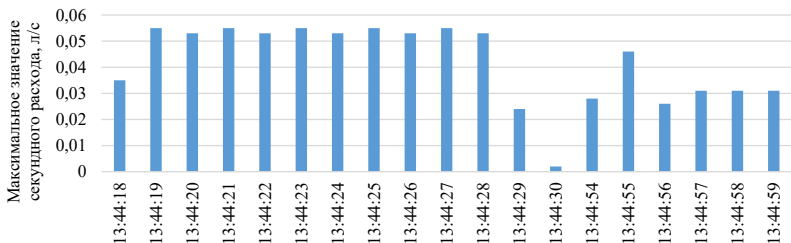


Рис. 9. График максимальных значений секундных расходов в течение каждой секунды с 13:44:00 до 13:44:59

Представленные графики наглядно демонстрируют, какие данные можно получать при помощи системы измерения расходов воды в трубопроводе. Кроме данных о расходе, система позволяет получать подробные данные о давлении и температуре воды в трубопроводе, которые могут быть использованы при изучении вопросов функционирования систем водоснабжения в части, например, работы арматуры при различном давлении, в том числе расходах воды при различном давлении, изменении давления в системе водоснабжения в зависимости от различных факторов, циркуляции воды в системах горячего водоснабжения и т.п.

Наглядность диаграмм и таблиц, полученных в программе Microsoft Excel, позволяет делать нужные выборки и обрабатывать большие объемы данных в достаточно короткие сроки, что несомненно снижает трудозатраты на их анализ. Но для получения общего представления о работе инженерных систем, формат их представления в виде схем с упрощенными графическими отображениями элементов и оборудования является наиболее удобным, а с развитием технологий информационного моделирования он стал еще более наглядным и понятным, даже для людей не имеющих непосредственного отношения к конкретной сфере деятельности и соответствующей квалификации в ней.

Интеграция инструментов, позволяющих быстро производить вычисления и представлять их результаты в виде графиков, с инструментами, дающими пользователю наглядное представление о режимах их работы (например, инструментами информационного моделирования с элементами программирования, такими, как Autodesk Revit, Renga), позволит сделать серьезный шаг в направлении изучения режимов работы инженерных систем, потокораспределения в трубопроводных системах и доступности полученных результатов для анализа, в том числе в режиме реального времени.

Наличие в программах, использующих технологии информационного моделирования, API (Application Programming Interface), позволяет реализовать для них дополнительные плагины, выполняющие целый ряд особых функций, которые само приложение без них выполнить не может. Они достаточно органично встраиваются в основную программную оболочку.

Как один из результатов работы разрабатываемого плагина, предусматривается вывод в область информационной модели сведений о результатах натурных исследований расходов воды в трубопроводной сети по конкретно заданному времени или временному интервалу с автоматическим суммированием расходов при соединении участков в узел. Данные при этом автоматически подгружаются из файла с расширением \*.csv, полученного в результате автоматизированного сбора данных системой измерения расходов, описанной ранее. Один из вариантов вывода результатов в наглядной форме представлен на рис. 10.

Таким образом в статье были рассмотрены вопросы анализа режимов работы внутренних водопроводных сетей, предложена и обоснована методика выполнения натурных измерений, представлен вариант комплекса приборов и оборудования, удовлетворяющих ряду обязательных требований. Также были представлены результаты, полученные при выполнении

натурных измерений и продемонстрирована возможность автоматизированной передачи и внедрения данных о процессах, происходящих в реальной системе водоснабжения, в ее информационную модель для выполнения анализа фактических параметров ее работы.

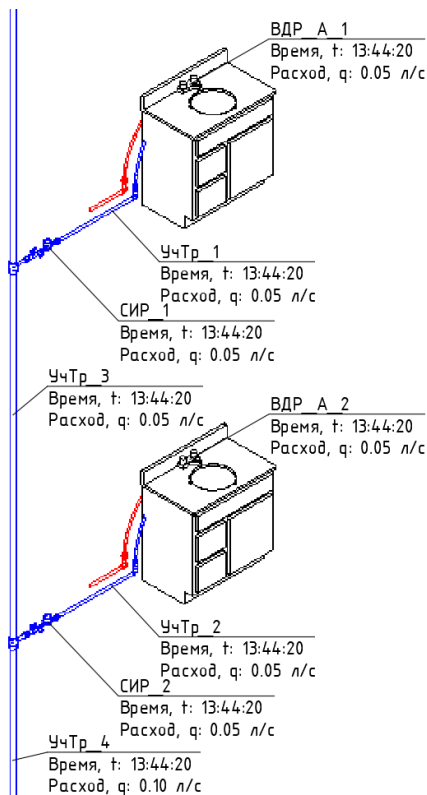


Рис. 10. Отображение результатов натурного измерения расхода воды в трубопроводе в BIM-модели системы водоснабжения

Работа проведена в рамках реализации проекта «Инновационная методика формирования цифровых профессиональных компетенций обучающихся и специалистов строительной отрасли» на базе Федеральной инновационной площадки ФГБОУ ВО СПбГАСУ.

### **Литература**

1. Постановление правительства Российской Федерации от 05.03.2021 года № 331 «Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства». 2021.
2. СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла». 2020.
3. Гаряева В.В. Автоматизация синхронизации в реальном времени данных BIM-модели здания на базе RFID технологии // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 5. С. 186–188. DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-5-186-188. EDN: XQCGFF.
4. Казаринов А.В., Куприяновский В.П., Талапов В.В. Международный опыт и тенденции развития технологии информационного моделирования применительно к жизненному циклу объектов железнодорожной инфраструктуры // International Journal of Open Information Technologies. 2020. Т. 8, № 12. С. 94–112. EDN: ADAOXK.
5. Бовтеев С.В. Практика применения 4D-моделирования в строительстве // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы IV Международной научно-практической конференции. Под общ. ред. А. А. Семенова. СПб: СПбГАСУ, 2021. С. 77–84. DOI: 10.23968/BIMAC.2021.009. EDN: YIPJZW.
6. Бородулина С.В., Кузнецова О.Г., Решетников М.К. BIM проектирование в России // Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование (ИУСМКМ-2020). Донецк: ДонНТУ, 2020. С. 155–164. EDN: UPAKJN.
7. Поливанов Д.Е. Разработка программного модуля в среде Dymaco для проверки правильности расстановки пожарных кранов внутри здания в Revit // Инженерные системы и городское хозяйство: Матер. IV Регион. научно-практ. конф. СПб: СПбГАСУ, 2022. С. 71–77. EDN: ПЛВОХ.
8. Поливанов Д.Е. Использование BIM-технологий при разработке систем пожаротушения зданий // Современные проблемы водоснабжения и водоотведения: Сб. матер. межвуз. научно-практ. конф. СПб: СПбГАСУ, 2022. С. 118–123. EDN: BNFMWX.
9. Поливанов Д.Е. Актуальность внедрения и развития BIM технологий и разработки дополнительного программного обеспечения // Интеллектуальные системы в аграрном и строительном комплексе. Орел: ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, 2022. С. 126–133.
10. Шопенский Л.А. Исследование режимов работы водопроводов жилых зданий: Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. М., 1968. 34 с.
11. Вантеева О.В. Вероятностные модели и методы анализа режимов функционирования трубопроводных систем: Дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. Иркутск, 2011.

12. Гутарова М.Ю. Нормирование водопотребления населением городов в условиях нестабильной подачи воды: Дисс. на соиск. уч. степ. канд. наук. Макеевка, 2017. 183 с.

13. Душин А.С. Совершенствование методов оценки и повышения надежности обеспечения потребителей водой в централизованных системах водоснабжения: Дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. М., 2022.

14. Карамбиров С.Н. Совершенствование методов расчета систем подачи и распределения воды в условиях многорежимности и неполной исходной информации: Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. доктора техн. наук. М., 2005.

15. ГОСТ Р 50193.1-92 «Измерение расхода воды в закрытых каналах. Счетчики холодной питьевой воды. Технические требования». 1992.

16. Свод правил СП 30.13330.2020 «Внутренний водопровод и канализация зданий». 2020.

**УДК 698+004.94**

**DOI: 10.23968/BIMAC.2023.013**

**Пушкарева Людмила Алексеевна**, канд. пед. наук, доцент  
(Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова)  
*E-mail: pgs\_kdp@mail.ru*

**Чибирева Дарья Алексеевна**, студент  
(Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова)  
*E-mail: chibirevadarya@yandex.ru*

Pushkareva Ludmila Alekseevna, PhD in Sci. Ped., Associate Professor  
(Kalashnikov Izhevsk State Technical University)  
Chibireva Daria Alekseevna, student  
(Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКРЫТИЙ ДЕТСКИХ ПЛОЩАДОК МНОГОКВАРТИРНОГО ДОМА В КОНТЕКСТЕ BIM-ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

### **RESEARCH OF COVERINGS OF PLAYGROUNDS OF AN APARTMENT BUILDING IN THE CONTEXT OF BIM-DESIGN**

В статье проведен анализ существующих покрытий детских площадок придомовой территории по предложенным критериям. Выбрано оптимальное покрытие детской площадки многоквартирного дома, представляющее собой комбинацию песка, естественного газона и резиновой крошки. В работе рассматривается возможность применения информационных технологий по проектированию покрытия детской площадки. В настоящее время существуют BIM-модели для формирования комплексных решений по обустройству покрытий площадок и тротуаров. Технология укладки покрытия детской площадки, в контексте BIM-проектирования, позволяет создавать различные варианты покрытий детских площадок со всевозможными типами моделей покрытия.

*Ключевые слова:* покрытие детской площадки, модели покрытий, игровая зона, естественный газон, резиновое покрытие, BIM-технологии.

The article discusses the existing coatings of playgrounds in the local area according to the proposed criteria. The optimal coverage of the playground of an apartment building was chosen which is a combination of sand, natural lawn and rubber crumb. The paper considers the possibility of using information technology to design the coverage of the playground. Currently, there are BIM-models for the formation of complex solutions for the arrangement of pavement sites and sidewalks. Playground pavement laying technology in the context of BIM design allows you to create various options for

playground pavement with all sorts of patterns using pavement models. The technology for laying the coverage of the playground, in the context of BIM design, allows you to create various options for coating of playgrounds with all kinds of coating models.

*Keywords:* playgrounds covering, floor models, play area, lawn, rubber cover, BIM-technology.

Строительная отрасль в настоящее время стремительно развивается, появляются новые строительные материалы, новые технологии возведения зданий и сооружений. При этом не стоит забывать о придомовой территории многоквартирного дома. Она не только обеспечивает доступ жильцов в собственное жилье, но и является местом досуга и безопасного времяпрепровождения как взрослых, так и детей. Особое внимание следует уделить детским площадкам на территории жилых комплексов.

Целью данного исследования является обзор существующих покрытий детских придомовых площадок и выбор наиболее приемлемого варианта на основе предложенных критериев в контексте BIM-проектирования.

Согласно ГОСТ Р 52169-2012 «Оборудование и покрытие детских игровых площадок» материалы, применяемые для детских игровых площадок должны исключить:

- негативное воздействие на здоровье ребенка и окружающую среду в процессе эксплуатации;
- полимерные легковоспламеняющиеся материалы;
- чрезвычайно опасные по токсичности продукты горения;
- недостаточно изученные материалы.

Положительный экономический эффект гарантируется применением полноценной и повсеместной технологии информационного моделирования [1]. В настоящее время на помощь проектировщикам приходят различные программы BIM-моделирования: архитектурно-строительные (такие как Revit, ArchiCAD и др.) [2], программные комплексы для расчета конструкций (ЛИРА-САПР, Мономах и др.), программы раздела безопасности жизнедеятельности (СИТИС: Флоутек, Токси и др.) и другие. Не составляют исключение и BIM-программы по работе с объектами ландшафтной архитектуры, инсоляцией и программы по работе с материалами покрытий детских площадок (ArchiCAD, Revit и др.).

Согласно обзору литературы [3], материалы покрытия детских площадок можно поделить на сыпучие и цельные.

К сыпучим относятся: гравий, песок, древесная стружка и кора, к цельным же – сплошные, рулонные, модульные полотна на основе каучука, резины или пластика, природный и искусственный газон. Древесная стружка, гравий и искусственный газон по гигиеническим и эстетическим

параметрам не востребованы при обустройстве придомовой территории [4], а песок, естественный газон и резиновое покрытие экономически выгодны и эстетичны для восприятия.

Согласно исследованию источников [2, 3], по данной теме выделены следующие критерии для определения наиболее пригодного, безопасного и экономически выгодного покрытия детских площадок, по которым выбранные материалы будут оцениваться:

- гигиеничность – соответствие покрытия требованию не оказывать отрицательного влияния на здоровье человека;
- травмоопасность – состояние, характеризующееся повышенным риском получения травм;
- экологичность – качество, отражающее его способность не наносить вреда окружающей природе;
- минимальная толщина покрытия;
- стоимость, м<sup>3</sup>;
- возможность применения ВМ-технологий для проектирования детских площадок из различных материалов.

Сравнительная характеристика покрытий по вышеуказанным параметрам приведена в таблице.

**Сравнительная характеристика покрытий детских площадок**

Критерии	Песок	Естественный газон	Резина/каучук
Гигиеничность	Плохая. Покрытие поглощает предметы и вещества, не всегда полезные для здоровья	Хорошая. Верхнее покрытие представляет собой травяной покров, который самоочищается во время дождя	Отличная. Ровное покрытие позволяет легко очистить поверхность для игр, а влага хорошо впитывается в пустоты между крошкой.
Травмоопасность	Низкая. Сцепление с покрытием низкое, а амортизационные свойства высокие.	Средняя. Амортизационные свойства и сцепление с поверхностью достаточно высокие в сухую погоду	Средняя. Поверхность достаточно жесткая. Сцепление с поверхностью достаточно высокое



Окончание таблицы

Критерии	Песок	Естественный газон	Резина/каучук
Экологичность	Высокая. Материал природный	Высокая. Материал природный	Низкая. Изготовление промышленным способом, долго разлагается
Минимальная толщина покрытия	20 – 30 см, с постепенной подсыпкой при истощении	Не нормировано	При возможностях падения с 2 метров минимальная толщина должна быть 11 см
Стоимость	Минимальная 550 руб./м <sup>3</sup> (карьерный) Максимальная 5 900 руб./м <sup>3</sup> (кварцевый)	Минимальная 145 руб./м <sup>2</sup> (стандартный) Максимальная 155 руб./м <sup>2</sup> (премиум)	Минимальная 300 руб./м <sup>2</sup> Максимальная 1000 руб./м <sup>2</sup>
ВМ-моделирование	Нерационально. Сложный процесс формирования проекта ландшафта в ВМ-программе [5]	Возможно, но ВМ-информация плохо доступна для компонентов ландшафта [5]	Целесообразно. Существуют разработки системных семейств 3D-фигур животных и 3D-мафов геометрических фигур для проектного моделирования

Из таблицы видно, что варианты проектных решений по покрытию детских площадок таким материалом, как резина целесообразней проводить с использованием ВМ-моделирования. Одним из разработчиков библиотек ВМ-моделей резиновых покрытий в России является компания «Алегррия» – официальный дистрибьютор немецкого завода Kraiburg relattec. Технический обзор ВМ-библиотек можно посмотреть на сайте компании. Существуют разработки системных семейств 3D-мафов геометрических фигур для проектного моделирования детских площадок,

совместимых с программным комплексом Autodesk Revit. Возможно изменение составов элементов конструкции с помощью определенных вкладок указанного выше программного комплекса. Через библиотеки осуществляется выбор материала покрытия. Все семейства доступны и в формате \*.RFA для проектирования. В каталоге есть библиотека материалов «bibliotekamaterialov\_alegriya.adsklib». Цвет, структура и материал каждого типа предложенных моделей определенного вида конструкции может отличаться. Возможно использование около 30 видов текстур.

В настоящее время применяется комбинирование покрытий и деление игровой площадки на функциональные зоны. Так, например, в зоне игрового оборудования делают резиновое покрытие, смягчающее часть ударов, которые получают дети во время своих подвижных игр. Изменение стандартного вида детской площадки и зон для отдыха взрослых достигается за счёт покрытия из естественного газона. При помощи ВМ-технологий можно визуализировать предложенный вариант проекта, например, в программе Revit, разработанный архитектурным бюро «ВЕЩЬ!» (г. Пенза) для ЖК «Олимп» (см. рис.).



Пример визуализации детской площадки для МКД в Revit:

1 – зона для отдыха взрослого населения; 2 – зона для детей старшего возраста; 3 – беседка-пергола малая; 4 – геопластика и амфитеатр; 5 – зона для детей младшего возраста; 6 – трибуны с навесом; 7 – многофункциональное спортивное поле; 8 – зона воркаута; 9 – зона с тренажерами; 10 – пергола; 11 – зона для детей старшего возраста

Таким образом, в статье проведен анализ ряда существующих покрытий детских площадок придомовой территории многоквартирного

дома. По предложенным критериям выбран наиболее приемлемый вид покрытия – комбинирование 3-х видов, а именно песка, естественного газона и резиновой крошки, с целью использования на детской площадке придомовой территории многоквартирного дома в контексте применения BIM-технологий, расширяющих возможность визуализации проектирования придомовой детской площадки.

### **Литература**

1. Олин К.В., Пушкарев И.А. Особенности внедрения технологий информационного моделирования в отечественном строительном проектировании // Экономическое развитие России: точка баланса в мировой экосистеме и инфраструктура будущего: Матер. Междунар. научно-практ. конф. Под ред. И.В. Шевченко. Краснодар: КубГУ, 2022. С. 168–172.
2. Елисеев Н.А., Елисеева Н.Н., Параскевопуло Е.Н. Адаптация оформления архитектурно-строительных чертежей в программе Revit к требованиям стандартов системы проектной документации строительства // Системы автоматизированного проектирования на транспорте: матер. IX Междунар. научно-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. СПб.: ПГУПС, 2021. С. 54–57. EDN: ISJOEN.
3. Колчин В.Н. Применение BIM-технологий в строительстве и проектировании // Инновации и инвестиции. 2019. № 2. С. 209–214. EDN: NJLLFO.
4. Гришина А.С., Тумилович А.С. Анализ технологий устройства современных газонов и натуральных покрытий // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2021. Т. 2. С. 191–197. EDN: JTYBYV.
5. Кудин К.А., Жигунова О.А. К вопросу применения технологии BIM при проектировании спортивных площадок // Концепции современного образования: вопросы продуктивного взаимодействия наук в рамках технического прогресса: Сборник научных трудов. Казань: ООО «СитИвент», 2020. С. 380–383. EDN: AXDHCK.

**УДК 624.21**

**DOI:** 10.23968/ВІМАС.2023.014

**Ращепкин Артем Алексеевич**, канд. техн. наук, доцент  
(Сибирский государственный университет путей сообщения)  
*E-mail:* artemrash@ya.ru, *ORCID:* 0000-0001-8721-0147

**Кокоева Елена Солтановна**, аспирант-стажер  
(Сибирский государственный университет путей сообщения)  
*E-mail:* lena.kokoeva.91@mail.ru

Raschepkin Artem Alekseevich, PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Siberian Transport University)  
Kokoeva Elena Soltanovna, postgraduate student  
(Siberian Transport University)

## **НАЗНАЧЕНИЕ СОСТАВА АТРИБУТОВ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ЭКСПЕРТИЗЫ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ**

### **ASSIGNMENT OF THE COMPOSITION OF THE ATTRIBUTES OF THE DIGITAL INFORMATION MODEL FOR THE EXPERTISE OF AUTOMOBILE BRIDGES**

Работа посвящена определению состава атрибутивной информации для элементов цифровых информационных моделей (ЦИМ) при осуществлении экспертизы проектов автодорожных мостов. Выполнен сбор и анализ требований, необходимых для экспертной оценки. Предложены конкретные рекомендации для проектировки модели, которые предоставляют эксперту требуемую информацию для проверки мостового сооружения. В работе также представлено соответствие элементов мостового сооружения классам формата IFC, предложено расширение этого формата.

*Ключевые слова:* цифровая информационная модель, мост, атрибут, экспертиза, классы IFC.

This work is about the composition of attribute information for elements of digital information models in the implementation of the expert appraisal of road bridge projects. The collection and analysis of the requirements necessary for expert evaluation has been carried out. Specific recommendations are proposed for the model design that provides the expert with the required information for the quality of the project. The paper also presents the correspondence of the elements of the bridge structure to the classes of the IFC format, an extension of this format is proposed.

*Keywords:* bridge information model, bridge, attribute, expert appraisal, IFC classes.

Цифровая информационная модель (ЦИМ) является базой данных конкретного сооружения, что позволяет эффективно решать множество задач проектирования, прохождения экспертизы, строительства и эксплуатации объекта. Стадия экспертизы является наиболее ответственной и ключевой, поскольку подтверждает правильность и соответствие принятых проектных решений требованиям действующих норм.

Для проверки проектных решений цифровых информационных моделей (ЦИМ) строительных объектов конкретные экспертизы выпускают соответствующие требования к ним [1–3]. Экспертная проверка ЦИМ состоит в соотношении форматов данных и наполненности модели свойствами с требованиями нормативных, методических документов и технического задания. Обзор документов [1–3] свидетельствует об отсутствии конкретных требований для мостовых сооружений – состав атрибутивных сведений для их элементов никак не контролируется. Атрибут – это существенные свойства элемента цифровой модели, определяющие его геометрию или характеристики, представленные с помощью алфавитно-цифровых символов.

Цель исследования – определить состав атрибутивной информации для элементов цифровой информационной модели, необходимый для проведения экспертизы автодорожного мостового сооружения.

Квалификация эксперта требует тщательной и всесторонней оценки, знаний нормативной и методической базы, внимания к деталям. На помощь эксперту приходят средства автоматизации, способные указать на сомнительные или конфликтные места в цифровой модели (Autodesk Navisworks Manage, Solibri Office, Pilot-BIM и др.). Эти инструменты осуществляют проверки по правилам, которые разрабатываются экспертом. Логика каждого правила подчинена конкретному нормативному требованию (например, габарит проезжей части не должен быть менее требуемого) или требованию здравого смысла (3D-тела в модели не должны пересекаться друг с другом). Данная работа посвящена выделению атрибутов для проверок по правилам.

Для решения поставленной цели необходимо проанализировать действующие регламенты к разработке ЦИМ, выполнить анализ требований норм на проектирование и сформулировать необходимые атрибуты типов данных, внесение которых способствует автоматизации процессов.

Основные нормативные и методические документы для наполнения атрибутами ЦИМ представлены в [1–4]. Ни один из этих документов не описывает требований для автодорожных мостовых сооружений. По аналогии с документом [2], который содержит обязательные атрибуты,

описываемых типов элементов ЦИМ автомобильной дороги, определим атрибутивную информацию и для элементов автодорожных мостов. Существующие требования [1] и исследования [5] описывают состав атрибутивной информации ЦИМ дорог. Часть этих общих требований может быть применима также и к мостовым сооружениям, поэтому следует сосредоточиться на специфике мостов. Зарубежные стандарты [6] можно рассматривать, но с практической точки зрения они далеки от нормативной базы РФ. Большинство требований, представленных в отечественных нормах на проектирование мостов [7–8], можно проверить по геометрии ЦИМ, но некоторые существенные свойства должны быть отражены в атрибутах элементов модели. Необходимость и достаточность метаданных атрибутов обусловлены требуемой информативностью проектной документации, имеющейся на чертежах. Только так можно полностью заменить «бумажную» документацию и обеспечить автоматизацию проверок ЦИМ.

Полный перечень проверяемых экспертом параметров весьма широк, лишь принципиальные из них приведены в табл. 1.

*Таблица 1*

**Примеры проверяемых экспертом параметров мостовых сооружений**

Проверяемый параметр	Влияющий параметр
Габарит проезда, ширина полос безопасности	Категория дороги
Ширина тротуаров и служебных проходов, высота перильного ограждения	Требования норм [7]
Высота подмостового габарита для путепроводов	Требования норм [7]
Группа дорожных условий	Минимальный радиус, максимальный уклон участка дороги; наличие тротуаров, требования [8]
Удерживающая способность и высота ограждений безопасности на мосту и подходах, длина ограждений безопасности на подходах	Группа дорожных условий, требования [8]

Окончание табл. 1

Проверяемый параметр	Влияющий параметр
Длина переходных плит	Высота насыпи, категория дороги, тип грунта насыпи
Допускаемые перемещения опорных частей, деформационных швов	Величина температурного пролета, расчетная разность температур
Поперечная схема балок типовых пролетных строений, состав одежды и толщина ездового полотна	Соответствие типовому проекту конструкции (конструкции повторного применения)
Диаметр арматуры, расстояние между арматурными стержнями, защитный слой бетона, расположение анкеров, радиусы перегибов предварительно напряженной арматуры и т.д.	Требования норм [7]
Наибольшая и наименьшая толщина проката элементов металлоконструкций, соотношение ширины к толщине листов	Требования норм [7]
Расстояние между центрами болтов, расстояние от центра болта до края элемента в болтовом поле, число и длина высокопрочных болтов	Требования норм [7]
Применяемые материалы	Требования норм [7]

Организационно важно, чтобы тип элемента ЦИМ соответствовал верному классу IFC (Industry Foundation Classes). Выполнение этого требования позволяет корректно организовать автоматизированную проверку данных. В табл. 2 приведено соответствие типов элементов модели моста классам IFC. Не всем элементам мостовых сооружений можно сопоставить конкретный класс IFC. Элементом мостовых сооружений, отсутствующих среди классов IFC, обычно присваивается класс `IfcBuildingElementProxy`, что искажает структуру данных. Исключить искажение предлагается расширением формата IFC, сведения о котором также приведены в табл. 2.

Таблица 2

Соответствие типов элементов ЦИМ мостового сооружения классам объектов IFC 4.3 и предлагаемым классам расширения

Элементы, имеющие соответствие в IFC 4.3	Класс IFC 4.3	Элементы, не имеющие соответствия в IFC 4.3	Класс расширения формата IFC
Мостовое сооружение	IfcBridge	Пролетное строение	IfcSuperstructure
Балка, ригель (насадка) опоры	IfcBeam	Мостовое полотно	IfcBridgeBed
Опора	IfcFooting	Проезд мостового полотна	IfcBridgeBedPassage
Фундамент, ростверк	IfcDeepFoundation	Деформационный шов	IfcDeformationalJoint
Свайный элемент	IfcPile	Эксплуатационные обустройства	IfcMaintenance
Опускное сооружение	IfcCaissonFoundation	Регуляционные сооружения	IfcWaterGovern
Одежда мостового полотна	IfcPavement	Удерживающие конструкции	IfcRetaining
Опорные части	IfcBearing	Укрепления откосов и русла	IfcFortification
Водоотвод	IfcDrain	Подход к мосту	IfcBridgeSide



Ограждение безопасности	IfcRail: GUARDRAIL	Пересекаемое препятствие	IfcObstacle
Перильное ограждение	IfcRailing	Конструкции проезжей части	IfcBridgeDeck
Проезжая часть/полоса без-опасности	IfcRoadPartTypeEnum: CARRIAGEWAY/ LAYBY	–	–
Полоса движения	IfcRoadPartTypeEnum: TRAFFICLANE	–	–
Пешеходный сход	IfcStair	–	–
Коммуникации	IfcRelServicesBuildings	–	–
Зеленые насаждения	IfcPlant	–	–

Все элементы должны обладать существенными сведениями для экспертизы. Выполненный анализ норм позволил обобщить и выявить существенные свойства элементов, которые позволяют проверить ЦИМ моста на предмет соответствия его правилам.

Полный перечень требуемых атрибутов весьма широк. В табл. 3 приведены принципиально значимые атрибуты для проезда мостового полотна, деформационных швов, ограждений безопасности, опорных частей и тротуаров. В таблице опущены общие атрибуты, характерные для элементов любых строительных конструкций (габаритные размеры, материал, изготовитель, вес, стоимость и др.) Содержание таблицы аналогично содержанию таблиц приложения Д [4] и может быть использовано для разработки соответствующих правил для мостов.

Таблица 3

**Атрибуты элементов мостового сооружения**

Проезд мостового полотна	Деформационный шов	Ограждение безопасности	Опорные части	Тротуар
<ul style="list-style-type: none"> <li>– ширина;</li> <li>– тип и толщина одежды;</li> <li>– тип покрытия;</li> <li>– тип гидроизоляции</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– тип шва;</li> <li>– число и размеры модулей;</li> <li>– материал;</li> <li>–допускаемые перемещения</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– положение ограждения на проезде;</li> <li>– тип конструкции и по назначению;</li> <li>– ширина;</li> <li>– высота;</li> <li>– энергоемкость;</li> <li>– шаг стоек;</li> <li>– маркировка</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– тип узла опирания;</li> <li>– положение;</li> <li>– тип конструкции;</li> <li>– допускаемые перемещения и вертикальная нагрузка;</li> <li>– проект конструкции;</li> <li>– маркировка</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– положение тротуара;</li> <li>– тип конструкции тротуара;</li> <li>– ширина тротуара;</li> <li>– материал настила;</li> <li>– тип перильного ограждения</li> </ul>

В результате проведенной работы на данном этапе исследования были проанализированы действующие нормативные требования, используемые для экспертизы, и определен набор атрибутивной информации для элементов цифровой модели моста. Использование данной информации поможет в составлении нормативной и методической документации в сфере информационного моделирования мостовых сооружений, что увеличит эффективность экспертизы.

### **Литература**

1. Требования к информационным моделям автомобильных дорог для прохождения экспертизы / Московская государственная экспертиза. – Изд. офиц. – М., 2021. 48 с.
2. Общие требования к цифровым моделям зданий для прохождения экспертизы при использовании технологии информационного моделирования / Московская государственная экспертиза. – Изд. офиц. – М., 2019. 32 с.
3. Требования к цифровым информационным моделям объектов капитального строительства, представляемым для проведения экспертизы. – СПб., 2020. 182 с.
4. СП 333.1325800.2017. Информационное моделирование в строительстве: свод правил / Минстрой России. – Изд. офиц. – М., 2017. 195 с.
5. Сарычев Д.С., Скворцов А.В. Элементы моделей автомобильных дорог и уровни проработки как основа требований к информационным моделям // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 30–36. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.4. EDN: TWONXX.
6. IFC Bridge. URL: <https://www.buildingsmart.org/standards/rooms/infrastructure/ifc-bridge/> (дата обращения: 27.02.2023).
7. СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84\* Мосты и трубы. – Изд. офиц. – М., 2011. 350 с.
8. ГОСТ Р 52289-2019. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств. – Изд. офиц. – М., 2017. 134 с.

**УДК 624.21**

**DOI:** 10.23968/ВМАС.2023.015

**Рашепкин Артем Алексеевич**, канд. техн. наук, доцент  
(Сибирский государственный университет путей сообщения)  
*E-mail:* artemrash@ya.ru, *ORCID:* 0000-0001-8721-0147

**Попова Анна Викторовна**, студент  
(Сибирский государственный университет путей сообщения)  
*E-mail:* ppvna680@gmail.com

**Чусовитина Юлия Ильинична**, студент  
(Сибирский государственный университет путей сообщения)  
*E-mail:* juliachuso@yandex.ru

Raschepkin Artem Alekseevich, PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Siberian Transport University)  
Popova Anna Viktorovna, student  
(Siberian Transport University)  
Chusovitina Yulia Ilyinichna, student  
(Siberian Transport University)

## **К ОПРЕДЕЛЕНИЮ АТТРИБУТОВ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ**

### **TO THE DETERMINATION OF THE MANDATORY ATTRIBUTES OF A BRIDGE INFORMATION MODEL FOR MAINTAINED STAGE**

Работа посвящена определению состава атрибутивной информации для элементов цифровых информационных моделей эксплуатируемых мостов. Выполнен сбор и анализ требований, необходимых на стадии эксплуатации. Предложены конкретные рекомендации для разработки модели, которые предоставляют информацию о мостовом сооружении. Эта информация используется на стадии эксплуатации при планировании нормативных и ремонтных работ. Поддержание сведений о дефектах в актуальном состоянии позволяет определять оценку технического состояния.

*Ключевые слова:* цифровая информационная модель, мост, атрибут, стадия эксплуатации, дефект.

The paper is devoted to determining the composition of attribute information for elements of digital information models of operational bridges. The collection and analysis of requirements necessary during the operation stage were carried out. Specific recommendations for model development were proposed, which provide information

about the bridge structure. This information is used during the operational stage in planning normative and repair work. Maintaining up-to-date defect information allows for assessing the technical condition.

*Keywords:* Bridge information model, bridge, attribute, maintenance stage, defect.

Цифровая информационная модель (ЦИМ) является эффективной базой данных о конкретном сооружении, которая позволяет решать множество задач проектирования, прохождения экспертизы, строительства и эксплуатации объекта. Актуальность исследования состоит в обеспечении непрерывного информационного моделирования мостового сооружения от стадии проектирования к стадии эксплуатации.

Цель исследования – определить набор атрибутивной информации для элементов цифровой информационной модели автодорожного мостового сооружения, необходимый на стадии его эксплуатации. Для достижения цели необходимо выполнить обзор и систематизацию задач эксплуатации и нормативных требований, выполнить анализ существующих автоматизированных систем управления содержанием и метаданных содержащихся в них сведений.

Цель содержания мостового сооружения – обеспечение непрерывной безопасной эксплуатации и технически исправного состояния. Задачи эксплуатации мостов определены нормативными требованиями [1]:

- обеспечение бесперебойной, безотказной работы конструкции мостового сооружения, а также непрерывного и безопасного движения в зависимости от расчетных нагрузок и скоростей движения;
- обеспечение расчетного срока службы сооружения;
- своевременное обнаружение дефектов и ремонт, эффективное содержание конструкции с минимальными затратами;
- усовершенствование эксплуатационного состояния с учетом реальной интенсивности движения и массы транспортных средств.

Задачи эксплуатации решаются за счет осуществления надзора [2, 3], выполнения работ нормативного содержания [4, 5] и ремонтных работ. В ходе исследования выполнен анализ номенклатуры этих мероприятий в контексте информационного моделирования. В частности, выполнен анализ состава работ нормативного содержания [6] и сформулированы атрибуты ЦИМ, необходимые для вычисления объемов работ.

Задачи эксплуатации мостовых сооружений на протяжении многих лет успешно решают с помощью автоматизированных систем управления [7–9]. Реляционные базы данных этих систем представляют собой ЦИМ, которая хранит специфическую информацию о сооружении и представляют большую ценность. Однако структура данных не соответствует

современным требованиям [10, 11], является фрагментированной и изолированной, что нарушает сквозной обмен информацией на протяжении жизненного цикла сооружения. С аналогичной проблемой сталкиваются в КНР при эксплуатации мостов Chinese Bridge Management System (СМБС) [12]. В дополнении приложения Д [10] необходимо определить атрибутивную информацию элементов автодорожных мостов для стадии эксплуатации, которая соответствует уровню проработки «С».

Таким образом, атрибуты элементов ЦИМ определяются в ходе анализа нормативной литературы [2–6] и метаинформации базы данных [8]. Исключены наиболее общие сведения, для которых имеются требования [10], исключены данные, которые дублируются геометрическим представлением, и, напротив, внесены специфические требования, характерные для мостовых сооружений (например, для паспорта моста) [3].

Полный перечень атрибутивной информации обширен, поэтому для примера в таблице приведены принципиально значимые атрибуты для некоторых элементов ЦИМ.

Из таблицы исключены общие атрибуты, характерные для элементов всех строительных конструкций (габаритные размеры, материал, изготовитель, стоимость, вес и др.) Содержание таблицы аналогично содержанию таблиц приложения Д [10] и может быть использовано для разработки соответствующих правил для мостов.

Задачи эксплуатации сооружения подразумевают оценку их технического состояния, которая основывается на информации о дефектах. Структура данных о дефектах, представленная в базе АБДМ [8], может быть адаптирована в требования к информационным моделям. Иерархически дефект должен быть привязан к конкретной конструкции и к конкретному ее элементу. Описание дефекта в АБДМ имеет следующую структуру. Дефект имеет название (выбирается из справочника), категорию по безопасности, долговечности, ремонтпригодности, признак влияния на грузоподъемность, дату обнаружения и дату устранения. Дефект может обладать одной или несколькими степенями развития. Каждая степень развития характеризуется локализацией, описанием, видом и объемом прямой ремонтной работы, а также фотоизображением. На рисунке приведена форма для описания дефекта в программе АБДМ.

В результате проведенной работы на данном этапе исследования проанализированы действующие нормы, структура базы данных АБДМ и определен набор атрибутивной информации для элементов цифровой модели моста. Использование данной информации поможет в составлении нормативной документации по цифровому моделированию сооружений.

### Атрибуты элементов ЦИМ

Автомобильный мостовой переход	Мостовое полотно	Ограждения безопасности	Пролетное строение (ПС)
<ul style="list-style-type: none"> <li>– продольная схема;</li> <li>– полная длина;</li> <li>– подмостовой габарит;</li> <li>– положение в плане;</li> <li>– положение в профиле;</li> <li>– угол косины;</li> <li>– количество полос движения;</li> <li>– габарит проезда по высоте;</li> <li>– проектные нагрузки;</li> <li>– допустимые классы и масса эталонной нагрузки</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– номер ПС;</li> <li>– тип одежды ездового полотна;</li> <li>– толщина одежды ездового полотна;</li> <li>– тип гидроизоляции;</li> <li>– число очищаемых от снега и грязи водоотводных трубок;</li> <li>– описание тротуаров, ограждений безопасности, перильного ограждения</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– положение ограждения на проезде;</li> <li>– тип конструкции и по назначению;</li> <li>– ширина, высота;</li> <li>– энергоёмкость;</li> <li>– шаг стоек;</li> <li>– маркировка;</li> <li>– протяженность покрытия под ограждениями, подлежащая очистке от грязи;</li> <li>– площадь зон под ограждениями, подлежащая очистке от снега;</li> <li>– площадь горизонтальных поверхностей, подлежащая очистке от грязи и снега;</li> <li>– площадь ограждений, подлежащая окраске</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– номер ПС и плиты;</li> <li>– статическая система;</li> <li>– тип основных несущих конструкций;</li> <li>– тип конструкции проезжей части;</li> <li>– уровень движения;</li> <li>– проект конструкции;</li> <li>– расчетная нагрузка;</li> <li>– год изготовления и установки;</li> <li>– продольная и поперечная схема ПС;</li> <li>– способ поперечного объединения;</li> <li>– тип продольного объединения;</li> <li>– площадь очистки.</li> </ul>

Окончание табл. 1

Перильное ограждение	Узлы опирания	Опора	Тротуар (служебный проход)
<ul style="list-style-type: none"> <li>– тип, перильного ограждения;</li> <li>– протяженность ограждения, подлежащая очистке от грязи и снега;</li> <li>– протяженность ограждения, подлежащая окраске;</li> <li>– площадь горизонтальных поверхностей под ограждениями, подлежащая очистке от грязи и снега</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– тип узла опирания;</li> <li>– положение;</li> <li>– тип конструкции;</li> <li>– допускаемые перемещения и вертикальная нагрузка;</li> <li>– проект конструкции;</li> <li>– маркировка;</li> <li>– площадь поверхностей, подлежащая очистке</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– номер и тип;</li> <li>– проект конструкции;</li> <li>– конструкция тела опоры;</li> <li>– тип облицовки;</li> <li>– тип сечения стоечного элемента;</li> <li>– тип отловка;</li> <li>– тип фундаментной части;</li> <li>– глубина заложения фундамента;</li> <li>– тип и класс грунта основания;</li> <li>– площадь очистки верхних горизонтальных площадок опоры</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– положение тротуара;</li> <li>– тип конструкции тротуара;</li> <li>– ширина тротуара;</li> <li>– материал настила;</li> <li>– площадь, подлежащая очистке от грязи и снега;</li> <li>– площадь покрытия противополедежными материалами</li> </ul>



№	Конструкция	Элемент в конструкции	Название дефекта	Б	Д	Р	Г	Даты	Пользователь
38 (Ф)	Опора №3	Железобетонная насадка (ригель)	Трещины технологические вне зоны напряженной арматуры	0	1	2	нет	02.08.2018 / нет	
эл. (А)	Последняя ступень №1	Главная машина очистителя	Железобетонные				шт.	02.08.2018 /	
Степень развития. Определяющие параметры <input checked="" type="checkbox"/> Состояние дефекта от 02.08.2018 (ф) Раскрытие (мм)									
				Значение		Б	Д	Р	Г
						0	1	2	дв/нет
				0,500		0	1	2	дв/нет
Дополнительные характеристики дефекта									
Локализация									
Левая консоль, на нижней грани ригеля									
Дополнительная информация									
Продольная трещина									
Характеристика дефекта по ремонтпригодности									
Прямая ремонтная работа									
Герметизация трещин в бетонных конструкциях эластичным герметиком									
Объем ремонтной работы, м									
3,000									

Структура данных о дефекте для конструкций моста

### **Литература**

1. Методические рекомендации по содержанию мостовых сооружений на автомобильных дорогах. Приняты и введены в действие распоряжением Российского дорожного агентства от 30.08.99 г. № 7Р.
2. ОДН 218.017-2003. Руководство по оценке транспортно-эксплуатационного состояния мостовых конструкций. Изд. офиц. М.: ФГУП «Информавтодор», 2004. 88 с.
3. ГОСТ 33161-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению диагностики и паспортизации искусственных сооружений на автомобильных дорогах. Изд. офиц. М.: Стандартинформ, 2019. 18 с.
4. ГОСТ 33180-2014. Требования к уровню летнего содержания. Изд. офиц. М.: Стандартинформ, 2019. 15 с.
5. ГОСТ 33181-2014. Требования к уровню зимнего содержания. Изд. офиц. М.: Стандартинформ, 2019. 7 с.
6. ГЭСНс 81-06-01-2001. Государственные элементные сметные нормы на работы по содержанию автомобильных дорог общего пользования и мостовых сооружений на них. ГЭСНс-2001. Сборник № 1. Изд. офиц. М.: ФГУ ФЦС, 2008. 161 с.
7. Бокарев С.А., Абрамов А.Д., Яшнов А.Н. АСУ ИССО – гордость сибирского университета // Транспорт Российской Федерации. 2008. № 2. С. 20–23. EDN: JVXYGL.
8. Рыбалов Ю.В. Автоматизированная информационно-аналитическая система по искусственным сооружениям на автомобильных дорогах // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 126–135. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.19. EDN: ULNWVR.
9. АИС ИССО-Н+ / Е.В. Картавых, Ю.В. Рыбалов, Ю.Н. Мурованный, А.А. Ращепкин, Л.Ю. Соловьев, А. Н. Яшнов // Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2019660302 от 05 августа 2019 г. № 2019612864 – заявл. 15.03.2019; опубл. 05.08.2019.
10. СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла».
11. Московская государственная экспертиза. URL: [https://www.mos.ru/upload/documents/files/1115/03\\_TrebovaniyakCMKR\\_40.pdf](https://www.mos.ru/upload/documents/files/1115/03_TrebovaniyakCMKR_40.pdf) (дата обращения: 17.02.2023).
12. Wan C., Zhou Z., Li S., Ding Y., Xu Z., Yang Z., Xia Y., Yin F. Development of a Bridge Management System Based on the Building Information Modeling Technology // Sustainability. 2019. Vol. 11. P. 4583. DOI: 10.3390/su11174583.
13. СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84\* Мосты и трубы. Изд. офиц. М., 2011. 350 с.

УДК 004.021+004.942

DOI: 10.23968/ВІМАС.2023.016

**Рожков Александр Николаевич**, ассистент

(Российский университет дружбы народов, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)

*E-mail: rozhkovalex@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-0729-5644*

**Галишникова Вера Владимировна**, д-р техн. наук, профессор

(Российский университет дружбы народов, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)

*E-mail: galishnikova-vv@rudn.ru, ORCID: 0000-0003-2493-7255*

Rozhkov Aleksandr Nikolayevich, Assistant Lecturer

(RUDN University,

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University))

Galishnikova Vera Vladimirovna, Dr. Sci. Tech., Professor

(RUDN University,

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University))

## ПОСТРОЕНИЕ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ТАБЛИЦ ДЛЯ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ ЛИНЕЙНЫХ КОМПЛЕКСОВ

### CONSTRUCTION OF TOPOLOGICAL TABLES FOR DIGITAL MODELS OF LINEAR COMPLEXES

Следует признать, что внедрение отраслевых базовых классов IFC не достигло цели интероперабельности программных пакетов различных поставщиков. Целью работы является повышение интероперабельности путем явного и полного описания топологии и геометрии зданий в их цифровых моделях. Информационные системы зданий используют топологические таблицы для реализации перехода от двумерных линейных чертежей геометрии зданий к цифровым трехмерным моделям линейных комплексов. Исследуется эффективное построение топологических таблиц для законченных зданий. Представлен высокоэффективный алгоритм построения со сложностью  $O(n)$ , где  $n$  – количество ячеек. Примеры иллюстрируют, что эффективные алгоритмы позволяют заменить традиционное сосредоточение на топологии компонентов здания сосредоточением на топологии всего здания.

*Ключевые слова:* линейный комплекс, ячейка, топологическое моделирование, топологические таблицы, топология, соседство.

It is a widely held view that the goal of achieving interoperability of the software packages of various vendors by introducing the Industry Foundation Classes has not been reached. The aim of this research is to advance interoperability by making the description of the topology and the geometry of buildings in their digital models explicit

and complete. Building information systems use topological tables to implement the transition from two-dimensional line drawings of the geometry of buildings to digital three-dimensional models of linear complexes. The efficient construction of topological tables for complete buildings is investigated. A highly efficient construction algorithm with the complexity  $O(n)$  is presented, where  $n$  – number of cells. Examples illustrate that the efficient algorithms permit the replacement of the conventional focus on the topology of building components by a focus on the topology of the entire building.

*Keywords:* linear complex, cell, topological modeling, topological tables, topology, neighborhood.

Преобладающим подходом в строительной отрасли являются граничные представления компонентов здания и их сборка в модели с использованием отраслевых базовых классов (Industry Foundation Classes, IFC) [1]. При проектировании IFC руководствовались тем, чтобы цифровые модели были функционально совместимыми. Успешная реализация этого подхода способствовала бы независимому от поставщика автоматическому обмену информационными моделями зданий в цифровых сетях [2]. Так как поставленная разработчиками IFC задача функциональной совместимости не была достигнута, концепции и способ интерпретации цифровых моделей, основанных на IFC, являются предметом интенсивных текущих исследований [3–6].

Наиболее широко используемым подходом к моделированию геометрического твердого тела в IFC является Граничное Представление Boundary Representation (Brep) [1]. Соседство в твердых телах в модели IFC описывается косвенно с использованием классов, которые наследуются от `IfcObjectPlacement`. Каждое твердое тело в модели IFC имеет локальную систему координат, местоположение которой в модели указано в общей глобальной системе координат. Этот метод представляет собой геометрическую спецификацию соседства, которая может увеличить риск столкновения твердых тел или возникновения пустот между твердыми телами из-за неточностей (проблема приближенного представления вещественного числа в цифровых носителях и процессорах) в числовых атрибутах твердых тел особенно в координатах их узлов.

В данной работе показано, что весьма проблематичная геометрическая спецификация соседства в IFC может быть заменена на истинно топологическую спецификацию соседства: контакт топологических элементов описывается в топологических таблицах. Это пример замены неявной информации (пользователь IFC должен преобразовать геометрическое местоположение в топологическое соседство) на явную информацию (топологические таблицы явно называют элементы, с которыми указанный элемент находится в контакте).

Линейный чертеж на рис. 1 показывает план и сечение простого помещения. Чертежи содержат точную информацию об оригинале, такую как размеры компонентов здания и их проекции на плоскость чертежа. Информация называется явной, если она описана переменными, тогда как неявная информация должна быть получена из данных с помощью алгоритмов. Традиционно, здания планируются с помощью двумерных линейных чертежей. Содержимое типичного линейного чертежа ограничено подмножеством компонентов здания. Явной информации на чертеже недостаточно для создания мысленной трехмерной модели оригинала здания. Помимо этого, на чертежах присутствует неявная информация, которая будет способствовать появлению ошибок в инженерной практике, так как интерпретация чертежа для разных специалистов будет отличаться.

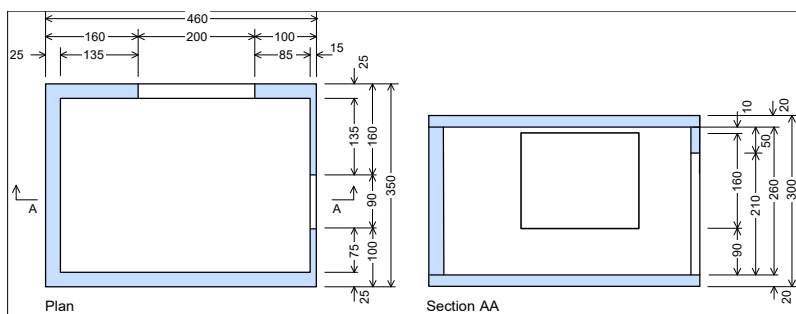


Рис. 1. Линейный чертеж, показывающий план и сечение помещения

В разработанной нами концепции двумерные линейные чертежи были заменены цифровыми трехмерными моделями с явной топологией и геометрией, в которой отображение является биективным.

Линейный комплекс на рис. 2 – это конфигурация, состоящая из узлов, ребер, граней и ячеек, называемых доменами комплекса: 1) узел – это одна точка, 2) ребро – это отрезок прямой линии, 3) грань – это плоская область, ограниченная по меньшей мере одной замкнутой многоугольной кривой, состоящей из ребер, 4) ячейка – это объем, ограниченный по меньшей мере одной замкнутой многогранной поверхностью, состоящей из граней. Ранг от 0 до 3, равный их размерности, присваивается узлам, ребрам, граням и ячейкам, соответственно, для создания иерархии.

Домен описывается своей границей. Граница домена ранга  $n$  состоит из доменов ранга  $n-1$ . Например, граница ячейки состоит из граней. Топология комплекса описывает отношения между его доменами. Комплекс, изображенный на рис. 2, описывается буквенно-цифровым способом в компьютерной модели. Каждому домену комплекса присваивается уникальное имя. Объекты типа узел собираются в словаре, используя имя узла в качестве ключа и три глобальные координаты узла в качестве значения записи. Комплекс содержит 4 типа доменов: узлы, ребра, грани и ячейки, один из которых помещается в первый столбец таблицы. Как только тип для первого столбца выбран, остаются три типа, один из которых вводится в другие столбцы. На рис. 3 показаны 12 типов топологических таблиц, расположенных в матричном виде. Запись  $T_{km}$  в матрице представляет собой множество доменов ранга  $k$ . Например,  $T_{13}$  – это таблица грань-ячейка, которая содержит ячейки комплекса, имеющие общее ребро. Диагональные элементы топологическими таблицами не являются.

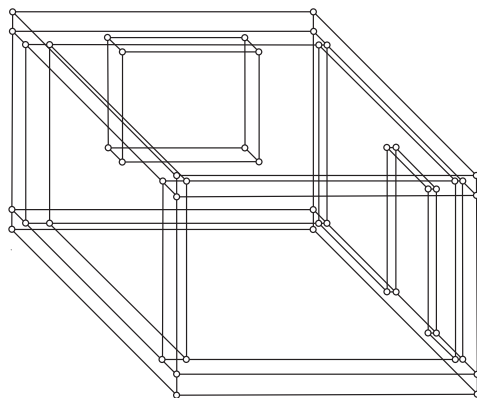


Рис. 2. Перспектива линейного комплекса для помещения из рис. 1

Топологические таблицы на рис. 3 не являются независимыми. Следует отметить, что таблицы ребро-узел, грань-ребро и ячейка-грань вместе полностью определяют топологию комплекса и называются базовыми таблицами. Из базовых топологических таблиц могут быть выведены остальные девять таблиц. Базовые топологические таблицы конструируются на основе словаря, чтобы ранг домена по ключу превышал ранг домена по значению на 1.

$T_{km}$		rank m , domain type			
		0 node	1 edge	2 face	3 cell
rank k, domain type	0 node	$T_{00}$	$T_{01}$	$T_{02}$	$T_{03}$
	1 edge	$T_{10}$	$T_{11}$	$T_{12}$	$T_{13}$
	2 face	$T_{20}$	$T_{21}$	$T_{22}$	$T_{23}$
	3 cell	$T_{30}$	$T_{31}$	$T_{32}$	$T_{33}$

Рис. 3. Матрица топологических таблиц  $T_{km}$  для линейных комплексов

Геометрия трехмерного линейного комплекса задается координатами его узлов, которые хранятся в таблице узлов. Контакт между доменами комплекса описан топологическими таблицами. На рис. 4 представлен линейный комплекс для единичного куба, доменам которого присваиваются уникальные имена:  $n_1 - n_8$  для узлов,  $e_1 - e_{12}$  для ребер,  $f_1 - f_6$  для граней и  $c_1$  для ячейки.

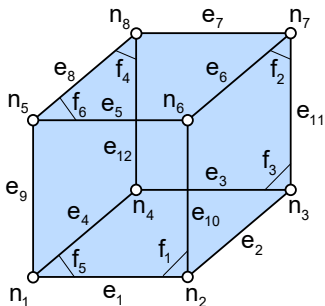


Рис. 4. Топологические домены единичного куба  $c_1$

Был разработан эффективный алгоритм для получения зависимых таблиц из указанных независимых таблиц. Поскольку любой объект класса Ребро (Edge), Грань (Face) или Ячейка (Cell) ссылается только

на объекты, описывающие домены следующего более низкого ранга, 12 таблиц могут быть построены в четырех вложенных циклах. Алгоритм, используемый для добавления элемента в словарь, автоматически подавляет множественные записи одного и того же объекта и включает в себя 4 цикла: 1) по ячейкам комплекса, 2) по граням ячейки, 3) по ребрам грани, 4) по узлам ребра.

Результатом работы алгоритма является набор топологических таблиц, часть которого представлена в таблице.

Сложность алгоритма построения таблицы определяется путем подсчета количества операций добавления для таблиц. Общее количество  $N_t$  операций добавления для построения топологических таблиц равно:

$$N_t = N_c N_f + 3N_c N_f N_e + 2 \times 5 \times N_c N_f N_e \approx 13N_c N_f N_e \approx \text{const} \times N_c,$$

где  $N_t$  – общее количество операций добавления,  $N_c$  – число ячеек в линейном комплексе,  $N_f$  – среднее число граней на ячейку,  $N_e$  – среднее число ребер на грань, число узлов на ребро равно 2.

Обычно среднее количество ячеек на грань  $N_f$  и среднее количество ребер на грань  $N_e$  не зависят от размера комплекса. Сложность алгоритма таким образом равна  $O(N_c)$ , что говорит о высокой эффективности алгоритма.

Если проанализировать сложность алгоритма построения топологических таблиц для IFC, то необходимо учесть, что в IFC топология явным образом не определена и преобразование геометрической спецификации соседства в топологическую спецификации соседства ложится на пользователя программного продукта, базирующегося на IFC классах. Поэтому можно утверждать, что сложность алгоритма построения топологических таблиц в IFC будет зависеть от качества преобразования геометрического соседства в топологическое соседство и также это будет являться неявной информацией. В нашем исследовании сложность алгоритма явным образом определена и зависит линейно от количества ячеек моделируемого объекта.

#### Ячейка-узел, Ячейка-ребро и Ячейка-грань: топологические таблицы

Ячейка	Узлы	Ребра	Грани
<i>c1</i>	<i>n1, n2, n3, n4, n5, n6, n7, n8</i>	<i>e1, e2, e3, e4, e5, e6, e7, e8, e9, e10, e11, e12</i>	<i>f1, f2, f3, f4, f5, f6</i>



Исследование показало, что топологические таблицы могут быть эффективно построены для линейных комплексов, представляющих целые здания. Таким образом, устраняется необходимость комбинировать индивидуальную топологию большого набора стандартизированных компонентов здания в модели. Сложность алгоритма линейна по количеству ячеек и, следовательно, эффективна.

Топологические таблицы не делают все свойства оригинала явными в модели, что является дальнейшим развитием данного исследования.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-57-12006.

#### **Литература**

1. Borrmann A., König M., Koch C., Beetz J. Building Information Modelling. Cham: Springer, 2018. 111 p. DOI: 10.1007/978-3-319-92862-3\_5.
2. Léon van Berlo, Krijnen T., Tauscher H., Liebich T. Future of the Industry Foundation Classes: towards IFC 5 // Proc. of the 38th International Conference of CIB W78, 2021. P. 123–137.
3. Huhnt W., Galishnikova V. Partitioning of space as basis for data structures to describe digital building models // Proc. of the 17th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, 2018. P. 42–49.
4. Huhnt W. Reconstruction of edges in digital building models // Advanced Engineering Informatics. 2018. Vol. 38. P. 474–487. DOI: 10.1016/j.aei.2018.08.004.
5. Huhnt W., Hartmann T., Suter G. Space classification from point clouds of indoor environments based on reconstructed topology // Advanced Computing Strategies for Engineering, 25th EG-ICE International Workshop. Smith I., Domer B., eds. Cham: Springer, 2018. P. 82–102. DOI: 10.1007/978-3-319-91635-4\_5.
6. Kraft B., Huhnt W. Geometrically Complete Building Models // Proc. of the 21th International Workshop of the European Group for Intelligent Computing in Engineering, 2014. P. 1–11.

**УДК 004.6**

**DOI:** 10.23968/BIMAC.2023.017

**Семенов Виталий Адольфович**, д-р физ.-мат. наук, профессор, зав. отделом  
(Институт системного программирования им. В. П. Иванникова РАН,  
Московский физико-технический институт)

*E-mail: sem@ispras.ru, ORCID: 0000-0002-8766-8454*

**Золотов Владислав Александрович**, канд. физ.-мат. наук,  
старший научный сотрудник

(Институт системного программирования им. В. П. Иванникова РАН)

*E-mail: vzolotov@ispras.ru, ORCID: 0000-0002-1988-6548*

**Рогачев Игорь Витальевич**, начальник центра компетенций по внедрению ТИМ  
(Открытое акционерное общество «РЖД»)

*E-mail: rogacheviv@center.rzd.ru, ORCID: 0009-0003-2751-3447*

Semenov Vitaly Adolfovich, Dr. Sci. Phys.-Math., Professor, Head of Department  
(Ivannikov Institute for System Programming of the Russian Academy of Sciences)  
Zolotov Vladislav Alexandrovich, PhD in Sci. Phys.-Math., Senior Research Worker  
(Ivannikov Institute for System Programming of the Russian Academy of Sciences)  
Rogachev Igor Vitalevich, Head of BIM center  
(Joint Stock Company "Russian Railways")

## **НАЦИОНАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ. КОНЦЕПЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ДАННЫМИ И ДОКУМЕНТАМИ**

### **NATIONAL BIM TECHNOLOGY PLATFORM. DATA AND DOCUMENT MANAGEMENT CONCEPTION**

Обсуждаются проблемы и перспективы цифровой трансформации архитектурно-строительной отрасли РФ на основе национальной технологической платформы информационного моделирования зданий, сооружений и инфраструктуры (Национальная платформа ТИМ). Платформа представляет собой единый стек стандартов, технологий и программных решений для разработки и интеграции приложений информационного моделирования. Описывается концепция согласованного управления данными и документами, лежащая в основе платформы и обеспечивающая переход к уровню BIM Level 3 в модели технологической зрелости Бью-Ричардса. Отмечается ключевая роль в использовании открытых международных информационных стандартов, которые, с одной стороны, позволяют обеспечить технологическую независимость российских производителей и пользователей программного обеспечения, а с другой стороны – избежать технологическую изоляцию от международного сообщества

и не допустить отставания в реализации перспективного программного обеспечения ТИМ.

*Ключевые слова:* модели зрелости BIM, openBIM, IFC, управление базами данных, управление документами.

The problems and prospects of digital transformation of the architecture, engineering and construction industry of the Russian Federation are discussed in the context of using the national technological platform for building information modeling (National BIM platform). The platform is a single stack of standards, technologies and software solutions for the development and integration of BIM applications. The conception of consistent data and document management underlying the platform that underlies the platform and ensures the transition to BIM Level 3 in Bew-Richards technology maturity model is presented. The key role is noted in the use of open international information standards, which, on the one hand, allow ensuring the technological independence of national software vendors and users, and on the other hand, help to prevent technological isolation from the international BIM community and to avoid lagging behind in the implementation of emerging BIM software.

*Keywords:* BIM maturity models, openBIM, IFC, database management, document management.

Технологии информационного моделирования зданий и сооружений (ТИМ) получают значительное распространение в строительном комплексе Российской Федерации при важной роли министерств, ведомств, а также национальных профильных объединений НОТИМ (Национальное объединение организаций в сфере технологий информационного моделирования), НАИКС (Национальная ассоциация инженеров-консультантов в строительстве), НОПРИЗ (Национальное объединение проектировщиков и изыскателей) и НАИК (Национальная ассоциация инфраструктурных компаний). Свыше сотни российских IT-компаний позиционируют свои решения в области ТИМ. Вместе с тем, следует признать, что инновационные программные продукты создаются и внедряются со значительными трудностями, что во многом обусловлено проблемами общесистемного и общенационального характера:

– ведомственная принадлежность к сегментам гражданского, промышленного и инфраструктурного строительства, аффилированность с конкретными регионами, организациями и компаниями, сложившиеся практики организации проектных работ и особенности операционной деятельности на разных этапах жизненного цикла строительных объектов, ранее осуществленные инвестиции, конкуренция между производителями программного обеспечения — все эти факторы приводят к фрагментации ландшафта российского программного обеспечения ТИМ;

- проблемы функциональной совместимости (интероперабельности) и комплексного использования программного обеспечения остаются открытыми и требуют системных решений; консенсус по национальному стандарту программных интерфейсов доступа к данным и файловому формату обмена данными ТИМ не сложился, а использование открытых международных информационных стандартов и, прежде всего, IFC (Industry Foundation Classes – ISO 16739; ГОСТ Р 10.0.02: 2019) [1] носит лишь рекомендательный характер;
- технологическая зрелость программных продуктов уступает флагманским решениям мировых лидеров; функционал продуктов во многом повторяет друг друга; разработчики вместо концентрации усилий на решении актуальных прикладных задач тратят значительные ресурсы на освоение приблизительно одного стека базовых технологий: управления семантически сложными данными, моделирования и рендеринга больших сцен, преобразования разнородных данных, представленных в многочисленных форматах;
- гармонизация концепций открытых стандартов openBIM и среды общих данных CDE (Common Data Environment – ISO 19650; ГОСТ Р 58439: 2019) [2] представляет собой серьезную проблему [3]; вместе с тем, технологии согласованного управления данными и документами являются критически важным при переходе к новому цифровому укладу, соответствующему уровню BIM Level 3 в модели технологической зрелости Бью-Ричардса [4].

Инициативный проект «Национальная платформа ТИМ» направлен на системное решение перечисленных выше проблем и формирование единой национальной экосистемы программного обеспечения (ПО) для комплексного решения изыскательских, проектных, инженерных, управленческих, экспертных и иных задач, возникающих в строительной отрасли РФ [5].

В настоящей работе обсуждается концепция управления данными и документами ТИМ, которая лежит в основе разрабатываемой платформы. Управление данными охватывает много аспектов, таких как хранение и резервное копирование данных, индексация, планирование и исполнение запросов, обеспечение целостности и согласованности, предоставление мультидоступа с соответствующими транзакционными гарантиями, управление версиями и изменениями, поддержка интерфейсов доступа к данным на декларативных и императивных языках [6], поэтому в работе рассматриваются самые общие вопросы организации и управления сложными данными ТИМ.

Под сложными здесь понимаются существенно разнородные данные (структурированные в соответствии с одной или несколькими информационными схемами, полу-структурированные и неструктурированные), объектно-ориентированные данные с большим количеством атрибутов, связей и ограничений, семантически наполненные данные (инженерные,

геометрические, пространственно-временные, календарно-сетевые, сметные, геоинформационные и т.п.), большие данные, размер которых на несколько порядков превышает объем оперативной памяти, распределенные данные с разной степенью репликации.

Ключевым принципом организации платформы является использование стандарта IFC, который представляет собой детальную онтологическую модель строительной отрасли и обладает важными достоинствами:

- определяет развитый набор понятий и типов данных для разных дисциплин, обеспечивая возможность консолидации данных (включая структуру проекта, свойства элементов конструкции, геометрическую модель, календарно-сетевой план, ресурсы, смету, классификационную систему, географические координаты) в рамках единой информационной модели проекта и возможность решения актуальных задач междисциплинарного и мультидисциплинарного характера;

- охватывает сегменты гражданского, промышленного и инфраструктурного строительства и, тем самым, может служить единой информационной схемой для медианной интеграции данных для сложных проектов и масштабных программ;

- предоставляет формальную спецификацию информационной схемы на языке объектно-ориентированного моделирования данных EXPRESS, допуская применение инструментов программной инженерии (CASE) для реализации стандартных программных интерфейсов транзакционного доступа к данным (SDAI) на популярных языках и компонентов файлового обмена данными в альтернативных мета-форматах SPF, XML, JSON. Принципиально, что подобные реализации обеспечивают не просто обмен информационными моделями в виде соответствующих файлов, но и их согласованное использование в процессе совместной деятельности (в английской технической литературе для этого применяется идиома «data exchange and sharing»);

- является основой сформированной международной экосистемы ПО ТИМ, охватывающей в настоящее время более трех сотен программных продуктов и приложений, включая флагманские решения от ведущих мировых производителей;

- наконец, предусматривает средства для семантического уточнения и расширения стандартной информационной схемы с учетом национальных законодательств, ведомственных, корпоративных и иных требований и, тем самым, может служить основой для формирования национальной экосистемы ПО ТИМ как составной части международной.

Вторым важным принципом является консолидация всех проектных данных и документов, включая каталоги требований и журналы

замечаний, в составе единой информационной модели проекта (рис. 1) и согласованное управление ими на основе сервисов платформы (рис. 2). При этом IFC данные рассматриваются как основные данные модели, а документы – как комплементарные данные, дополняющие основные.

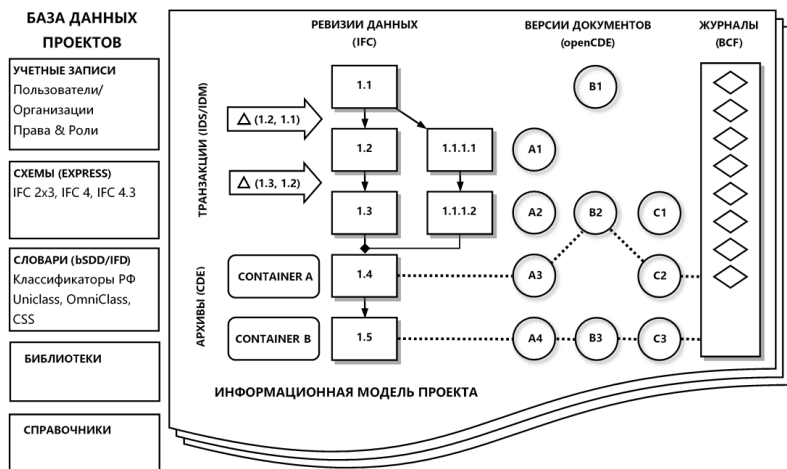


Рис. 1. Информационная модель проекта как единый набор данных и документов

Документами могут быть файлы со структурированными, полу-структурированными или неструктурированными данными, в том числе, файлы в проприетарных форматах. Документы поддерживаются в согласованном с основными данными представлении, а при их изменении приводятся в согласованное представление, например, автоматически или путем аудита документа, исправления и подтверждения статуса соответствия. Доступ к документам осуществляется на основе стандартного программного интерфейса openCDE API.

Предполагается, что для представления требований и замечаний, возникающих в контексте использования основных IFC данных, используется открытый стандарт BCF (BIM Collaboration Format), а для управления ими – соответствующие сервисы. Напомним, что стандарт определяет не только файловый формат, но и программный интерфейс BCF API для доступа к сервисам управления требованиями и замечаниями, допуская, тем самым, возможность их альтернативной реализации.

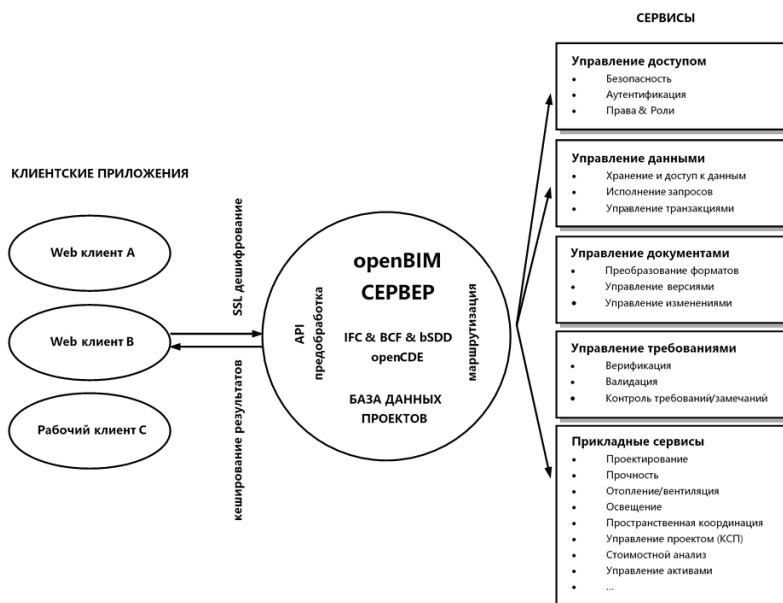


Рис. 2. Сервисно-ориентированная архитектура платформы ТИМ

Третьим важным принципом является транзакционный доступ к информационной модели проекта с поддержкой ревизий IFC данных и версий документов. Доступ к основным данным осуществляется под управлением универсальной или специализированной СУБД, каждая успешная транзакция записи в которых приводит к созданию новой ревизии данных. Принципиальным является соблюдение транзакционных требований ACID (атомарность, согласованность, изолированность и долговечность) или BASE (базовая доступность, гибкое состояние и согласованность в конечном счете), гарантирующих целостность и согласованность каждой вновь создаваемой ревизии основных данных [6].

Для доступа к документам применяется хорошо зарекомендовавшая себя на практике политика блокирования, предполагающая исключительные права на запись актуальной версии документа при неограниченном чтении всех других доступных версий (check-in/check-out). Мы намеренно используем здесь два термина «ревизия» и «версия», чтобы различать механизмы управления основными данными и документами. Согласованные с основными IFC данными и между собой версии документов

могут быть помещены в архив (в стандарте CDE определяемый как «информационный контейнер») для долговременного хранения или передачи другим участникам проектной деятельности.

Наконец, четвертым принципом организации платформы является поддержка российских и международных классификационных систем, библиотек компонентов и материалов, а также разнообразных справочных ресурсов со специфицированными файловыми форматами обмена и программными интерфейсами доступа. Описание некоторых проработанных решений можно найти в [7].

Представленная концепция согласованного управления данными и документами обеспечивает гармонизацию двух фундаментальных семейств стандартов openBIM и CDE и служит методологической основой для «Национальной платформы ТИМ». Функционально полная реализация платформы предусматривает развитый набор сервисов для разработки и интеграции перспективных интероперабельных приложений и, как ожидается, будет способствовать формированию национальной экосистемы ПО ТИМ и переходу строительной отрасли РФ к новому цифровому укладу.

#### **Литература**

1. ISO 16739-1:2018 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries – Part 1: Data schema.
2. ISO 19650-1:2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Part 1: Concepts and principles.
3. Семенов В.А., Аришин С.В., Фокина Н.Ю. Проблемы гармонизации концепций OpenBIM (ISO 16739) и CDE (ISO 19650) при переходе к новому технологическому укладу в архитектурно-строительной отрасли РФ // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Матер. V Междунар. научно-практ. конф. Под общ. ред. А. А. Семенова. СПб.: СПбГАСУ, 2022. С. 90–95. DOI: 10.23968/BIMAC.2022.012. EDN: CNZHWX.
4. Bew M., Richards M. Bew-Richards BIM maturity model // BuildingSMART Construct IT Autumn Members Meeting. Brighton, 2008.
5. ИСП РАН. Национальная платформа ТИМ. URL: [https://www.ispras.ru/projects/razrabotka\\_natsionalnoy\\_platformy\\_tim/](https://www.ispras.ru/projects/razrabotka_natsionalnoy_platformy_tim/) (дата обращения: 01.03.2023).
6. Semenov V. Product data management with solid transactional guarantees. In: Advances in Transdisciplinary Engineering. IOS Press, 2017. Vol. 5. P. 592–599. DOI: 10.3233/978-1-61499-779-5-592. EDN: PRWBRR.
7. Semenov V.A., Gonahchan V.I., Morozov S.V., Tarlapan O.A. Ontology model for intelligent catalogues of building elements // eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction. Eds. A. Mahdavi, B. Martens, R. Scherer. London, UK: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2015. P. 527–534.



УДК 004.6

DOI: 10.23968/ВІМАС.2023.018

**Семенов Георгий Витальевич**, программист

(Институт системного программирования им. В. П. Иванникова РАН,  
Университет ИТМО)

*E-mail: georgii.v.semenov@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4725-7666*

**Гринченко Александр Иванович**, программист

(Институт системного программирования им. В. П. Иванникова РАН)

*E-mail: mr.algrin@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9475-5177*

**Морозкин Никита Константинович**, аспирант

(Институт системного программирования им. В. П. Иванникова РАН)

*E-mail: nmzikcs@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3949-7731*

Semenov Georgii Vitalevich, programmer  
(Ivannikov Institute for System Programming of the Russian Academy of Sciences)

Grinchenko Alexander Ivanovich, programmer  
(Ivannikov Institute for System Programming of the Russian Academy of Sciences)

Morozkin Nikita Konstantinovich, postgraduate student  
(Ivannikov Institute for System Programming of the Russian Academy of Sciences)

## **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СЦЕНАРИИ УПРАВЛЕНИЯ ТРЕБОВАНИЯМИ И ЗАМЕЧАНИЯМИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТАХ НА ОСНОВЕ СТАНДАРТОВ IFC И BCF**

### **EMERGING SCENARIOS FOR MANAGING REQUIREMENTS AND ISSUES IN CONSTRUCTION PROJECTS BASED ON IFC AND BCF STANDARDS**

Обсуждаются проблемы и перспективы применения международного информационного стандарта BCF (BIM Collaboration Format) в приложениях управления требованиями и замечаниями. Несмотря на поддержку стандарта ведущими производителями программного обеспечения BIM и его активное внедрение в строительную практику, прежде всего, как файлового формата представления журналов замечаний, видятся более широкие возможности. Они связаны с организацией и ведением интегрированных каталогов требований и журналов замечаний, а также с их согласованным мультимодальным использованием при сопровождении строительных проектов на всех этапах жизненного цикла. В работе обсуждаются перспективные сценарии применения стандарта и предложения для его дальнейшего развития.

*Ключевые слова:* IFC, BCF, управление требованиями, управление замечаниями, верификация и валидация моделей.

The problems and prospects of applying the international information BCF (BIM Collaboration Format) for requirements and issue management are discussed. Despite the support of the standard by leading BIM vendors and active adoption in construction practice, primarily as a file format for presenting issue logs, more opportunities are foreseen. These are the organization and maintenance of integrated catalogs of requirements and issue logs as well as their concordant multimodal use to support construction projects at all stages of the life cycle. The paper discusses promising scenarios for applying the standard and proposals for its further evolution.

*Keywords:* IFC, BCF, requirements management, issue management, BIM verification and validation.

Открытые стандарты информационного моделирования зданий, сооружений и инфраструктуры openBIM, разрабатываемые авторитетной организацией buildingSMART, получают все большее распространение в международной и российской практике реализации сложных строительных проектов и программ. Наиболее востребованными среди них, безусловно, являются IFC (Industry Foundation Classes – ISO 16739) [1], принятый в РФ в качестве соответствующего ГОСТ Р 10.0.02: 2019, и BCF (BIM Collaboration Format) [2]. Стандарт IFC предоставляет спецификацию информационной схемы на языке EXPRESS, предназначенной для цифрового представления проектов в сегментах гражданского, промышленного и инфраструктурного строительства. Стандарт BCF определяет файловый формат и web-сервис (более строго, схему XML файла и RESTful интерфейс), предназначенные для обмена журналами замечаний и управления ими в процессе формирования и применения цифровых моделей, представленных в соответствии со схемой IFC и соответствующим ей файловым форматом IFC SPF (STEP Physical File).

Предполагается, что сами модели хранятся в репозитории документов, организованном в соответствии с концепцией CDE (Common Data Environment – ISO 19650; ГОСТ Р 58439: 2019) [3], а записи журнала замечаний адресуются непосредственно к документам репозитория, моделям и их индивидуальным элементам. Для организации согласованной совместной работы с журналом предусматриваются специальные BCF-сервисы, которые могут быть развернуты вместе с репозиторием документов или раздельно. Для более детального описания стандарта и предусмотренных способов конфигурации целевых сервисов следует обратиться к спецификациям [4] и работе [5].

Основное предназначение стандарта BCF, как его декларирует buildingSMART, является «улучшение взаимодействия на основе открытых стандартов openBIM (включая форматы файлов и протоколы передачи данных) для более удобного выявления проблем и обмена замечаниями между программными инструментами BIM, минуя проприетарные форматы и процессы». В качестве типовых сценариев использования BCF рассматриваются рабочие процессы на всех этапах жизненного цикла строительного объекта:

- на этапе проектирования это процессы обеспечения и контроля качества BIM моделей (QA/QC), выявление проблем координации между частями модели (также известных как обнаружение коллизий), аннотирование вариантов проекта и конфигураций с альтернативными компонентами и материалами;
- на этапе закупок это сопровождение торговых процедур вместе с ведением записей о стоимости и поставщиках компонентов и систем;
- на этапе строительства это процессы обеспечения и контроля качества возводимого сооружения в соответствии с разработанной моделью (QA/QC), отслеживание наличия и согласование замен компонентов и материалов, а также подготовка документации для передачи владельцу/оператору сооружения;
- на этапе эксплуатации это актуализация модели сооружения в ходе операционной деятельности, а также уведомление владельцев о необходимых обновлениях оборудования.

В настоящее время работа с файловыми форматами IFC SPF и BCF XML поддерживается сотнями программных продуктов и приложений, перечень которых можно найти в опубликованной базе данных [6] и обзоре инструментов [7]. В некоторых продуктах поддерживается интерфейс BCF REST API в ожидании активного использования соответствующих сервисов.

Вместе с тем, несмотря на выпущенную третью версию, стандарт BCF сохраняет принципиальные ограничения для сценариев, востребованных в строительной практике. Вообще говоря, их поддержка предполагает изменения самого стандарта, процедура внесения и утверждения которых довольно сложна из-за необходимости проведения успешных НИР и апробации результатов на международных научно-практических форумах.

Авторы следуют иному подходу, связанному с возможными расширениями файлового формата и программного интерфейса, которые предусмотрены стандартом BCF. В самом деле, стандарт фиксирует схему

и семантику ключевых понятий «журнал» (в оригинале, project), «документ» (document), «замечание» (topic), «комментарий» (comment), «точка обзора» (viewpoint), «снимок» (bitmap), используемых при отслеживании замечаний (issue tracking). Однако стандартом допускается также использование сопутствующих файлов со своими схемами и элементами, которые могут быть связаны с основным документом перекрестными ссылками и которые могут быть помещены в единый файловый архив. Для управления дополнительными данными могут быть предусмотрены расширения стандартного программного интерфейса BCF API. Тем самым, поддерживается функциональная совместимость (интероперабельность) разрабатываемого программного обеспечения с уже сложившейся экосистемой openBIM и реализуются его новые функциональные возможности.

Первый предлагаемый сценарий связан с организацией и ведением интегрированных каталогов требований и журналов замечаний, а также с консолидацией средств управления требованиями и замечаниями в рамках единого подхода к управлению качеством. Сценарий содержателен для строительных проектов, реализуемых на основе стандарта BCF, поскольку одним из его основных предназначений является обеспечение и контроль качества информационных моделей и сооружаемых объектов. Данные аспекты регулируются международными стандартами ISO 9000:2015 (Quality management systems – Fundamentals and vocabulary), ISO/IEC 17029:2019 (Conformity assessment – General principles and requirements for validation and verification bodies) и ISO/IEC/IEEE 29148:2018 (Systems and software engineering – Life cycle processes – Requirements engineering) с привлечением методологии управления требованиями и предусматриваемыми ей процедурами верификации и валидации [8–10].

В рамках данного сценария журналы замечаний представляются в соответствии со стандартным файловым форматом, а связанные с ними каталоги требований оформляются в виде сопутствующих XML документов. На рис. 1 представлена UML-диаграмма, иллюстрирующая основные классы единой схемы представления требований и замечаний. BCF-сервисы в этом случае поддерживают расширения стандартного программного интерфейса, необходимые для согласованного управления требованиями.



Требования участников проектной деятельности могут быть представлены неформальным образом в виде текстовых описаний, либо специфицированы формально, например, в виде параметризованных предикатных правил. Во втором случае появляется возможность автоматизировать процедуру подтверждения соответствия информационной модели (верификации и валидации) с сохранением исходных параметров и результатов. Данная идея отчасти воплощена в популярном приложении Solibri Model Checker [11], хотя стандарт VCF используется в нем только для представления финальных отчетов. В более полной мере идея реализована в сервисе управления требованиями и замечаниями в составе «Национальной платформы ТИМ» [12]. Сервис позволяет управлять как неформальными требованиями, так и формальными правилами, определяющими структурные, топологические, геометрические и метрические ограничения информационной модели (рис. 2).

Другая предлагаемая возможность состоит в распространении стандартов IFC и VCF на этапы строительства и эксплуатации и связанные с ними рабочие процессы. Поскольку стандарты преимущественно применяются на этапе проектирования, VCF схема вводит ограничения на типы элементов, которые могут быть ассоциированы с замечаниями. Для задания произвольных объектов, продуктов и процессов проекта, необходимо использование супертипа *IfcObject* вместо *IfcSpatialStructureElement*, устанавливаемого стандартом VCF. Также при описании замечаний, относящихся к процессам, необходимо указание временных интервалов, на которых они нарушают соответствующие требования. Технически эти возможности реализуются с помощью сопутствующих документов.

При подобном развитии стандарта могут конструктивно решаться задачи управления замечаниями, относящимися к календарно-сетевому планированию и управлению активами (1D), пространственной координации (3D), пространственно-временному моделированию (4D). Замечаниями могут быть нарушенные отношения предшествования между работами, циклические зависимости в проектом плане, переопределенные и нарушенные временные ограничения, превышенные пороги доступных ресурсов, нарушенные логистические цепочки, а также разного рода динамические коллизии, например, между элементами конструкций, устанавливаемым оборудованием и перемещаемой техникой.



Рис. 2. Экранный снимок клиента сервиса для управления требованиями и замечаниями

Наконец, третий предлагаемый сценарий связан с согласованным мультимодальным использованием BCF-сервисов управления замечаниями. Укажем принципиальное ограничение стандартного интерфейса, предназначенного для непрерывной работы с сервисами в предположении постоянного соединения с ними. Это часто бывает проблематичным из-за отсутствия интернета на сооружаемом или эксплуатируемом объекте. В некоторых случаях работы по подготовке и актуализации данных намеренно проводятся в изолированном режиме для того, чтобы иметь возможность перепроверить и уточнить их. Поэтому сервисы должны поддерживать мультимодальные (онлайн/оффлайн) режимы работы, а программные интерфейсы BCF API предусматривать средства для транзакционной работы с журналами замечаний, поддержки версии, а также репликации и синхронизации [13]. В настоящее время проводятся НИР, имеющие целью подготовку предложений для необходимого развития стандарта BCF.

Таким образом, предложены и рассмотрены перспективные сценарии управления требованиями и замечаниями на основе стандартов IFC и BCF. Сценарии связаны с согласованным мультимодальным использованием каталогов требований и журналов замечаний при сопровождении строительных проектов на всех этапах жизненного цикла. Сценарии следует учитывать при разработке BIM технологий следующего поколения, облик которых в значительной степени отражает видение Калифорнийского совета Американского института архитекторов как «подхода к реализации проекта, который объединяет людей, системы, бизнес-структуры и практики в высокоэффективный совместный процесс, использующий таланты и идеи всех участников для оптимизации результатов проекта, повышения ценности для собственников, сокращения потерь и максимизации эффективности на всех этапах проектирования, строительства и эксплуатации» [14]. Именно этим целям отвечают представленные сценарии.

### **Литература**

1. SO 16739-1:2018 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries – Part 1: Data schema.
2. buildingSMART international. BIM Collaboration Format (BCF). URL: <https://technical.buildingsmart.org/standards/bcf/> (дата обращения: 27.02.2023).
3. ISO 19650-1:2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Part 1: Concepts and principles.
4. buildingSMART international. BCF REST API. URL: <https://github.com/buildingSMART/BCF-API> (дата обращения: 27.02.2023).



5. van Berlo L., Krijnen T. Using the BIM Collaboration Format in a Server Based Workflow // *Procedia Environmental Sciences*. 2014. Vol. 22. P. 325–332. DOI: 10.1016/j.proenv.2014.11.031.

6. buildingSMART international. Software Implementations. URL: <https://technical.buildingsmart.org/standards/bcf/> (дата обращения: 27.02.2023).

7. Lourenzi F., Geiger A. BCFViewer – BIM Collaboration Format tool development // *Forum Bauinformatik*. München, 2022. P. 343–350.

8. ISO 9000:2015 Quality management systems – Fundamentals and vocabulary.

9. ISO/IEC 17029:2019 Conformity assessment – General principles and requirements for validation and verification bodies.

10. ISO/IEC/IEEE 29148:2018 Systems and software engineering – Life cycle processes – Requirements engineering.

11. Solibri Inc., A Nemetschek company. URL: <https://www.solibri.com/>. (дата обращения: 27.02.2023).

12. ИСП РАН. Национальная платформа ТИМ. URL: [https://www.ispras.ru/projects/razrabotka\\_natsionalnoy\\_platformy\\_tim/](https://www.ispras.ru/projects/razrabotka_natsionalnoy_platformy_tim/). (дата обращения: 27.02.2023).

13. Oraskari J., Schulz O., Beetz J. Towards describing version history of BCF data in the Semantic Web // *LDAC 2022: 10th Linked Data in Architecture and Construction Workshop*. Hersonissos, Greece, 2022. P. 87–98.

14. American Institute of Architects, Integrated project delivery: a guide, AIA California Council, 2007.

**УДК 69.002.5**

**DOI:** 10.23968/ВМАС.2023.019

**Шаранин Виталий Юрьевич**, ассистент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail:* vitas930831@mail.ru, *ORCID:* 0000-0003-3182-7361

Sharanin Vitaliy Yurievich, Assistant Lecturer

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

## **ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТОТЕХНИКИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

### **APPLICATION OF ROBOTICS IN CONSTRUCTION**

Развитие робототехники внесло значительные изменения во многие сферы промышленности и производства. Использование роботов дает возможность преобразовать строительную отрасль, сделав ее более эффективной, рентабельной и безопасной. В настоящей статье рассмотрены различные варианты использования роботов в таких задачах как автоматическое перемещение и укладка строительных материалов, установка элементов конструкций, мониторинг безопасности на объекте, очистка площадки от отходов, 3D-печати зданий и сооружений, а также показаны преимущества и проблемы использования робототехники в строительстве и дана оценка ее потенциального влияния на отрасль в будущем.

*Ключевые слова:* роботизация, роботы, технологии, строительство, дроны, робототехника.

The development of robotics has brought significant changes to many industries and manufacturing. The use of robots makes it possible to transform the construction industry, making it more efficient, cost-effective, and safe. This article examines various applications of robots in tasks such as automatic movement and laying of construction materials, installation of structural elements, on-site safety monitoring, waste clearing, as well as 3D printing of buildings and structures. Additionally, the advantages and challenges of using robotics in construction are discussed, and an assessment of its potential impact on the industry in the future is given.

*Keywords:* robotics, robots, technology, construction, drones, robotics.

Цель данной статьи – продемонстрировать применение роботов в различных сферах строительной отрасли, ознакомить с имеющимися технологиями и популяризировать робототехнику.

Робототехника – это область инженерии и науки, занимающаяся проектированием, созданием, программированием и эксплуатацией роботов, а также их применением для автоматизации процессов в различных отраслях промышленности и в быту.

В строительстве робототехника находит применение в виде дронов, манипуляторов, 3D принтеров и других механизмов, но их пока мало. Производство, в котором задействованы роботы, определенно будет иметь больше преимуществ в процессе строительства, потому что:

- роботы могут обеспечить более точную и однородную работу, что улучшает качество конечного продукта и снижает количество ошибок;
- роботы могут работать круглосуточно и без перерывов, что повышает скорость и эффективность производства;
- 3D-принтеры могут создавать конструкции со сложной геометрией, что дает возможность строить уникальные здания и сооружения.

Далее приведены примеры применения роботов и дронов в строительной отрасли, демонстрируются их возможности.

**Дроны в строительстве** – это новая технология с огромным потенциалом. Они используются для сбора геодезической информации, мониторинга процесса строительства, создания маркетинговых материалов, контроля работ и соблюдения техники безопасности на стройплощадке. Оснащенные камерами высокой четкости и другими датчиками, дроны собирают важные данные на этапе проектирования и строительства [1]. Далее продемонстрирован ряд примеров применения дронов.

Швейцарская архитектурная фирма Gramazio Kohler Architects и робототехник Raffaello D'Andrea объединились с ETH Zürich, запрограммировали беспилотные летательные аппараты и построили здание из полистирольных кирпичей в центре искусства FRAC в Орлеане, Франция (рис. 1).

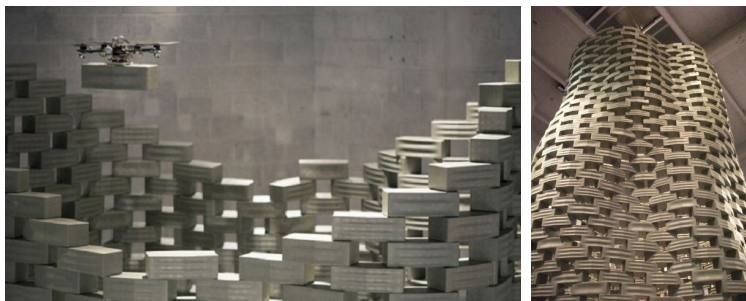


Рис. 1. Башня из полистирольных кирпичей [2]

«Рабочая пчёлка» (Worker Bee) – дрон, который умеет красить дома и корабли, распылять химические вещества или мыть окна (рис. 2). Идея принадлежит компании Apellix из Флориды.

Применение дронов на данный момент четко не урегулировано законодательством. Воздушный кодекс России требует обязательной регистрации малых беспилотников и дронов массой от 250 граммов до 30 килограммов. Все беспилотники должны летать на основании разрешения на использование воздушного пространства, а разрешение выдается на основании регистрационного номера дрона. Если квадрокоптер без номера и разрешения хотя бы просто оторвётся от земли, его оператору будет грозить штраф за нарушение воздушного пространства.

**Роботы для сноса зданий** являются безопасным и дешевым способом утилизации бетонных и конструктивных элементов. Они оснащены разнообразными инструментами и похожи на небольшие экскаваторы без кабины. Использование роботов для демонтажа позволяет достичь необходимого уровня безопасности, повысить эффективность и сократить затраты в отрасли, которая известна своей высокой трудоемкостью. Благодаря потенциалу для дальнейшего развития, роботы для демонтажа могут стать лидерами в автоматизации строительства [3].

Brokk 170 является одним из многочисленных роботов-разрушителей, управляемых удаленно (рис. 3). Этот телеуправляемый робот среднего класса может работать с различными типами навесного оборудования, что делает его универсальным в использовании на строительных объектах. Его компактный размер делает его более удобным в использовании на ограниченных пространствах. Используется в России структурами МЧС с 2017 года.



Рис. 2. Дрон, оснащенный пульверизатором [2]



Рис. 3. Brokk 170 с навесным отбойным молотком [4]

**Роботы-краны.** Использование роботов-кранов повышает эффективность строительства и облегчает проблему нехватки рабочей силы. Мини-гусеничный кран-робот РТС К100 обладает мощной грузоподъемностью и способен достигать высоты мини-крана, имея грузоподъемность до 250 кг, может поднимать груз на высоту 6,5 метра с помощью телескопической выдвижной стрелы, которая точно регулируется джойстиком (рис. 4). В транспортном положении мини-кран «РОИН» обладает высокой маневренностью в ограниченных пространствах. Также небольшие габариты мини-крана позволяют обеспечить простую транспортировку к месту работ [5].

**Транспортные роботы.** Управляемые человеком роботы предназначены для подъема и транспортировки строительных элементов, особенно тех, которые обладают ценностью и большими габаритами. Применяют такие устройства там, где неудобно использовать традиционные подъемные краны или подъемники [6].

Самоходный вакуумный подъемник-робот Geko PV представляет собой коленчато-локтевой механизм с мощными приспособлениями для вакуумного захвата материалов (рис. 5). Способен удерживать и переносить плоские, тяжелые и габаритные материалы как в вертикальном, так и в горизонтальном положении с возможностью поворота до 180 градусов.

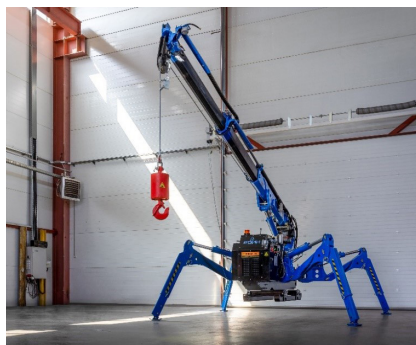


Рис. 4. РТС К100 – гусеничный мини-кран [5]



Рис. 5. Самоходный вакуумный подъемник-робот Geko PV [6]

**Строительные роботы для кирпичной кладки** становятся все более распространенными в мире. Они способны укладывать кирпичи с высокой скоростью и точностью, что увеличивает качество и сокращает

время строительных работ. Кроме того, использование роботов позволяет уменьшить затраты на рабочую силу и снизить риск травм и ошибок.

Construction Robotics, компания из Америки, создала робота, названного SAM (Semi-Automated Mason), который способен укладывать 3000 кирпичей в день, тогда как рабочие могут уложить в среднем 500 кирпичей в день. SAM100 – это первый робот для кирпичной кладки, доступный для коммерческого использования на стройке [7].

**Строительные 3D-принтеры** могут предоставить ряд потенциальных преимуществ, таких как быстрое возведение, снижение трудозатрат, повышение сложности конструкций и сокращение количества отходов, производимых в процессе строительства.

Компания ICON и благотворительная организация New Story представили новую технологию быстрой 3D-печати жилых домов (рис. 6). По заявлению разработчиков, одноэтажный дом площадью 60 квадратных метров может быть распечатан за 12–24 часа. Максимальная площадь дома, который может быть распечатан, составляет 80 квадратных метров. После того как стены возведены, установка крыши, окон, сантехники и электропроводки производится меньше, чем за один день. В дальнейшем компания планирует использовать роботов для установки окон и крыш, а также дронов для покраски помещений [8].



Рис. 6. Процесс печати стен [8]

В заключение отметим, что современные технологии приводят к автоматизации и экономии трудовых ресурсов, поэтому многие строительные

компании внедряют различные модификации роботов, чтобы оптимизировать процессы, улучшить качество продукции и снизить стоимость строительства.

В статье были приведены примеры роботов, которые применяются для в таких задачах как перемещение и укладка строительных материалов, установка элементов конструкций, мониторинг безопасности на объекте, а также для 3D-печати зданий и сооружений. Таким образом, роботизация успешно заменяет тяжелый физический труд и помогает сократить время выполнения работ, а также позволит создавать более технически сложные объекты.

### **Литература**

1. Кудасова А.С., Тютин А.Д., Сокольников Э.В. Применение беспилотных летательных аппаратов в строительстве // Инженерный вестник Дона. 2021. № 8(80). С. 31–38. EDN: ZSBCJR.
2. Livejournal – Дроны на стройках. URL: <https://lakhtacenter.livejournal.com/369956.html> (дата обращения: 15.02.2023).
3. Желетдинов Р.Р. Роботы как средство безопасного и быстрого строительства // Наука в современном информационном обществе: Матер. X междунар. научно-практич. конф.: в 3-х т. Т. 2. Научно-издательский центр «Академический». 2016. С. 68–72. EDN: XHSXSP.
4. Сайт компании BROKK. URL: <https://www.brokk.ru/> (дата обращения: 15.02.2023).
5. Сайт компании АО МГК «ИНТЕХРОС». URL: <https://intehros.ru/> (дата обращения: 15.02.2023).
6. Кравцова О.А., Левкович И.Ю. Внедрение робототехники в строительстве // Традиции, современные проблемы и перспективы развития строительства: Сб. научных статей. Гродно: Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, 2021. С. 216–219. EDN: YWFZYS.
7. Михеев Г.В., Яновская Э.Д. Роботизированная техника в строительстве // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». 2019. № 2. С. 181–188. EDN: UOLQQS.
8. Робототехника в строительстве. URL: <https://top3dshop.ru/blog/robototehnika-v-stroitelstve.html> (дата обращения: 12.02.2023).

## ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIM

УДК 666.9.03

DOI: 10.23968/BIMAC.2023.020

**Бритвина Екатерина Алексеевна**, ассистент

(Воронежский государственный технический университет)

*E-mail: esolovieva@vgasu.vrn.ru, ORCID: 0000-0002-0462-4991*

**Шведова Мария Александровна**, младший научный сотрудник

(Воронежский государственный технический университет)

*E-mail: marishwedowa@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6484-8719*

**Бабенко Дмитрий Сергеевич**, инженер-исследователь

(Воронежский государственный технический университет)

*E-mail: babenko.dmitrii@bk.ru*

Britvina Ekaterina Alekseevna, Assistant Lecturer  
(Voronezh State Technical University)

Shvedova Mariya Aleksandrovna, Junior Research Worker  
(Voronezh State Technical University)

Babenko Dmitriy Sergeevich, Research Engineer  
(Voronezh State Technical University)

### **СТРОИТЕЛЬНАЯ 3D-ПЕЧАТЬ В ДИЗАЙНЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ**

#### **CONSTRUCTION 3D-PRINTING IN URBAN ENVIRONMENT DESIGN**

Одним из основных направлений применения 3D-печати в строительстве является создание малых архитектурных форм для обустройства городской среды. При получении таких изделий используются архитектурные бетоны, обладающие эстетической привлекательностью. В работе предложены составы объемно окрашенных архитектурных смесей, для которых установлены численные показатели технологических и физико-механических характеристик. Полученные данные могут быть использованы в процессе создания цифровых проектов для многослойных печатных объектов с помощью BIM-технологий.

*Ключевые слова:* архитектурная среда, строительная 3D-печать, декоративный бетон, пластичность, формоустойчивость, физико-механические характеристики.

One of the main applications of 3D printing in construction is the creation of small architectural forms for the arrangement of the urban environment. When obtaining such



products, architectural concretes with aesthetic appeal are used. The paper proposes compositions of volumetrically colored architectural mixtures, for which numerical indicators of technological and physico-mechanical characteristics are established. The data obtained can be used in the process of creating digital projects for multilayer printed objects using BIM technologies.

*Keywords:* architectural environment, construction 3D printing, decorative concrete, plasticity, shape stability, physical and mechanical characteristics.

Строительная 3D-печать представляет собой новую активно развивающуюся технологию, которая позволяет получать изделия, конструкции и здания путем послойной укладки смеси [1].

Наиболее перспективным направлением применения 3D-печати в строительстве представляется ландшафтная архитектура и архитектура малых форм, направленные на создание функциональных объектов для обустройства городской среды, обладающих оригинальным дизайном. Для этого требуется создание архитектурных смесей, которые должны обладать: заданными показателями экструзируемости, формоустойчивости, времени схватывания для обеспечения процесса 3D-печати; высокими физико-механическими свойствами для обеспечения длительной эксплуатации напечатанного объекта; эстетической привлекательностью для создания уникального «имиджа» городской среды [2].

Обзор научно-технической литературы позволил установить, что эстетическая привлекательность архитектурных композитов для строительной 3D-печати может быть достигнута либо за счет использования пигментов [3], при этом будет получен объемно окрашенный композит, либо за счет применения наполнителей и заполнителей различного состава и дисперсности [4]. В этом случае будут получены композиты с имитацией текстуры природного камня.

Применение пигментов является более простым способом получения архитектурного бетона. Пигменты, как правило, представляют собой тонкодисперсные порошки, а их дозировка в составе смесей не превышает 2 %. Это позволяет предположить, что их использование не окажет существенного влияния на технологические характеристики смесей для строительной 3D-печати.

Несмотря на значительное число публикаций, посвященных данной теме, опыт создания и применения архитектурных бетонов в технологии строительной 3D-печати практически отсутствует, что главным образом обусловлено нерешенностью проблемы адаптации технологических характеристик смесей к процессу печати.

В настоящее время предпринимаются попытки управления процессом строительной 3D-печати с точки зрения ВМ-технологий, которые предполагают создание цифрового проекта, содержащего архитектурно-конструкторскую, технологическую, экономическую и иную информацию о печатном объекте [5]. Одной из основных проблем, возникающих при интеграции строительной 3D-печати и ВМ-технологий, является вычислительная нагрузка, связанная с реальными свойствами печатной смеси и готового объекта. Для улучшения конструкторских и архитектурных решений объекта, учета рисков, возникающих в процессе 3D-печати, для обеспечения корректной работы всех узлов принтера и установления оптимальных параметров процесса печати необходимо установить численные показатели пластичности, формоустойчивости, времени схватывания исходной смеси, а также прочности, плотности, морозостойкости и т. п. печатного композита. Данные показатели нельзя вычислить путем расчета, для каждого вида используемой смеси они определяются экспериментально, после чего могут быть использованы при создании цифрового проекта печатного объекта.

Таким образом, цель данной работы состояла в разработке составов объемно окрашенных архитектурных композитов и установлении их технологических (пластичность, формоустойчивость, время схватывания) и физико-механических (прочность, плотность, водопоглощение, морозостойкость) показателей.

Для этого производилась отработка объемно окрашенных составов архитектурных смесей для 3D-печати на комплексных системах «цемент + вода + суперпластификатор + добавка-модификатор вязкости + пигменты + наполнители (наполнители) + волокно». Для получения смесей использовали рядовой серый портландцемент СЕМ I 42,5R, белый цемент СЕМ I 52,5R, техническую воду, суперпластификатор на основе поликарбоксилатных эфиров марки Sika® ViscoCrete®T100, добавку-модификатор вязкости – метакаолин марки ВМК-45. В качестве базовых наполнителя и наполнителя использовали известняковую муку и кварцевый песок соответственно. Для получения объемно окрашенных смесей использовали неорганические пигменты – красный (на основе оксида  $Fe_2O_3$ ) и зеленый (на основе  $Cr_2O_3 \cdot 2H_2O + Fe_2O_3$ ).

В ходе экспериментальных исследований производилась оптимизация дозировок добавок, суперпластификатора, водоцементного отношения по критериальным значениям экструдированности и формоустойчивости свежееотформованных образцов. К таким значениям относятся: оценка предела пластичности  $K_c(I)$ , структурная прочность  $\sigma_0$  в момент

начала деформирования, которая отвечает за способность системы сопротивляться деформированию при нагружении, пластическая прочность  $\sigma_{пл}$  и величина относительных пластических деформаций  $\Delta_{пл}$  в момент начала трещинообразования, характеризующие способность системы деформироваться без разрушения. Методика определения данных характеристик подробно изложена в работе [6]. При этом, оптимальные значения критериальных характеристик смесей для строительной 3D-печати были установлены в ходе предварительных исследований и составляют  $K_c(I) = 1,5-5,0$  кПа,  $\sigma_0 = 2,5-5,0$  кПа,  $\sigma_{пл} = 30-50$  кПа,  $\Delta_{пл} = 0,02-0,06$  мм/мм.

Также для исследуемых смесей производились исследования по определению физико-механических характеристик (кинетика схватывания, предел прочности при сжатии, плотность, водопоглощение, морозостойкость, прочность сцепления слоев) для образцов, твердевших в нормальных температурно-влажностных условиях.

В ходе проведенных исследований было установлено, что получение эффектов объемного окрашивания смесей возможно при использовании как белого, так и серого цемента, причем получаемые цветовые эффекты в определяющей степени зависят от дозировки пигмента (рис. 1, а). При ее увеличении интенсивность цвета закономерно усиливается. В системах на сером цементе более яркие и чистые цвета обеспечиваются при применении кварцевого песка, который не имеет собственной окраски. При применении известняковой муки интенсивность окрашивания данных систем снижается. Системы на белом цементе при аналогичной дозировке пигмента характеризуются более светлым и ярким цветом. Однако проведенный сравнительный колористический анализ систем на белом и сером цементе показал, что разница оттенков для данных систем при равной дозировке пигмента незначительна (рис. 1, б).

На основании полученных результатов признано целесообразным комплекс исследований по установлению реологических характеристик и физико-механических свойств архитектурных смесей для 3D-печати производить для объемно окрашенных смесей состава «серый цемент + кварцевый песок», «серый цемент + известняковая мука» при варьировании дозировок красного и зеленого пигментов в диапазоне 1–5 % от массы цемента.

Результаты определения показателей пластичности и формоустойчивости, а также физико-механических характеристик разработанных смесей представлены в таблице.

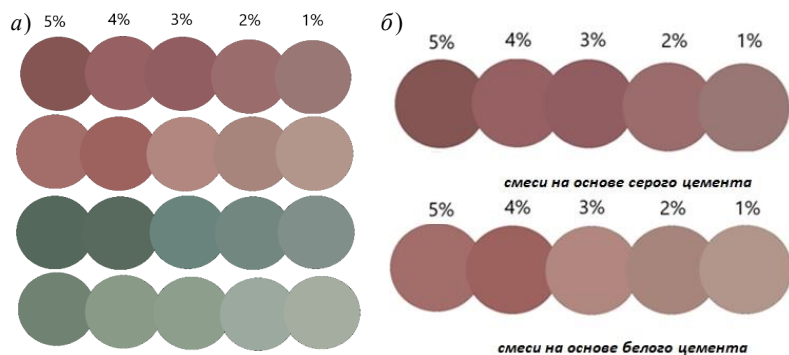


Рис. 1. Объемно окрашенные цементные композиты для строительной 3D-печати:  
 а – колористика смесей на основе серого цемента;  
 б – сравнение цветов смесей на основе белого и серого цемента

**Показатели пластичности и формоустойчивости вязко-пластичных смесей и физико-механические характеристики архитектурного бетона**

Наименование параметра	Значение
Предел текучести при сдвливании, кПа	3,90 – 5,09
Структурная прочность вязко-пластичной смеси, кПа	1,91 – 5,22
Пластическая прочность вязко-пластичной смеси, кПа	32,13 – 44,90
Относительная деформация слоя вязко-пластичной смеси до начала разрушения, мм/мм	0,03 – 0,04
Начало схватывания, мин	120 – 135
Прочность на сжатие композита в возрасте 24 час, МПа	30,7 – 40,6
Прочность на сжатие композита в возрасте 28 сут, МПа	69,5 – 83,0
Плотность композиционного материала, кг/м <sup>3</sup>	2,08 – 2,27
Водопоглощение композиционного материала, %	7
Прочность сцепления слоев композита, МПа	2,6 – 3,2
Марка по морозостойкости	F200

Таким образом, в ходе проведенных исследований разработаны составы архитектурных объемно окрашенных бетонов, адаптированных по технологическим характеристикам к технологии строительной 3D-печати. Разработанные составы запатентованы [7, 8] и могут быть предложены для коммерческой реализации.

Полученные в ходе работы данные могут быть использованы при создании цифровой модели печатного объекта с помощью технологии BIM для установления оптимальных параметров процесса печати.

### **Благодарности**

Авторы благодарят своего научного руководителя, д.т.н., доцента кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций ВГТУ, Славчеву Галину Станиславовну за помощь, оказанную при написании работы.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-19-00280, <https://rscf.ru/project/22-19-00280/>.

Экспериментальные исследования проводились с использованием оборудования центра коллективного пользования имени проф. Ю.М. Борисова ВГТУ, при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, проект № 075-15-2021-662.

### **Литература**

1. Tay Y.W.D., Panda B., Paul S.C. et al. 3D printing trends in building and construction industry: a review // *Virtual and Physical Prototyping*. 2017. Vol. 12, No. 3. P. 261–276. DOI: 10.1080/17452759.2017.1326724.
2. Славчева Г.С., Акулова И.И., Вернигора И.В. Концепция и эффективность применения 3D-печати для дизайна городской среды // *Жилищное строительство*. 2020. № 3. С. 49–55. DOI: 10.31659/0044-4472-2020-3-49-55. EDN: DJENEL.
3. López A., Guzmán G.A., Di Sarli A.R. Color stability in mortars and concretes. Part 2: Study on architectural concretes // *Construction and Building Materials*. 2016. Vol. 120. P. 617–622. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2016.06.147.
4. Vorobchuk V., Matveeva M., Peshkov A. Decorative concrete on white cement: resource provision, technology, properties and cost-effectiveness // *MATEC Web of Conferences*. 2018. Vol. 212. P. 01023. DOI: 10.1051/mateconf/201821201023.
5. Евгеньев Р.А. Анализ методов создания цифровых моделей зданий и сооружений на основе аддитивных технологий // *Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования*. 2022. № 1(65). С. 38–43. EDN: ILLYBU.
6. Славчева Г.С., Шведова М.А., Бабенко Д.С. Анализ и критериальная оценка реологического поведения смесей для строительной 3D-печати // *Строительные*

материалы. 2018. № 12. С. 34–40. DOI: 10.31659/0585-430X-2018-766-12-34-40. EDN: YROONV.

7. Пат. 2771801 Российская Федерация, МПК С04В 28/04 (2006.01). Двух-фазная смесь на основе белого цемента для получения декоративного композита в технологии строительной 3D-печати / Славчева Г.С., Бритвина Е.А., Шведова М.А., и др.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «ВГТУ». № 2021114993; заявл. 25.05.2021; опубл. 12.05.2022 Бюл. № 14.

8. Пат. 2762841, Российская Федерация, МПК С04В 28/04 (2006.01). Смесь для получения декоративного композита заданной колористики в технологии строительной 3D-печати и способ её получения / Славчева Г.С., Резанов А.А., Бритвина Е.А., и др.; заявитель и патентообладатель ООО «ЗД-СТРОЙДИЗАЙН». № 2020138015; заявл. 19.11.2020; опубл. 23.12.2021 Бюл. № 36.

УДК 721.021

DOI: 10.23968/BIMAC.2023.021

**Епишкин Александр Евгеньевич**, канд. техн. наук, доцент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail: epishkin@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8890-1406*

**Курмелев Даниил Алексеевич**, магистрант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail: daniilkurmelev@gmail.com*

**Иванов Александр Дмитриевич**, магистрант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail: hc\_sasha@mail.ru*

Epishkin Aleksandr Evgenevich, PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Kurmelev Daniil Alekseevich, Master's degree student  
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Ivanov Alexander Dmitrievich, Master's degree student  
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

## МОДЕЛИРОВАНИЕ КАБЕЛЕНЕСУЩИХ СИСТЕМ В REVIT

### CABLE-CARRYING SYSTEMS MODELING IN REVIT

С 1 января 2022 года ведение и формирование информационной модели объекта капитального строительства становится обязательным в соответствии с постановлением правительства Российской Федерации № 331, следовательно проектная документация на объект капитального строительства должна быть реализована в специальном программном комплексе. В данной статье рассматривается возможность применения BIM-технологий для моделирования кабеленесущих систем в Autodesk Revit, на примере подготовленных решений от производителя электротехнической продукции ДКС. Авторы статьи на основе опыта использования плагина провели анализ результатов моделирования, и сравнили данный способ с другим методом построения систем в Autodesk Revit, описанным ранее. В результате анализа выявлены и описаны преимущества и недостатки использования плагина.

*Ключевые слова:* Autodesk Revit, информационная модель объекта капитального строительства, кабеленесущие системы, BIM-проектирование, ДКС.

From January 1, 2022, the maintenance and formation of an information model of a capital construction object becomes mandatory in accordance with the decree of the Government of the Russian Federation No. 331, therefore, the project documentation

for the capital construction object must be implemented in a special software package. This article discusses the possibility of using BIM technologies for modeling cable-carrying systems in Autodesk Revit, using the example of prepared solutions from the manufacturer of electrical products DKC. The authors of the article, based on the experience of using the plugin, analyzed the simulation results, and compared this method with other methods of building systems in Autodesk Revit described earlier. As a result of the analysis, they identified and described the advantages and disadvantages of using the plugin.

*Keywords:* Autodesk Revit, information model of a capital construction facility, cable-carrying systems, BIM-design, DKC.

Кабеленесущая система (трасса) – совокупность электротехнических элементов (изделий) в сборе, предназначенная для прокладки проводов и кабелей (систем проводов и кабелей) различного назначения, устанавливаемая на ограждающие строительные конструкции.

Производитель устанавливает основные нормы, правила, требования, подлежащие соблюдению при проектировании, монтаже и эксплуатации кабельных лотков.

Конструкция систем кабельных лотков после их установки в соответствии с указаниями изготовителя должна обеспечивать надёжную опору для размещения в них кабелей. После установки системы не должны создавать необоснованной угрозы повреждения кабелей и электроустановки.

Конструкция компонентов систем должна обеспечивать их устойчивость к внешним воздействиям при транспортировке и хранении, указанных изготовителем.

Авторами в данной статье будет рассмотрен способ моделирования кабеленесущих систем для сетей электроснабжения в Autodesk Revit, на примере разработок компании DKC. В предыдущих статьях были рассмотрены общие вопросы по построению электрики и моделированию молниезащиты [1–3].

В Autodesk Revit существуют стандартные инструменты моделирования кабеленесущих систем, но они не позволяют так же гибко, быстро и автоматизировано моделировать кабельные лотки. Применяя стороннее программное обеспечение от производителя, можно за гораздо меньшие сроки и более детализировано выполнить весь необходимый объём работы, и при необходимости эффективно вносить корректировки в уже существующую трассу.

АО «ДКС» (DKC) производит продукцию для организации систем электроснабжения, автоматизации и распределения энергии на объектах любого назначения. Сегодня это – один из крупнейших производителей



электрооборудования в России и Европе. Компания участвует в инновационных программах и обладает широким перечнем собственных патентов, а ее продукция используется в энергетической, топливной, химической, пищевой, строительной отраслях.

Компания ДКС имеет большую базу чертежей, динамических блоков и трехмерных моделей продукции, которые находятся в общем доступе и предоставляются бесплатно. Все чертежи созданы в форматах STEP, DWG или SAT и полностью совместимы с наиболее популярными на сегодняшний день программами, модулями и плагинами трехмерного и двухмерного проектирования, такими как AutoCAD, SolidWorks, Autodesk Revit, AVEVA, Eplan FieldSys, Intergraph и NanoCAD. По мере изменения или увеличения ассортимента оборудования, база чертежей получает актуальные обновления, что позволяет создать максимально удобные условия для всех проектировщиков.

Для моделирования трасс кабельных лотков в программе Autodesk Revit компания ДКС разработала плагин «КНС Combitech», представляющий собой инструмент автоматизированного процесса проектирования кабельных лотков с использованием продукции компании ДКС. Плагин дает возможность комплексно проектировать трассы кабельных лотков вместе с различными вариантами креплений как к горизонтальным, так и к вертикальным поверхностям.

Плагин «КНС Combitech» можно технически разделить на две части [4]:

1. База данных – семейства Revit.
2. Плагин для Revit, представляющий собой набор инструментов, автоматизирующих процесс управления этими семействами в проекте Revit.

База данных плагина КНС Combitech состоит из семейств Revit. В основе проектирования кабельных лотков в программе Revit лежит системное семейство «Кабельный лоток с соединительными деталями». Все семейства опорных конструкций созданы на основе «Метрическая система, типовая модель» в категории «Соединительные детали кабельных лотков». Семейства опорных конструкций представляют собой конструктор сборки, состоящий из отдельных семейств. Поворотные секции выполнены загружаемыми семействами на основе категории «Соединительные детали кабельных лотков». Все семейства кабельных лотков настраиваются.

Соединительные детали кабельных лотков ДКС представляют собой упрощенные 3D модели, геометрические размеры которых заданы по внешнему габариту кабельных лотков в соответствии с каталогом компании ДКС.

Особенности плагина [4]:

- Построение трасс кабельных лотков серий S5, L5, U5, G5 и F5 Combitech со всеми аксессуарами в ВМ-среде.
- Автоматическая расстановка основных поворотных аксессуаров.
- Автоматический подбор метизов и соединительных элементов.
- Наличие элементов креплений B5 Combitech к вертикальным и к горизонтальным поверхностям с автоматической расстановкой вдоль участка трассы.
- Настройка элементов крепления как для одного кабельного лотка, так и для группы параллельных кабельных лотков.
- Совместимость со сторонними плагинами для проектирования и расчетов за счёт использования системных семейств.
- Настройка параметров проекта для работы с семействами кабельных лотков под определенные шаблоны и задачи.
- Подготовка спецификаций по кабельным лоткам, аксессуарам и элементам креплений.

Для работы с плагином не требуется специальный пользовательский шаблон или ручная загрузка семейств в проект пользователя. Необходимые семейства компонентов будут загружены в проект пользователя автоматически.

При первом запуске плагина в Revit команды не доступны. Запуск происходит по нажатию на инструмент «Копирование параметров».

В плагине реализована возможность выбора языка. Данный выбор повлияет на язык интерфейса плагина и информацию в элементах ДКС. Выбор языка происходит один раз. После нажатия на инструмент «Копирование параметров» данная опция заблокируется. Выбор языка не повлияет на перевод наименований семейств и их параметры.

При нажатии на инструмент «Копирование параметров» происходит настройка для корректной работы плагина, а именно:

1. Загрузка необходимых параметров проекта.
2. Загружаются преднастроенные семейства и спецификации.

Инструмент «Копирование параметров» позволяет сопоставить и копировать значения параметров из ФОПа (файл общих параметров) ДКС в любые другие общие параметры, например, ADSK. Если в проекте есть общие параметры ADSK, сопоставление будет произведено автоматически.

Копирование значений может производиться только в параметрах проекта, которые относятся к категориям «Кабельные лотки»

и «Соединительные детали кабельных лотков» – тип параметров должен быть «по экземпляру».

Для копирования сопоставляется два одноименных параметра с разными префиксами, в первой графе – параметр, из которого копируется значение, во втором – параметр, принимающий скопированное значение (рис. 1).

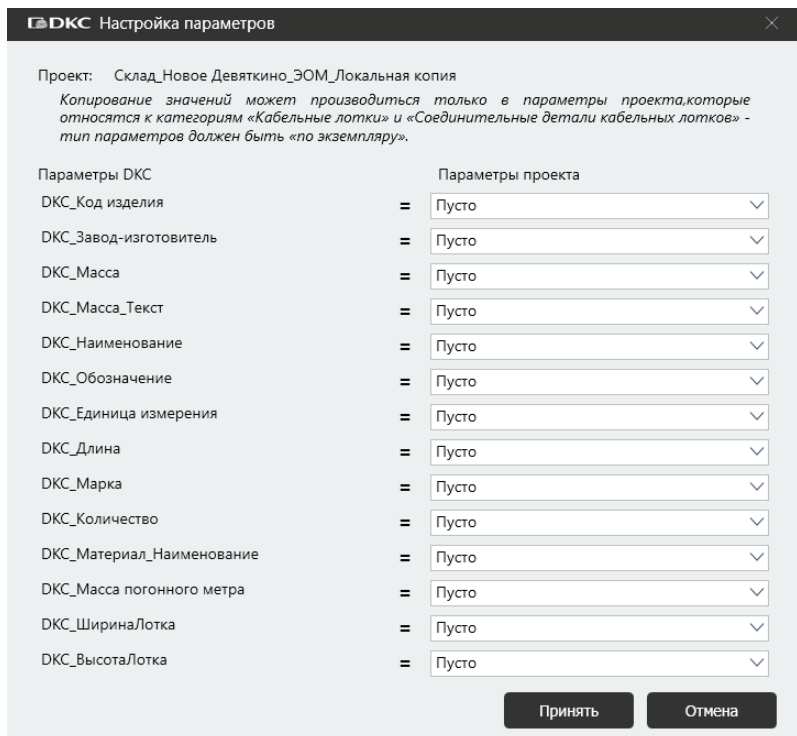


Рис. 1. Окно настройки параметров в шаблоне ЭОМ ADSK

После копирования параметров необходимо настроить кабельные лотки. Диалоговое окно настройки будущей трассы кабельных лотков вызывается кнопкой «Настроить плагин» и представлено на рис. 2.

Кроме кабельных лотков можно также в автоматизированном режиме моделировать крепления кабельных лотков. Для этого необходимо нажать кнопку «Конструктор» (рис. 3) [5].

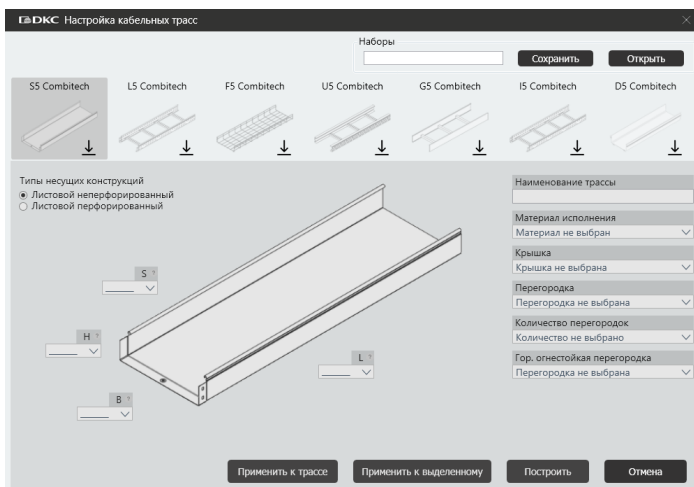


Рис. 2. Окно настройки кабельных трасс при первом открытии

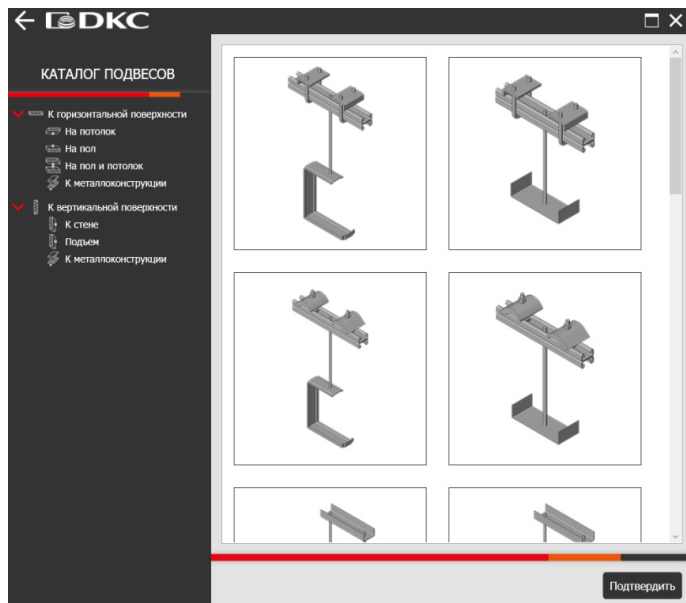


Рис. 3. Окно с настройкой подвесов кабельных лотков

Авторами статьи был выполнен проект кабеленесущих систем складского комплекса с помощью плагина «КНС Combitech» (рис. 4).



Рис. 4. Пример кабеленесущих систем, построенных с помощью плагина КНС Combitech

Преимущества от применения плагина:

- Позволяет сократить сроки моделирования кабельных лотков и опорных конструкций более чем на 50 %.
- Исключение ошибок в моделировании.
- Эффективная корректировка кабельной трассы.
- Автоматическая полная спецификация материалов.
- Высокий уровень детализации.
- Недостатки:
  - На момент написания статьи плагин некорректно работает с другими плагинами от прочих производителей.
  - На момент написания статьи не все существующие крепления замоделированы и добавлены в плагин.

Если проанализировать возможности данного плагина и сравнить его с другим способом моделирования, например, без применения дополнительного программного обеспечения, как описано в статье [2], где был представлен способ построения модели от другого производителя, основанный на заранее заготовленном шаблоне, то можно сделать следующие выводы:

1. Применение дополнительного программного обеспечения требует полной загрузки в проект сразу всей базы семейств для моделирования, что затрудняет работу в более нагруженном файле проекта, но заранее загруженные материалы позволяют сократить время на внесение корректировок и замену одного материала на другой.

2. Применение заранее заготовленного шаблона, как описано в статье [2], позволяет загрузить в проект только то, что необходимо для работы, и не нагружать файл проекта, но такой способ увеличивает время внесения изменений в проект.

Таким образом, если перед проектировщиком стоит типовая задача, и он уверен в том, что корректировок и изменений не будет, то эффективнее воспользоваться заранее подготовленным шаблоном, пример такого шаблона представлен в статье [2]. Но если задача не типовая, и существует большая вероятность корректировок и изменений, то лучше использовать плагин «КНС Combitech».

Работа проведена в рамках реализации проекта «Инновационная методика формирования цифровых профессиональных компетенций обучающихся и специалистов строительной отрасли» на базе Федеральной инновационной площадки ФГБОУ ВО СПбГАСУ.

### **Литература**

1. Епишкин А.Е., Калинин А.С. Проектирование систем электроснабжения в Revit // ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Материалы III Международной научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2020. С. 205–210. DOI: 10.23968/ВІМАС.2020.026. EDN: NJRMPZ.

2. Епишкин А.Е., Курмелев Д.А., Иванов А.Д. Применение ВІМ технологий для моделирования систем молниезащиты // ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Материалы V Международной научно-практической конференции. Под общ. ред. А. А. Семенова. СПб.: СПбГАСУ, 2022. С. 132–140. DOI: 10.23968/ВІМАС.2022.017. EDN: DLQBMP.

3. Грачев М.А., Войтов Н.О., Пимкин В.В. Особенности использования ВІМ при проектировании электротехнических систем // Инженерные системы и городское хозяйство: Материалы IV Региональной научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2022. С. 277–283. EDN: GGTUSH.

4. DKC Cable Trays. Техническое руководство по плагину для моделирования трасс кабельных лотков в программе Autodesk Revit 2022. URL: [https://www.dkc.ru/upload/dkc/pub/Prog/Autodesk/Revit/Trays/Document/instruction\\_Trays.pdf](https://www.dkc.ru/upload/dkc/pub/Prog/Autodesk/Revit/Trays/Document/instruction_Trays.pdf) (дата обращения: 23.02.2023).

5. DKC SUPPORT SYSTEMS. Техническое руководство по плагину для моделирования опорных конструкций в программе Autodesk Revit 2022. URL: [https://www.dkc.ru/upload/dkc/pub/Prog/Autodesk/Revit/Podves/010721/DKC\\_Support\\_Systems\\_Instrukcia.pdf](https://www.dkc.ru/upload/dkc/pub/Prog/Autodesk/Revit/Podves/010721/DKC_Support_Systems_Instrukcia.pdf) (дата обращения: 23.02.2023).

УДК 62-503.55:624.05:004.01

DOI: 10.23968/BIMAC.2023.022

**Жукова Валерия Александровна**, руководитель проектного направления  
(ООО «РОСТерм Северо-Запад»)

*E-mail: zhukova.v@rostherm.ru, ORCID: 0000-0001-5946-4246*

**Рогаль Игорь Олегович**, инженер-проектировщик  
(ООО «РОСТерм Северо-Запад»)

*E-mail: i.rogal@rostherm.ru, ORCID: 0000-0002-2684-9710*

Zhukova Valeria Aleksandrovna, Project manager  
("ROSTerm North-West" LLC)  
Rogal Igor Olegovich, Engineer  
("ROSTerm North-West" LLC)

## КАТАЛОГ СЕМЕЙСТВ ОТ ПРОИЗВОДИТЕЛЯ РОСТЕРМ. ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ

### CATALOG OF FAMILY FROM THE MANUFACTURER ROSTERM. APPLICATION EXPERIENCE

Процесс создания первичной модели здания – один из самых трудоемких процессов, существует острая необходимость в унификации, автоматизации некоторых процессов отрисовки систем и конструкций. В данной статье на примере компании РОСТерм, рассмотрим проблемные места в каталогах оборудования BIM-моделей для программы Autodesk Revit. Также проанализируем использование сборных семейств, как элемент автоматизации процесса отрисовки типовых узлов. Авторами рассмотрены существующие преимущества применения данной методики проектирования в BIM. В статье будут описаны совместимости сторонних расчетных программ с программой Autodesk Revit и перспективы развития информационного моделирования.

*Ключевые слова:* РОСТерм, BIM-технологии, каталог оборудования, первичные элементы системы, Autodesk Revit.

The process of creating a primary building model is one of the most labor-intensive processes, there is an urgent need for unification, automation of some processes of drawing systems and structures. In this article, using the example of ROSTerm, we will consider problem areas in the equipment catalogs of BIM models for the Autodesk Revit program. We will also analyze the use of prefabricated families as an element of automating the process of rendering typical nodes. The authors considered the existing advantages of using this design technique in BIM. The article will describe the compatibility of third-party calculation programs with Autodesk Revit and the prospects for the development of information modeling.

*Keywords:* ROSTerm, BIM-technologies, equipment catalog, primary elements of the system, Autodesk Revit.

BIM-технологии – это современный способ проектирования зданий. При правильном использовании, такой способ уже на этапе создания проекта позволяет избавиться от проблем, которые могут возникнуть при расчете смет и монтаже [1].

За последнее время, проектирование внутренних инженерных систем в среде информационного моделирования развивается еще интенсивнее. На просторах интернета теперь не составит особого труда найти необходимую модель какого-либо оборудования от производителя.

Целью данной работы является поиск оптимальных решений для комфортной работы в программах, связанных с BIM.

На данный момент многие компании по созданию программного обеспечения пытаются внедрить свои наработки в BIM-проектирование. Возьмем в пример компанию SANKOM, которая специализируется на разработке программного обеспечения, помогающего проектировать системы отопления и водоснабжения [2]. У данной компании есть программа Audytor, которая теперь может делать не только гидравлические расчеты инженерных систем, но и может переводить как 3D модель здания из BIM-программ в свою среду, так и в обратную сторону – может перевести запроектированные инженерные системы в формат BIM.

Но такой метод все же не подходит для BIM-проектирования, так как в данном случае будет отсутствовать:

- качественная спецификация: элементам системы, которые были переведены из Audytor, автоматически не присваиваются ADSK-параметры, их необходимо вносить вручную;
- хорошая визуализация, ведь многие габариты элементов системы, такие как арматура, не соответствуют размерам из каталогов производителей и не всегда соединяются между собой (рис. 1, 2).

Такую выгрузку из программы Audytor можно использовать только как подложку, по которой уже можно будет запроектировать более качественно, заменяя элементы систем, используя библиотеки семейств производителей.

Совместно с Revit также работает программа MagiCAD, которая достаточно популярна и для AutoCAD. Но в связке с Revit все работает не идеально, одна из проблем – это совмещение семейств этих программ. Лишь у небольшого числа производителей существуют библиотеки



семейств MagiCAD, поэтому сделать семейства только на оборудовании данной программы – не выйдет.

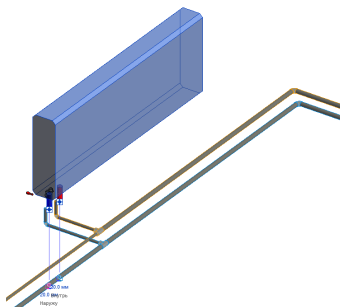


Рис. 1. Пример выгрузки из программы Audytor (отопительный прибор)

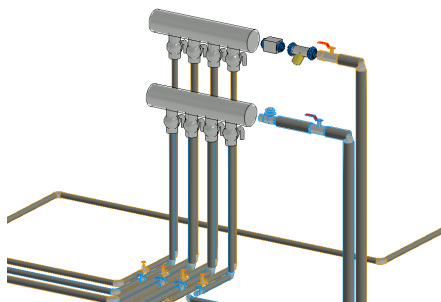


Рис. 2. Пример выгрузки из программы Audytor (коллектор)

Ещё одной из используемых проектировщиками расчетных программ, является программа Поток. Так как это расчетная программа без элементов чертежей, все расчетные данные переносятся вручную и нет никакой возможности автоматизировать процесс переноса расчетов в BIM-программы.

Рассмотрим практический опыт использования BIM.

Самая частая ошибка – это ошибка при подключении арматуры или труб. Причин возникновения может быть очень много, например, неправильное расположение коннектора или неправильно назначен тип оборудования [3]. Поиск причины таких нестыковок не всегда быстрый, поэтому некоторые проектные организации создают свои каталоги оборудования, которое они применяют в проекте.

Возьмем в пример H-образный клапан для нижнего подключения радиаторов.

У данного типа арматуры по два соединительных элемента с каждой стороны, что мешает корректному присоединению элемента. В программе Revit не предусмотрена функция подключения двух элементов одновременно, поэтому присоединение H-образного клапана в самом проекте будет невозможно (рис. 3).

Решается данная проблема различными способами:

– можно соединить клапан и радиатор трубопроводами, но корректного расчета в данном случае не выйдет;

– можно разделить клапан на 2 одинаковых элемента, но тогда спецификация будет некорректной.

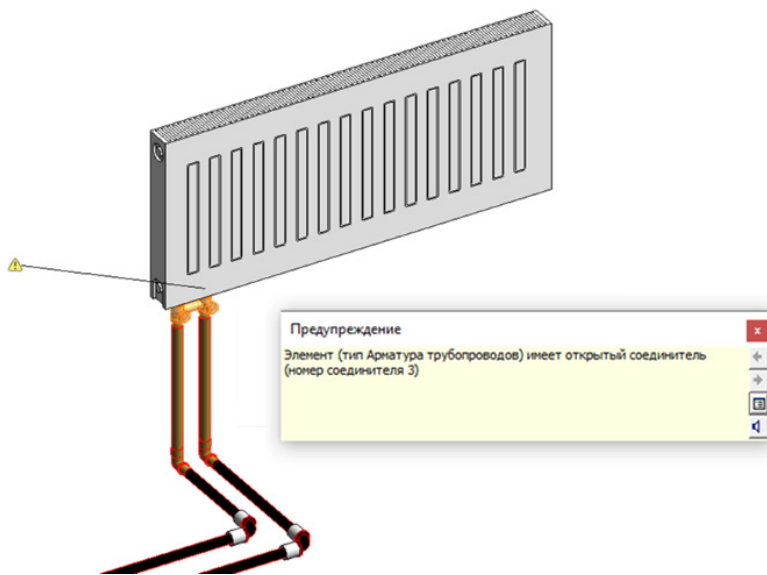


Рис. 3. Пример ошибки подключения отопительного прибора к N-образному клапану

Единственный корректный способ – работа со сборными («родительскими») семействами. В данном случае необходимо создать общее семейство, в которое уже будут входить первичные элементы систем – семейства, которые не имеют дополнительных элементов и входят в спецификацию как единый объект (рис. 4). Создание сборных семейств достаточно удобная функция в Revit, она позволяет создавать семейства со сложной геометрией, а также автоматизирует процесс моделирования, так как можно создавать готовые, типовые узлы систем, а не собирать их в самом проекте.

На данный момент, с уходом иностранных производителей, компания РОСТерм тщательно работает над сборными семействами, ведь на самом деле, чем меньше соединений в проекте, тем меньше ошибок при стыковке элементов систем.

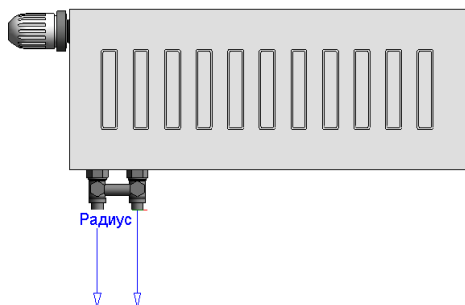


Рис. 4. Пример сборного семейства отопительного прибора с вложенными семействами Н-образного клапана и термостатической головки

Сейчас был рассмотрен узел нижнего подключения радиатора, но что, если взять коллекторные узлы, где больше количество соединений. Тут вероятность возникновения проблем гораздо больше [4]. Ведь у каждого элемента своя классификация и тип соединения. Поэтому сейчас в компании РОСТерм развивается библиотека сборных коллекторных узлов, которую возможно получить по запросу (рис. 5).

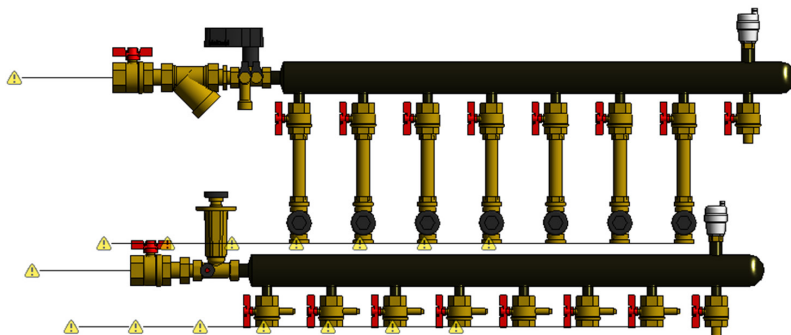


Рис. 5. Пример сборного семейства коллектора с регулирующей и запорной арматурой

Компания РОСТерм, как производитель оборудования, рекомендует пользоваться каталогами производителей, так как при каждой

новой разработке могут возникать ошибки при заполнении технических параметров.

Но в любом случае, проблемы на этом не заканчиваются. Например, у проектировщиков возникает желание ведения как совместной спецификации, так и отдельной, именно для коллекторных узлов, чтобы была возможность добавить их на листы.

Проблема в таких узлах заключается в том, что нельзя в Revit иметь две отдельные спецификации, как для всех элементов в общем, так и по отдельности рассмотреть каждый элемент.

Для грамотного ведения ВІМ-проектов, компаниям требуется тратить большие средства, как на программное обеспечение, так и на техническую составляющую всего проектного отдела. Также требуется повышение квалификации проектировщиков, так как на освоение ВІМ-инструментов требуется время – так как Revit не освоить за пару дней.

На государственном и муниципальном уровнях предпринимаются шаги к переходу на ВІМ-технологии [5]. Новый срок введения обязательного применения информационной модели, включая графическую модель в трёхмерном изображении, зафиксирован постановлением № 962 (от 27.05.2022) «О внесении изменений в постановление Правительства РФ от 15.09.2020 № 1431». Согласно документу, данное требование будет предъявляться с 1 марта 2023 года [6], а пока дополнять проектную документацию трёхмерной моделью необходимо только в том случае, если это предусмотрено техзаданием или договором.

Что касается стандартов, то на сегодняшний день, пока нет единого подхода к работе с ВІМ, стандарты ЕСИМ (Единая система информационного моделирования) пока только разрабатываются. Это с одной стороны. С другой – многие заказчики в полной мере не обладают знаниями обо всех возможностях технологии ВІМ и инструментов информационного моделирования, в связи с чем возникают сложности в постановке ТЗ и оценке готовой работы. В целом, всё это порождает несогласованность в работе между исполнителями и подразделениями компании-заказчика [7].

Тем не менее, у самой технологии большие перспективы. И на данный момент наблюдается постепенное вытеснение САД-проектирования более совершенными программами.

### **Литература**

1. Талапов В.В. ВІМ технологии в проектировании: что под этим обычно понимают. URL: <https://maistro.ru/articles/stroitelnye-konstrukcii.-proektirovanie-i-raschet/bim-tehnologii-v-proektirovanii-cto-pod-etim-obychno-ponimayut> (дата обращения: 05.02.2023).

2. SANKOM – Программы, помогающие в проектировании систем отопления и водоснабжения. URL: <http://ru.sankom.net/> (дата обращения: 05.02.2023).
3. Суханов К.О., Бардадым В.Ю., Попов В.Ю. Анализ способов подключения отопительных приборов при проектировании в Revit // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: матер. всеросс. научно-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 155–159. EDN: NUGNDT.
4. Ростова М.С., Сайфуллина Е.А., Щеглов Д.В. Поэтажный коллекторный модуль в Revit // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: матер. всеросс. научно-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 159–163. EDN: YUWHFX.
5. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 03.02.2023).
6. Обязательное применение информационной модели. URL: <https://sroportal.ru/news/federal/tim-podozhdyot-obyazatelnoe-primeneniye-informacionnoj-modeli-na-gosstrojках-otlozhili-na-god/> (дата обращения: 05.02.2023).
7. Концепция BIM – проектирования: история, преимущества, сложности внедрения. URL: <https://habr.com/ru/company/first/blog/714052/> (дата обращения: 05.02.2023).

**УДК 004.9+726.5**

**DOI:** 10.23968/ВМАС.2023.023

**Максимова Светлана Валентиновна**, д-р техн. наук, профессор  
(Пермский национальный исследовательский политехнический университет)

*E-mail:* svetlana-maximova@yandex.ru, *ORCID:* 0000-0003-3216-8732

**Семина Анастасия Евгеньевна**, канд. архит., доцент

(Пермский национальный исследовательский политехнический университет)

*E-mail:* semina.ae@yandex.ru, *ORCID:* 0000-0002-7786-5526

**Любимов Александр Владимирович**, аспирант, ассистент

(Пермский национальный исследовательский политехнический университет)

*E-mail:* lyubimov.aldr@gmail.com, *ORCID:* 0000-0001-7544-1538

Maksimova Svetlana Valentinovna, Dr. Sci. Tech., Professor

(Perm National Research Polytechnic University)

Semina Anastasia Evgenievna, PhD in Arch., Associate Professor

(Perm National Research Polytechnic University)

Lyubimov Aleksandr Vladimirovich, postgraduate student, Assistant Lecturer

(Perm National Research Polytechnic University)

## **ОЦЕНКА РАЗРУШЕНИЙ ПАМЯТНИКА АРХИТЕКТУРЫ «НИКОЛЬСКАЯ СОЛЯНАЯ ВАРНИЦА» В УСОЛЬЕ С ПОМОЩЬЮ ОБЛАКОВ ТОЧЕК**

### **EVALUATION OF THE ARCHITECTURAL MONUMENT “NIKOLSKAYA SALT WORKS” IN USOLYE DESTRUCTION USING POINT CLOUDS**

Технология построения информационной модели по облаку точек активно внедряется в процессы обследования исторических зданий. Обработка облаков точек, полученных при наземном лазерном сканировании архитектурных памятников – сложная и комплексная задача. При этом оценка состояния, разрушений и деформаций здания может проводиться уже на этапе обработки облака точек, до завершения построения информационной модели здания. В статье описан опыт обработки данных цифрового обследования на примере памятника промышленной архитектуры Никольской варницы в городе Усолье, спецификой которого является руинированное состояние. В статье продемонстрированы принципы расчетов объемов утраченной кладки, углов наклона наружных стен и оценка геометрии фасадов с использованием результатов обработки облака точек.

*Ключевые слова:* облако точек, скалярное поле, наземное лазерное сканирование, памятник архитектуры, деформации здания.

The technology of building an information model based on a cloud of points is being actively introduced into the processes of surveying historical buildings. Processing point clouds obtained during the survey of architectural monuments is a difficult and complex task. The article describes the experience of processing data obtained from ground-based laser scanning of the Nikolskaya varnitsa in the city of Usolye. The condition of the varnitsa is deteriorating every day, and soon the building may be lost. Assessment of the state, destruction and deformation of a brick building can be carried out already at the point cloud processing stage, without waiting for the information model of the building. The article demonstrates the principles of calculations for assessing the volume of lost masonry, the angles of inclination of the outer walls, and the correctness of the geometry of the facades.

*Keywords:* point cloud, scalar field, terrestrial laser scanning, architectural monument, building deformations.

Технологии информационного моделирования уже широко внедряются в практику сохранения архитектурного наследия [1, 2]. Однако существуют большие различия в их применении к вновь создаваемым (BIM) и реконструируемым зданиям (NBIM) [3], а использование BIM-подхода для исторической архитектуры по-прежнему считается большой проблемой [4]. Каждый исторический объект индивидуален не только по своим историко-архитектурным характеристикам, но и по физическому состоянию, что создает определенные трудности при создании трехмерных и информационных моделей. Особенно сложной является обработка облаков точек, полученных при обследовании руинированных памятников, когда утраченные элементы приходится восстанавливать в NBIM-модели вручную, интегрируя старые чертежи и фотографии [4]. Вместе с тем проблемы, возникающие при обработке облаков точек, полученных при сканировании руинированных памятников, открывают новые возможности использования полученной цифровой информации.

В настоящей статье рассматривается применение данных лазерного сканирования и обработки облаков точек Никольской соляной варницы в г. Усолье для расчета отклонений фасада от вертикальной плоскости и оценки объема разрушенной кладки.

Никольская варница является единственной сохранившейся в стране каменной солеварней [5]. Она находится в процессе непрерывного разрушения и через некоторое время может быть полностью утрачена (рис. 1).

Для обследования руин варницы применялось наземное лазерное сканирование с помощью сканера Leica Geosystems Scanstation C10 импульсного типа с последующей фотофиксацией. Учитывая условия доступности фасадов варницы на местности, расстояние между станциями

принималось 5-20 метров в зависимости от количества препятствий для луча лазера. Целевое значение для перекрытия съемки 60 %. Для оптимизации проводилась чистка облака точек с прореживанием и удалением одинаковых точек.



Рис. 1. Никольская варница в Усолье: 1993 г., 2022 г.

Общий вид облака точек позволяет понять состояние и расположение сохранившихся несущих конструкций: разрушение как наружных, так и внутренних стен, объемно-планировочные и высотные характеристики здания, уровень земли.

Основной принцип работы с облаком точек с целью оценки разрушений и деформаций заключается в использовании сечений, построении скалярных полей поверхностей стен, подсчете отклонений от заданной плоскости. Такие методы позволяют выполнить достаточно точную визуальную оценку и подсчитать основные характеристики: углы, размеры, объемы разрушений. Все вычисления выполняются в программе CloudCompare.

Для наружных стен произведен расчет отклонений облака точек от вписанной вертикальной плоскости с применением плагина C2Mdistance. Плоскость была вписана в вырезанную часть облака точек наружной поверхности стены, при этом значение нормали по оси  $z$  принято равным 0 ( $N_z = 0.000$ ).

На рис. 2 показаны результаты расчета отклонений от вертикали стен. Карта отклонений имеет максимальное (синее) и минимальное (красное) значения, которые показывают расстояние от средней вписанной вертикальной плоскости до облака точек. Темно-синий цвет означает выступающие места на фасаде, а красный – западающие части стены.

Для оценки угла наклона и глубины выпавших участков кирпичной кладки в облаке точек с помощью инструмента подрезки были построены вертикальные сечения. Сечения проводились с некоторым интервалом в характерных участках стены.



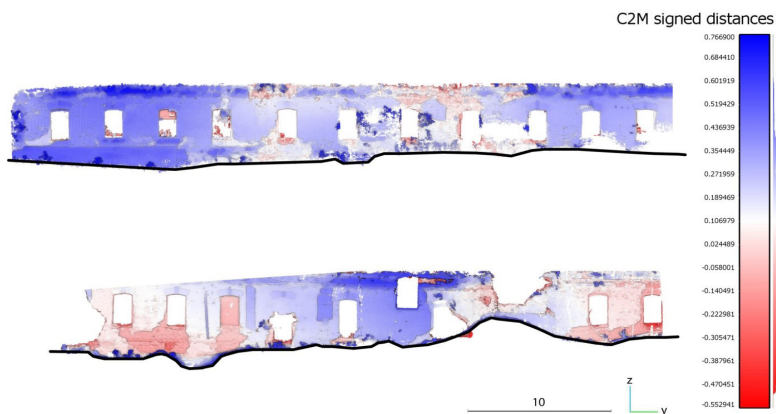


Рис. 2. Определение отклонений от вертикали для длинных фасадов варницы

На рис. 3, *a* показаны сечения наружной поверхности стены, а на рис. 3, *б* указано расположение секущих плоскостей. Углы наклона рассчитывались как угол между средней линией, проведенной к поверхности стены, и вертикальной плоскостью. Угол наклона стены в сечении 2-2 максимальный для данного фасада и составляет 6,03 градуса.

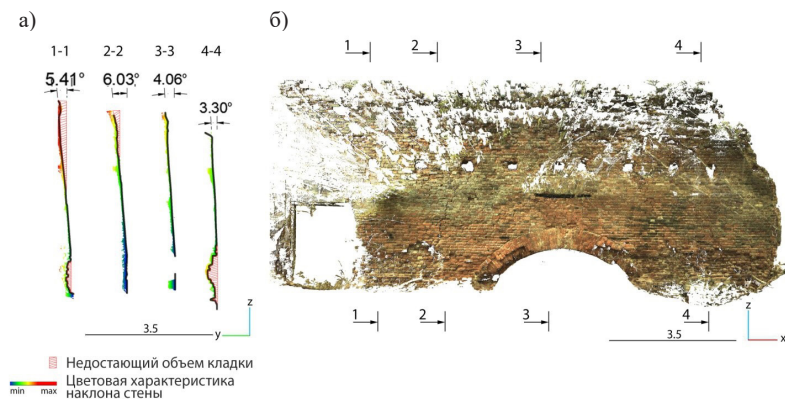


Рис. 3. Сечения стены для выявления угла наклона и прямых участков:  
*a* – сечения наружной поверхности стены, взгляд сбоку;  
*б* – расположение сечений

Для оценки объемов утраченной кирпичной кладки использовался метод построения скалярных полей по соответствующей координате. Для каждого из фасадов были вычислены скалярные поля в соответствии с ориентацией фасада по отношению к осям  $y$  и  $x$ . Полученные цветные карты фасадов анализировались путем работы с гистограммами распределения точек в скалярном поле. На рис. 4 показан результат расчета для южного фасада. По полученным значениям можно с точностью до 0,01 можно вычислить разницу в толщине кирпичной кладки. Для наглядности была отсечена часть цветовой индикации на гистограмме распределения точек в скалярном поле (окрашена серым). В расчете принято, что в пределах значений от 7.833 до 8.086 поле фасада сохранилось наиболее хорошо, эти значения на гистограмме отображаются серым цветом. Желтым, красным, зеленым цветами обозначены массивы разрушений верха и низа стены.

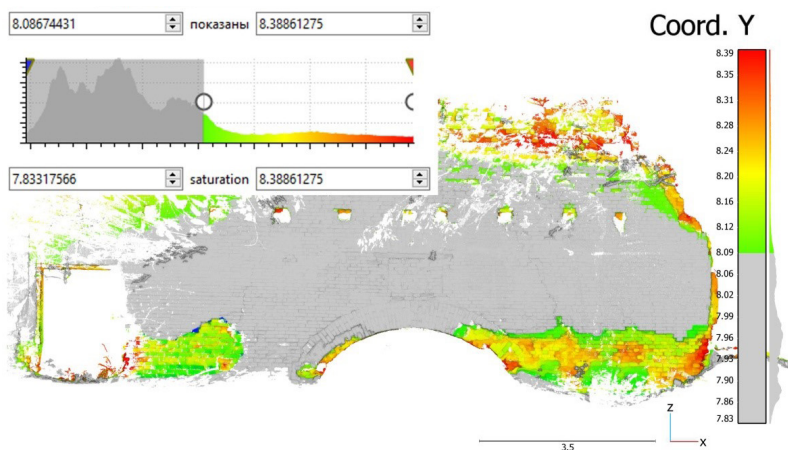


Рис. 4. Определение разрушений кладки с помощью скалярного поля по оси  $Y$

Работа с полученными с помощью сканирования облаками точек для решения задач, связанных с расчетами, пока довольно редко встречается в строительной практике. Например, Jet Construction Monitor использует облака точек для выявления отклонений (сдвиг, поворот) от проектной 3D-модели на строящемся объекте [7], хотя этот подход отличается от описанного в статье.

В заключение необходимо отметить, что для решения задач реконструкции наследия работа с облаками точек не менее интересна и полезна, чем построение самой информационной модели. Известно, что точность построения информационной модели по облаку точек значительно уменьшается по мере использования геометрически правильных (по умолчанию) элементов, из которых формируется модель. Следовательно, и точность отображения деформаций здания или отдельных его элементов также будет уменьшаться по мере того, как облако точек трансформируется в 3D модель.

В этом смысле библиотека облаков точек, как часть информационной модели объекта культурного наследия, становится инструментом мониторинга, что особенно важно, если объект находится на стадии обследования или в процессе реставрации.

#### Литература

1. Талапов В.В. Технология BIM и ее связующая роль для архитектуры разных эпох // Баландинские чтения. 2015. Т. 10, № 2. С. 325–328. EDN: UHGGTL.
2. Брайан П., Антонопулу С. BIM для культурного наследия. Разработка информационной модели исторического здания. М.: Издательские решения, 2019. 106 с.
3. Козлова Т.И., Талапов В.В. Опыт информационного моделирования памятников архитектуры // Architecture and Modern Information Technologies. 2009. № 3(8). С. 4. EDN: KVTDCT.
4. Chiabrando F., Lo Turco M., Rinaudo F. Modeling the Decay in an HBIM Starting from 3D Point Clouds. A Followed Approach for Cultural Heritage Knowledge // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2017. Vol. XLII-2/W5. P. 605–612. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W5-605-2017.
5. Антипов Д.А. Усольские древности: Сборник трудов и материалов по традиционной культуре русских Усольского района конца XIX–XX вв. Усолье: Усольский историко-архитектурный музей «Палаты Строгановых», 2018. 304 с. EDN: VKCPMT.
6. Астафьева Н.С., Кибирева Ю.А., Васильева И.Л. Преимущества использования и трудности внедрения информационного моделирования зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2017. № 8(59). С. 41–62. DOI: 10.18720/CUBS.59.3.
7. Облако точек. Как мы развиваем цифровые технологии в строительстве. URL: <https://habr.com/ru/company/jetinfosystems/blog/464593>. (дата обращения: 22.01.2023).

**УДК 004.428.4**

**DOI: 10.23968/BIMAC.2023.024**

**Мустафин Алмаз Наилович**, руководитель отдела  
информационного моделирования  
(ООО «Георекон»)

*E-mail: a.n.mustafin@yandex.ru*

**Шакиров Рустам Илюсович**, BIM-менеджер  
(ООО «Проектный технологический институт»)

*E-mail: archirush@yandex.ru*

**Порываев Илья Аркадьевич**, канд. техн. наук, доцент  
(Уфимский государственный нефтяной технический университет)

*E-mail: ilyaporivaev@yandex.ru*

Mustafin Almaz Nailovich, Head of the Information Modeling Department  
(“Georecon” LLC)

Shakirov Rustam Ilusovich, BIM-manager  
(“Proektnii Tehnologicheskii Institut” LLC)

Porivaev Iliia Arkadevich, PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Ufa State Petroleum Technological University)

## **ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ В РАБОТЕ С ОТВЕРСТИЯМИ НА ПРИМЕРЕ ПО AUTODESK REVIT**

### **THE APPLICATION OF AUTOMATED MEANS IN THE WORK WITH OPENINGS ON THE EXAMPLE OF AUTODESK REVIT**

Работа с отверстиями – это один из основных этапов проработки конструктивных решений на стадии подготовки рабочей документации в проектировании. На сегодняшний день существует достаточно много различных подходов и инструментов, реализующих организацию работы с отверстиями на основе информационной модели. В данной статье описывается подход, при котором весь процесс взаимодействия специалистов между собой выстроен с использованием различных средств автоматизации. Актуальность такого подхода заключается, во-первых, в удобстве за счет гибкой настройки пользовательского интерфейса внутри плагинов, во-вторых, в скорости работы за счет автоматизации всех действий, и в-третьих – в увеличении качества проектной документации за счет уменьшения количества коллизий, связанных с прохождением инженерных сетей через различные конструкции.

*Ключевые слова:* BIM, Autodesk Revit, автоматизация, отверстия, программирование

Work with openings is one of the main steps of deliberation of structural solutions at the stage of preparation of working documentation in design. Today, there are quite a lot of different approaches and tools to implement the organization of work with openings on the basis of information model. The article describes an approach, where the whole process of specialists' interaction is developed using various means of automatization. The relevance of such approach lies, firstly, in the convenience due to flexible settings of user's interface within plug-ins; secondly, in the speed of work due to the automatization of all actions; thirdly, in the increase of the quality of project documentation due to decreasing the amount of collisions, related to the passage of engineering networks through various structures.

*Keywords:* BIM, Autodesk Revit, automatization, openings, programming

Целью разработки нового подхода является создание единой системы работы с отверстиями внутри проектной команды, которая будет удовлетворять критериям, обозначенным в таблице, так как известные методы данным критериям в полной мере не отвечают [1–3].

В качестве инструмента для формирования информационной модели используется ПО Autodesk Revit. Данное программное решение выбрано как наиболее популярное для внедрения подхода информационного моделирования в проектные компании, так как имеет большую базу обучающих материалов, готовых шаблонов для работы, а также крупную библиотеку компонентов для формирования информационных моделей. Кроме этого, Autodesk Revit имеет открытую библиотеку классов Revit API и документацию к ней, что позволяет самостоятельно создавать плагины для автоматизации процессов. Плагины компилируются в виде dll-библиотек на языке программирования C# [4, 5].

#### Анализ решений работы с отверстиями

	Стандартные инструменты Revit	Revit+Dynamo	Mira-cad	BIM-Step	Citrus	Собственное решение
Автоматизированное создание отверстий	Нет	Да	Да	Да	Да	Да
Автоматизированный анализ отверстий	Нет	Да	Да	Да	Нет	Да
Междисциплинарная координация в рамках ПО	Нет	Да	Да	Да	Нет	Да

*Окончание таблицы*

	Стандартные инструменты Revit	Revit+Dynamo	Miracad	BIM-Step	Citrus	Собственное решение
Быстрое внесение изменений, возможность делать это автоматизировано	Нет	Да	Да	Нет	Нет	Да
Автоматизированная идентификация отверстий	Нет	Да	Да	Да	Нет	Да
Автоматизированное заполнение ведомости отверстий	Нет	Да	Нет	Нет	Нет	Да
Удобный пользовательский интерфейс, простота использования	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Да
Высокая стабильность и скорость работы	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Да

В ходе разработки нового подхода были обозначены следующие задачи:

1. Обеспечить автоматизированную генерацию отверстий в информационной модели.
2. Сформировать необходимый инструментарий для анализа данных и мониторинга возможных изменений в автоматизированном режиме.
3. Сформировать компоненты модели отверстий, обеспечивающих высокую производительность работы и имеющих ясную цветовую идентификацию, а также весь необходимый набор параметров для быстрого формирования документации.
4. Разработать средства для автоматизированного вычисления отметок отверстий, а также их нумерации.

Таким образом, для решения каждой конкретной задачи был разработан отдельный плагин, который можно использовать прямо через пользовательский интерфейс Autodesk Revit. Общий алгоритм работы обозначен в виде блок-схемы (рис. 1).

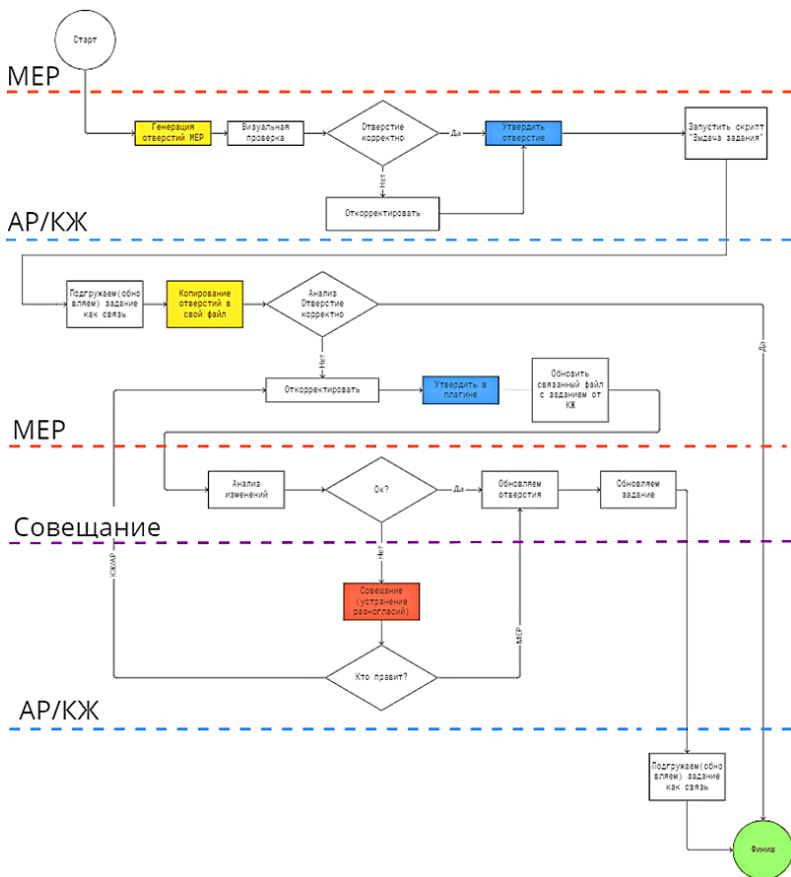


Рис. 1. Блок-схема алгоритма работы с отверстиями

Весь процесс работы с отверстиями согласно данному подходу разделен на несколько основных этапов:

1. Этап генерации отверстий в файле инженерных систем. На данном этапе используется команда «Генерация отверстий» (рис. 2), после вызова которой в появившемся окошке (рис. 3) необходимо указать файл, с которым будут проверяться пересечения элементов инженерных систем, уровень обработки элементов, а также величину увеличения габаритов отверстий по сравнению с габаритами обрабатываемого элемента (трубы, воздуховода и т.п.). После успешной генерации в текущем активном файле формируются отверстия, у которых заполняются свойства «Статус» и «Функция». При этом, свойству «Статус» присваивается значение «Не проверено», а само отверстие имеет оранжевую окраску, что говорит пользователю о том, что данные отверстия необходимо проверить визуально и утвердить к выдаче задания (рис. 4). Параметр «Функция» заполняется в соответствии с разделом проекта автоматизировано при запуске генерации отверстий. Данный параметр необходим для последующей координации отверстий.

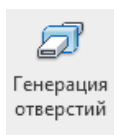


Рис. 2. Команда «Генерация отверстий»

Введите исходные данные:

Уровень

Связанный файл

Увеличение габаритов отверстий

Рис. 3. Окно ввода исходных данных

2. Этап проверки и утверждения отверстий в файле инженерных систем. Для упрощения процесса проверки вновь сгенерированных отверстий была сформирована команда «Анализ отверстий», имеющая в выпадающем списке функцию «Проверка отверстий» (рис. 5). При вызове данной команды в активном файле появляется окошко со списком не проверенных отверстий, поставив «галочку» на которые можно утвердить отверстия, присвоив параметру «Статус» значение «Проверено» (рис. 7). При этом для визуального различия отверстий с разными статусами, при утверждении отверстий их окрас меняется на синий оттенок (рис. 8).



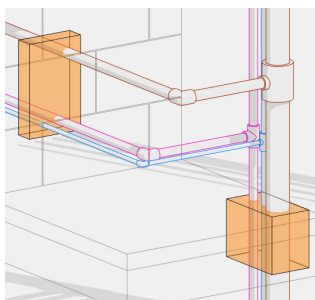


Рис. 4. Сгенерированные отверстия

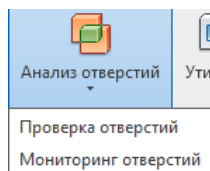


Рис. 5. Команда для проверки отверстий

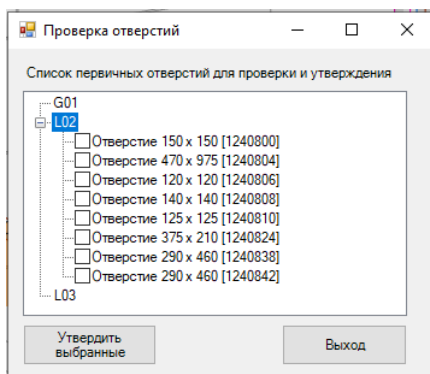


Рис. 6. Утверждение отверстий

Данные	
ADSK_Позиция	
ADSK_Этаж	L02
OPN_Отверстие_Статус	Проверено
OPN_Отверстие_Функция	ВК
OPN_Отверстие_ID	
OPN_Отверстие_Отметка	

Рис. 7. Параметр «Статус»

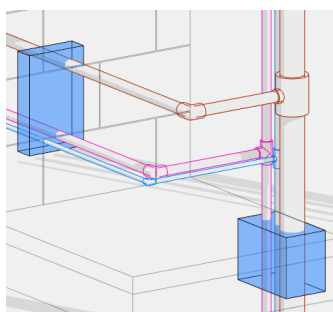


Рис. 8. Проверенные отверстия

3. Этап выдачи задания. На данном этапе посредством вызова команды «Выдача задания» (рис. 9) происходит отсоединение от текущего файла специального файла-задания, который автоматизировано помещается в определенную зону папочной структуры проекта и используется для связи со смежными разделами проекта. Данная команда используется не только для выдачи задания на отверстия, однако применительно к этому этапу работы над проектом, для отверстий заполняются параметры «ID» (рис. 10) для последующей координации отверстий с файлами архитектурно-конструктивных решений. Для описания текущего файла-задания в окошке команды можно оставить необходимый комментарий (рис. 11).



Рис. 9. Команда «Выдача задания»

Данные	
ADSK_Позиция	
ADSK_Этаж	L02
OPN_Отверстие_Статус	Проверено
OPN_Отверстие_Функция	БК
OPN_Отверстие_ID	5898bb9ce-7c76-4685-b06e-fd9f628051..
OPN_Отверстие_Отметка	

Рис. 10. Заполнение параметра ID у отверстий

Комментарий:

Запуск

Отмена

Рис. 11. Окно для заполнения описания

4. Этап формирования отверстий в файле конструктивных решений. На данном этапе при помощи команды «Копирование отверстий» (рис. 12) происходит расстановка отверстий в файле конструктивных решений. При этом полностью копируется геометрия и атрибутивные параметры отверстий из связанного инженерного файла, за исключением параметра «Статус» – он меняется на значение «Не проверено», а цвет

отверстий снова становится оранжевым (рис. 13), т.к. вновь скопированные отверстия необходимо проверить и утвердить с точки зрения конструктивных норм и правил. Кроме всего прочего, данные отверстия вырезают объем материала, в котором находятся, что позволяет получить более точные данные для смет и прочей документации.



Рис. 12. Команда  
«Копирование  
отверстий»

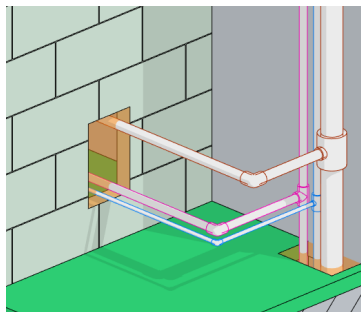


Рис. 13. Результат работы команды  
«Копирование отверстий»

5. Этап проверки отверстий в файле конструктивных решений. Этот этап аналогичен этапу проверок отверстий в файле инженерных систем и необходим для совместного согласования отверстий. После проверки и утверждения отверстий, необходимо произвести мониторинг текущих отверстий с отверстиями в смежных файлах – и в случае полного согласования отверстий перейти к оформлению соответствующих чертежей.

6. Этап мониторинга отверстий. На данном этапе осуществляется проверка координации отверстий и их согласование. Для анализа используется команда «Анализ отверстий» и в выпадающем списке функций выбирается «Мониторинг отверстий» (рис. 14). В появившемся окне необходимо выбрать связанный файл, с которым будет осуществляться координация отверстий. Отверстия, координаты и геометрические размеры которых совпадали с соответствующими отверстиями из инженерного файла попадают в группу согласованных (рис. 15). Кроме этого, у данных отверстий меняется параметр «Статус» на значение «Согласовано», а также цвет отверстия становится зеленым (рис. 16). В случае, если отверстие не прошло проверку координации, оно попадает в группу «Конфликтные отверстия», либо в группу «Отсутствующие в связанном файле отверстия» при отсутствии отверстия в смежном файле (рис. 17). Кроме

этого, всем конфликтным отверстиям в параметре «Статус» присваивается значение «Не проверено» и оранжевый цвет отображения. Данные отверстия необходимо заново проверить и согласовать.

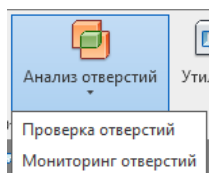


Рис. 14. Мониторинг отверстий

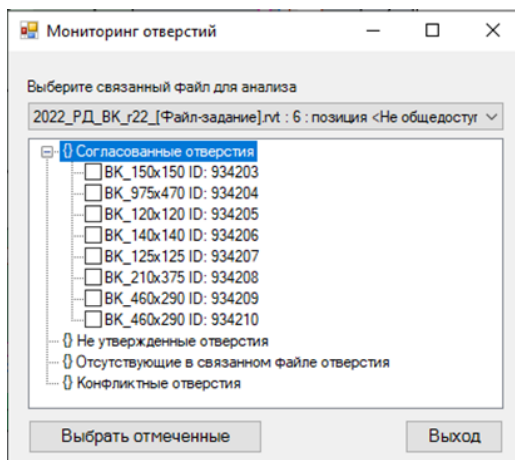


Рис. 15. Окно мониторинга отверстий

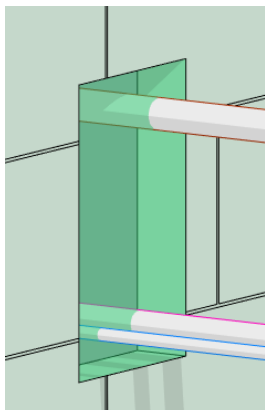


Рис. 16. Согласованное отверстие

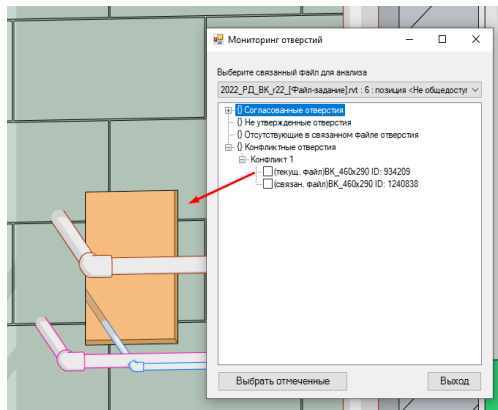


Рис. 17. Отверстие с нарушенной координацией

7. Этап оформления отверстий в файле конструктивных решений. Для формирования ведомости отверстий используются вспомогательные утилиты, которые нумеруют отверстия, рассчитывают отметки низа и прочие характеристики, которые записываются в параметры и используются для автоматизированного создания соответствующих ведомостей (рис. 18).

Ведомость отверстий в полу

Поз.	Размер, мм	Отметка низа	Назначение
101п	375x210	В полу	ВК
201п	100x100	В полу	ЭОМ

Ведомость отверстий в стенах

Поз.	Размер, мм	Отметка низа	Назначение
101	125x125(h)	+0,240	ВК
102	290x460(h)	+0,235	ВК
104	150x150(h)	+0,545	ВК
105	120x120(h)	+0,245	ВК
106	140x140(h)	+0,235	ВК
Н1	Ниша 300x100x500	+1,250	ЭОМ
Ш1	Штраба 100x100	от +2,720 до +6,000	ЭОМ
Ш2	Штраба 100x100	от +2,720 до +6,000	ЭОМ

Рис. 18. Ведомости отверстий

Таким образом, применение нового подхода работы с отверстиями привело к следующим результатам:

1. Существенное ускорение работы за счет автоматизации рутинных действий.
2. Уменьшение количества ошибок за счет уменьшения влияния человеческого фактора и четкой координации действий.
3. Ясность и визуализация принятых решений, удобство работы.

### **Литература**

1. Revit: Инженерные отверстия: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=ti196W9VW9M>. (дата обращения: 15.02.2023).
2. 05.4.1\_Revit API MEP\_Задание на отверстия: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=LRCUVm41a0>. (дата обращения: 15.02.2023).
3. Комплекс плагинов Revit для расстановки, выдачи, согласования и изменения отверстий: [Электронный ресурс]. URL: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_урU00QR6S4](https://www.youtube.com/watch?v=_урU00QR6S4). (дата обращения: 15.02.2023).
4. Revit API Docs: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.revitapidocs.com>. (дата обращения: 15.02.2023).
5. C# documentation: [Электронный ресурс]. URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/csharp/>. (дата обращения: 15.02.2023).

УДК 004.9+72

DOI: 10.23968/BIMAC.2023.025

**Ромашина Елизавета Олеговна**, магистрант

(Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета)

*E-mail: elizaveta\_seliverstova@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7976-4243*

**Князева Марина Вячеславовна**, канд. ист. наук, доцент

(Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета)

*E-mail: marina1859@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9293-0226*

Romashina Elizaveta Olegovna, Master's degree student  
(Ryazan Institute (branch) of the Moscow Polytechnic University)  
Knyazeva Marina Vyacheslavovna, PhD in Sci. Hist., Associate Professor  
(Ryazan Institute (branch) of the Moscow Polytechnic University)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЕКТАХ СОХРАНЕНИЯ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ**

### **THE USE OF INFORMATION MODELING TECHNOLOGIES IN PROJECTS FOR THE CONSERVATION AND ADAPTATION OF CULTURAL HERITAGE SITES**

Большинство древних строений – памятников истории, архитектуры и культуры, поставленных на государственную охрану, находится в неудовлетворительном состоянии. Актуальность рассматриваемого вопроса обусловлена необходимостью исследования объектов культурного наследия и выполнения реставрационных работ наиболее эффективным образом. В статье рассмотрены методы и принципы использования BIM-технологий при реставрации объектов архитектурного наследия. Освещаются преимущества применения и проблемы внедрения технологий информационного моделирования в проектах реставрации. Раскрывается возможность расширить арсенал традиционных историко-теоретических исследований, используя различные средства визуализации. Приведены примеры внедрения технологий информационного моделирования в процессе выполнения обмерных работ архитектурных сооружений, разработки проектов реставрации.

*Ключевые слова:* BIM-технологии, проектирование, 3D-модель здания, реставрация, облако точек, лазерное сканирование, архитектурное наследие.

Most of the ancient buildings – monuments of history, architecture and culture, put on state protection, are in poor condition. The relevance of the issue under consideration is due to the need to study cultural heritage sites and carry out restoration work in the most

efficient way. The article discusses the methods and principles of using BIM technologies in the restoration of architectural heritage objects. The advantages of using and the problems of introducing information modeling technologies in restoration projects are highlighted. The possibility is revealed to expand the arsenal of traditional historical and theoretical research using various visualization tools. Examples of the introduction of information modeling technologies in the process of performing measurement work of architectural structures and developing restoration projects are given.

*Keywords:* BIM technologies, design, 3D building model, restoration, point cloud, laser scanning, architectural heritage.

В современном архитектурном сообществе вопрос сохранения объектов культурного наследия (ОКН) стоит достаточно остро. Зачастую архитектурные постройки находятся в аварийном состоянии, что затрудняет процесс исследований и делает обмерные работы практически невозможными.

Современные IT технологии и устройства позволяют выполнить замеры и построить 3D модель, не используя при этом ручные измерительные приборы. В связи с этим цифровизация, а именно внедрение технологий информационного моделирования (ТИМ), которые на западе называются Building Information Modeling (BIM), в цифровую реконструкцию и реставрацию зданий, обладающих исторической ценностью, становится своего рода решением данных проблем. И, как отмечают исследователи, в реставрационной деятельности, несмотря на уникальность и сложность объектов, данные технологии приобретают всё большее применение [1].

Основной целью настоящего исследования является создание информационной модели для дальнейшей работы с проектом реставрации. В ходе работы использовались эмпирические и математические методы исследования, включающие в себя наблюдение, построение статистических диаграмм на этапе изучения проектируемого объекта, моделирование при помощи программного обеспечения Autodesk Revit.

С целью сканирования архитектурного здания используют 3D-сканер. Лазерное сканирование на сегодняшний момент делится на наземное (НЛС), мобильное (МЛС или мобильное картографирование) и воздушное (ВЛС). Из всех перечисленных видов наземное лазерное сканирование считается самым быстрым и высокопроизводительным средством получения точной и наиболее полной информации о пространственных объектах сложной формы: зданиях, промышленных сооружениях и площадках, памятниках архитектуры, смонтированном технологическом оборудовании [2].

Суть технологии сканирования заключается в определении пространственных координат объекта при помощи лазерного сканера. Процесс



реализуется посредством измерения углов и расстояний до всех определяемых точек с помощью измерений лазерным лучом до отражающих поверхностей с нескольких точек сканирования с перестановкой прибора. Измерения производятся с очень высокой скоростью – современные приборы производят измерения со скоростью от одного миллиона точек в секунду.

Данный вид измерений позволяет создать точную модель здания, включая перекрытия, инженерные коммуникации и прочее. При этом назначение BIM-моделирования исторических строений заключается в трансформации результатов лазерной съемки в полную модель [3].

В вопросе реставрационных проектов данная технология является незаменимой, т. к. при помощи облака точек, которое создается во время сканирования можно воспроизвести 3D-модель здания с точностью до миллиметра. Кроме того, использование информационной модели строения значительно упрощает работу с объектом и имеет множество плюсов перед прежними формами проектирования [4]. Между тем, BIM – это не альтернативный вариант, а средство автоматизации того, что уже существует [5].

Применение технологии лазерного сканирования позволяет воссоздавать утраченные уникальные части реставрации объектов культурного наследия, особенностью которых является значительное количество неповторимых архитектурных форм [6].

В частности, информационная модель здания, полученная в результате сканирования, позволяет по сохранившимся конструкциям восстановить характеристики физического здания, утраченные элементы перекрытий, инженерных коммуникаций, свойства материалов, внутренний и внешний декор, а оценить точность можно уже наложением полученной модели на облако точек.

Далее на основании полученной модели здания можно воспроизвести композиционно-планировочный объем, фасады и разрезы ОКН. Затем, при помощи автоматизированных команд и программируемых ведомостей в режиме реального времени можно сформировать реставрационный проект, составить концепцию приспособления и просчитать рентабельность эксплуатации реставрируемого объекта.

Более подробно данную технологию можно рассмотреть на примере ОКН регионального назначения «Усадьба Нарышкиных XIX-XX вв. на Быковой горе». На рис. 1 представлены результаты лазерного сканирования, перенесенные в программу для обработки полученных данных.

В ходе натурного исследования данного объекта было установлено, что усадьба находится в аварийном состоянии. Балкон, расположенный

на северо-западном фасаде, полностью разрушен. Частично отсутствует деревянный резной декор, остекление утрачено. У эркера главного фасада нарушена геометрия и произошло частичное разрушение, перекрытия первого и второго этажей фрагментарно разрушены, целостность кровельного полотна нарушена. Поэтому проводить внутренние работы по зданию опасно.

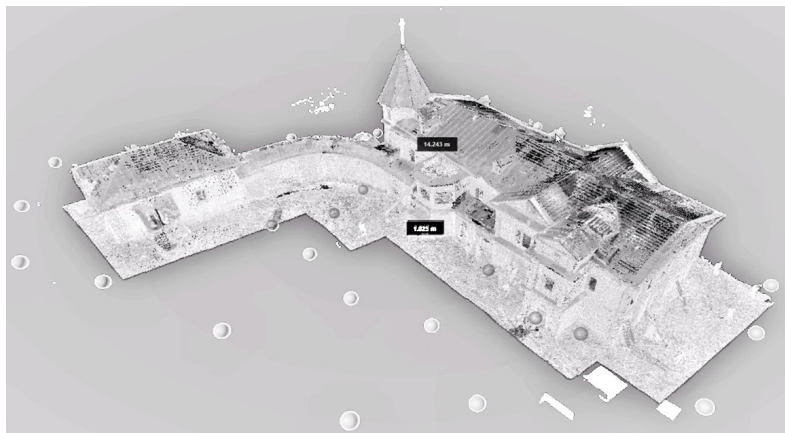


Рис. 1. Модель, полученная в результате сканирования усадебного дома

Так как исторических планов и чертежей по комплексу не сохранилось, с целью восстановления комплекта чертежей по объекту было проведено 3D-сканирование усадебного дома. На основании облака точек были заново вычерчены фасады, собрана 3D-модель, восстановлены планировки внутренних помещений в истинных размерах, отображены инженерные коммуникации, выявлены уязвимые конструкции и собрана полная характеристика архитектурного объекта. Основа для возведения 3D-модели представлена на рис. 2, облако точек, полученное в результате сканирования, представлено на рис. 3.

После обработки облака точек и анализа собранной информации по объекту было проведено краткое историческое исследование и представлены несколько предложений по проекту приспособления усадьбы под нужды современного использования. Затем при помощи уже выстроенной 3D-модели усадебного дома были простроены интерьеры стилизирующих помещений и предложены варианты дизайна внутренних пространств.

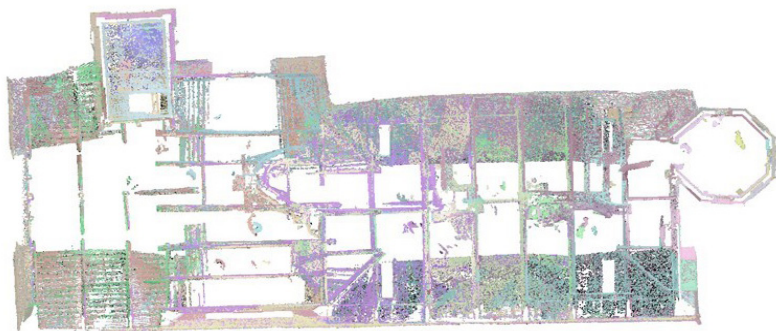


Рис. 2. Сечение облака точек на уровне +1000 мм



Рис. 3. 3D-модель. Объем здания, полученный в результате переноса облака точек в программу ТИМ-проектирования Autodesk Revit

Так как ТИМ технологии подразумевают полный процесс проектирования и эксплуатации зданий, то в перспективе следующими этапами разработки реставрационного проекта являются:

- составление конструкторской документации для проведения реставрационных работ;
- составление сметы реставрационных работ;
- составление эксплуатационной сметы, включающей в себя затраты на обслуживание отреставрированного ОКН [7].

Использование информационного моделирования значительно облегчает процесс создания реставрационного проекта, т.к. интерактивная модель, полученная в результате обработки 3D-сканирования, позволяет

получать необходимые данные в режиме реального времени, со всеми вложенными в него техническими показателями и функциональными характеристиками. ТИМ технологии позволяют заказчику заранее оценить сроки и затраты на выполнение проекта и даже рассчитать примерную стоимость дальнейшего содержания проектируемого объекта.

### **Литература**

1. Захарова Г.Б. Применение ВІМ в реставрации объектов культурного наследия // ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: матер. II Межд. науч.-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 112–117. DOI: 10.23968/ВІМАС.2019.020. EDN: BNYRNR.
2. Солодунов А.А., Пшидаток С.К., Лукьянова М.С., Сарксян Л.Д. Виды лазерного сканирования и их особенности // Colloquium-Journal. 2019. № 27-2(51). С. 83–86. EDN: OEAZUZ.
3. Ворожейкина О.И., Ворожейкин Н.Н. Использование ВІМ технологии в реставрации архитектурного наследия // Дизайн и архитектура: Синтез теории и практики: сб. науч. тр. Краснодар: КубГУ, 2020. С. 102–116. EDN: KGHZMB.
4. Шаторина М.Н., Переварюха Н.А., Пархоменко С.И., Дмитриенко Е.А., Недорезов А.В., Волков А.С. Использование технологий информационного моделирования в современном строительстве // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2016. № 4(120). С. 59–65. EDN: WTLRGC.
5. Грязнов С.А. Использование технологий информационного моделирования // Modern Science. 2022. № 2-1. С. 68–71. EDN: SZHKMB.
6. Романович М.А., Сахтерева М.И. Особенности создания цифровых двойников подземных комплексов – станций метро // ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: матер. III Междунар. науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2020. С. 152–160. DOI: 10.23968/ВІМАС.2020.018. EDN: GFCVNJ.
7. Как подготовиться к обязательному использованию ТИМ/ВІМ. URL: <https://ekb.plus.rbc.ru/news/615436d17a8aa9536434d2fe#:~:text=ТИМ%20—%20это%20российский%20вариант,документации%20и%20сокращает%20сроки%20строительства> (дата обращения: 15.02.2023).

УДК 004.6

DOI: 10.23968/BIMAC.2023.026

**Семенов Виталий Адольфович**, д-р физ.-мат. наук, профессор, зав. отделом  
(Институт системного программирования им. В. П. Иванникова РАН,  
Московский физико-технический институт)

*E-mail: sem@ispras.ru, ORCID: 0000-0002-8766-8454*

**Аришин Семен Васильевич**, стажер-исследователь  
(Институт системного программирования им. В. П. Иванникова РАН)

*E-mail: arishin@ispras.ru, ORCID: 0000-0001-6128-7082*

**Тарлапан Олег Анатольевич**, канд. физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник  
(Институт системного программирования им. В. П. Иванникова РАН,  
Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова)

*E-mail: oleg@ispras.ru, ORCID: 0000-0001-5559-2013*

Semenov Vitaly Adolfovich, Dr. Sci. Phys.-Math., Professor, Head of Department  
(Ivannikov Institute for System Programming of the Russian Academy of Sciences,  
Moscow Institute of Physics and Technology, Lomonosov Moscow State University)

Arishin Semen Vasilevich, trainee researcher  
(Ivannikov Institute for System Programming of the Russian Academy of Sciences)

Tarlatan Oleg Anatolevich, PhD in Sci. Phys.-Math., leading researcher  
(Ivannikov Institute for System Programming of the Russian Academy of Sciences,  
Moscow Institute of Physics and Technology, Lomonosov Moscow State University)

## **ВЕРИФИКАЦИЯ И ВАЛИДАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ СТАНДАРТА IFC В СЛОЖНЫХ ПРОЕКТАХ**

### **VERIFICATION AND VALIDATION OF IFC-DRIVEN BUILDING INFORMATION MODELS IN COMPLEX PROJECTS**

Обсуждаются процедуры верификации и валидации информационных моделей зданий, сооружений и инфраструктуры, основанных на международном стандарте IFC (ISO 16739 – Industry Foundation Classes). Отмечается важность процедур для эффективного применения технологий информационного моделирования (BIM) при реализации сложных строительных проектов и программ, а также обеспечения их надлежащего качества. Даются строгие определения задач верификации и валидации информационных моделей, как проверки выполнимости синтаксических и семантических правил для данных, представленных в соответствии со стандартом IFC, а также проверки их соответствия формальным и неформальным требованиям участников проектной деятельности. Обсуждаются также математические методы и программные средства для решения задач в рамках общего подхода к управлению требованиями.

*Ключевые слова:* BIM, IFC, верификация, валидация, управление требованиями.

The procedures for verification and validation of civil, industrial and infrastructure building models driven by the international standard IFC (ISO 16739 – Industry Foundation Classes) are discussed. Their importance for the effective work with building information modeling technologies (BIM) in the implementation of complex construction projects and programs, as well as ensuring their proper quality, is noted. Strict definitions of the verification and validation problems are given as a feasibility of syntactic and semantic rules for data presented in accordance with the IFC standard as well as its compliance with formal and informal requirements of project stakeholders. Mathematical methods and software tools for solving problems within the general approach to requirements management are also discussed.

*Keywords:* BIM, IFC, verification, validation, requirements management.

Технологии информационного моделирования зданий, сооружений и инфраструктуры (ВІМ) получают все большее распространение в архитектурно-строительном комплексе РФ. Вместе с тем, вопросам соответствия моделей предъявляемым требованиям, а также управления требованиями в рамках процедур верификации и валидации уделяется крайне мало внимания. Данные процедуры критически важны для эффективного применения ВІМ технологий. Требование соответствия модели информационным стандартам, лежащим в их основе, тесно связано с обеспечением функциональной совместимости (интероперабельности) программных приложений и возможностью их комплексного применения при реализации сложных строительных проектов и программ. Требование полноты модели является принципиальным для эффективной и корректной организации рабочих процессов, связанных с обменом мультидисциплинарными данными и согласованным доступом к ним. Наконец, соответствие требованиям участников проектной деятельности является необходимым условием обеспечения надлежащего качества строительных объектов, проектируемых, сооружаемых и эксплуатируемых на основе моделей. В работе обсуждаются задачи верификации и валидации информационных моделей зданий, сооружений и инфраструктуры, основанных на международном стандарте IFC (ISO 16739 – Industry Foundation Classes) [1], а также математические методы и программные средства, предназначенные для их решения в рамках общего подхода к управлению требованиями.

Прежде всего, определим сами термины «верификация» и «валидация» применительно к информационным моделям ВІМ. Международные

стандарты трактуют их по-разному для разных предметных областей, обычно адресуясь к фундаментальным определениям качества ISO 9000:2015 (Quality management systems – Fundamentals and vocabulary), оценки соответствия ISO/IEC 17029:2019 (Conformity assessment – General principles and requirements for validation and verification bodies) и системной инженерии ISO/IEC/IEEE 29148:2018 (Systems and software engineering – Life cycle processes – Requirements engineering) [2–4].

Верификация определяется как «подтверждение, посредством представления объективных свидетельств того, что специфицированные требования были выполнены». Валидация определяется как «подтверждение, посредством представления объективных свидетельств того, что требования, предназначенные для конкретного использования или применения, выполнены». В первом случае уточняется, что процесс направлен на проверку внутренних характеристик требований и подтверждение, что они являются достоверными по существу. Во втором случае процесс направлен на оценку обоснованности и реализуемости принятых допущений и ограничений, а также их соответствия ожидаемым результатам будущей деятельности. Иными словами, верификация отвечает на вопрос «Правильно ли создается продукт и соответствует он своим спецификациям?», в то время как валидация устанавливает «Разрабатывается ли правильный продукт и действительно ли он отвечает ожиданиям и предъявляемым требованиям?».

Для области BIM технологий целесообразно также различать данные процедуры, поскольку их неверная интерпретация и, тем более, несоблюдение ведут к упомянутым выше проблемам. Отметим, что модели представляют собой наборы данных, структурированных в соответствии с некоторой информационной схемой и представленных с использованием некоторых грамматических правил. Информационная схема определяет единый набор типов данных и ограничений на них, необходимый для семантически согласованного представления соответствующего класса информационных моделей. Сама схема обычно формально специфицируется на одном из декларативных языков моделирования UML, SQL/DDL, OQL, OWL, EXPRESS, XSD. Например, наиболее развитая и общепринятая BIM сообществом информационная схема IFC специфицируется на языке объектно-ориентированного моделирования данных EXPRESS.

Грамматические правила определяют синтаксис текстового или бинарного файлового формата, который может быть предназначен для обмена моделями между пользователями и приложениями, а также их долговременного хранения, индексации, сериализации и маршрулирования.

Текстовые файловые форматы часто порождаются более общими правилами и нотациями разметки CSV, XML, JSON или SPF (STEP Physical Files) [5]. Для ВМ моделей, определяемых схемой IFC, в большинстве случаев применяется стандартный формат SPF, хотя имеются и альтернативные способы представления в виде XML или JSON файлов.

*Определение. Верификацией информационной модели, определяемой схемой IFC и представленной в файловом формате SPF, будем называть процедуру подтверждения выполнимости синтаксических правил формата SPF и семантических правил схемы IFC для заданной модели.*

Отметим исключительную важность верификации моделей в практических проектах, поскольку нарушения синтаксических и семантических правил неизбежно ведут к потере проектных данных, которые не могут быть полностью переданы и корректно проинтерпретированы другими программными приложениями. Факт загрузки модели в приложение не может служить аргументацией корректности модели, поскольку обычно читаются лишь те данные, которые относятся к функциям приложения (например, просмотр геометрической модели в окнах просмотра 2D или 3D сцен), и с теми внутренними допущениями и ограничениями, которые были приняты при его реализации.

Вместе с тем, модели должны удовлетворять требованиям международных и национальных стандартов по интероперабельности для того, чтобы их могли использовать все участники проектной деятельности, в том числе, организации с развитым арсеналом ВМ инструментов от разных производителей.

Выполнимость синтаксических правил формата SPF относительно просто контролировать при использовании STEP-процессоров от известных производителей Jotne EPM и STEP Tools, а также доступных синтаксических анализаторов с открытым исходным кодом. Контроль семантических правил схемы IFC существенно сложнее в реализации и им часто пренебрегают даже сами разработчики приложений. Избегая репутационных издержек российских компаний, декларирующих поддержку IFC стандарта в своих продуктах, укажем лишь типовые ошибки, которые они допускают при генерации IFC SPF файлов:

- несоответствие типам объектов, в частности, использование абстрактных типов и устаревших типов, отсутствующих в последних версиях IFC схемы, при инстанцировании объектов;
- несоответствие типам атрибутов, например, задание объектов недопустимых типов в селективных атрибутах (SELECT);
- неустановленные значения обязательных атрибутов;



- задание пустых коллекций как неустановленных значений;
- нарушения ограничений на размеры коллекций, например, в обратных ассоциациях (INVERSE);
- нарушения правил уникальности (UNIQUE), например, недопустимое повторное использование имен и идентификаторов,
- нарушения локальных (WHERE) и глобальных (RULE) правил, в частности, описываемых алгебраическими выражениями с нечеткой типизацией.

В самом деле, информационная схема IFC довольно сложна для контроля семантических правил, которые охватывают тысячи типов данных и алгебраических ограничений на них. Таблица иллюстрирует сложность спецификаций схемы, претерпевшей значительное развитие за последние десятилетия. В столбцах таблицы приведено количество простых и объектных типов, явных, обратных и производных атрибутов, функций и процедур, алгебраических правил для простых и объектных типов, правил уникальности и глобальных правил.

**Количественные характеристики спецификаций схемы IFC**

Версии IFC Типы и правила IFC	2.2.1.0 (2004)	2.3.0.1 (2007)	4.0.0.0 (2013)	4.0.2.1 (2017)	4.1.0.0 (2018)	4.2.0.0 (2019)	4.3.0.1 (В ста- тусе ISO DIS при- нятия)
ENTITIES	370	653	766	776	801	816	872
TYPES	228	327	391	397	400	407	435
EXPLICIT	1073	1471	1661	1686	1737	1749	1825
INVERSE	68	115	149	153	158	160	164
DERIVE	41	57	59	62	62	62	60
FUNCTIONS	25	38	42	47	47	47	48
ENTITY WHERE	195	339	638	652	658	672	747
TYPE WHERE	13	24	24	25	25	25	25
UNIQUE	14	17	4	4	4	4	4
GLOBAL RULE	3	2	2	2	2	2	2

Семантические правила, будучи примененными к типовой модели, содержащей миллионы объектов, порождают миллиарды проверок соответствия, которые должны быть выполнены, чтобы гарантировать корректность модели [6–8]. Тем не менее, это вполне решаемая задача с использованием инструментов EDM (Express Data Manager) [9] или 7D Modeler [10].

На рисунке представлен экранный снимок 7D Modeler с отчетом о результатах выполненной верификации (рис. 1). Примечательно, что в нем предусмотрены специальные опции, которые позволяют в автоматическом режиме исправить некоторые ошибки, выявленные в IFC SPF файлах.

*Определение. Валидацией информационной модели, определяемой схемой IFC и представленной в файловом формате SPF, будем называть процедуру подтверждения соответствия модели требованиям участников проектной деятельности. Сами требования могут быть специфицированы формально, например, в виде параметризованных предикатов, либо представлены неформальным образом в виде текстовых описаний.*

Примером требований для валидации модели является отсутствие коллизий между конструктивными и инженерными объектами, которые в схеме IFC определяются абстрактными супертипами `IfcBuildingElement` и `IfcDistributionElement`, и для пересечения которых схема предусматривает необходимые геометрические представления `IfcShapeRepresentation`. Проверки модели на соответствие формализованным требованиям могут быть автоматизированы с использованием программных приложений, поддерживающих стандарт IFC, а результаты проверок — помещены в журнал замечаний, организованный в соответствии со стандартом BCF [11].

Приложения 7D Modeler и Solibri [12] предоставляют развитый инструментарий для валидации моделей. Предлагаемый пользователю набор формализованных требований охватывает:

- структурные ограничения, которые определяют необходимый состав и количество элементов модели для представления сооружения, а также условия их согласованности;
- топологические и геометрические ограничения на пространства;
- ограничения именования и кодирования объектов;
- ограничения на допустимые размеры сооружения и его объектов;
- ограничения на взаимное расположение объектов, включая ограничения на пересечения.

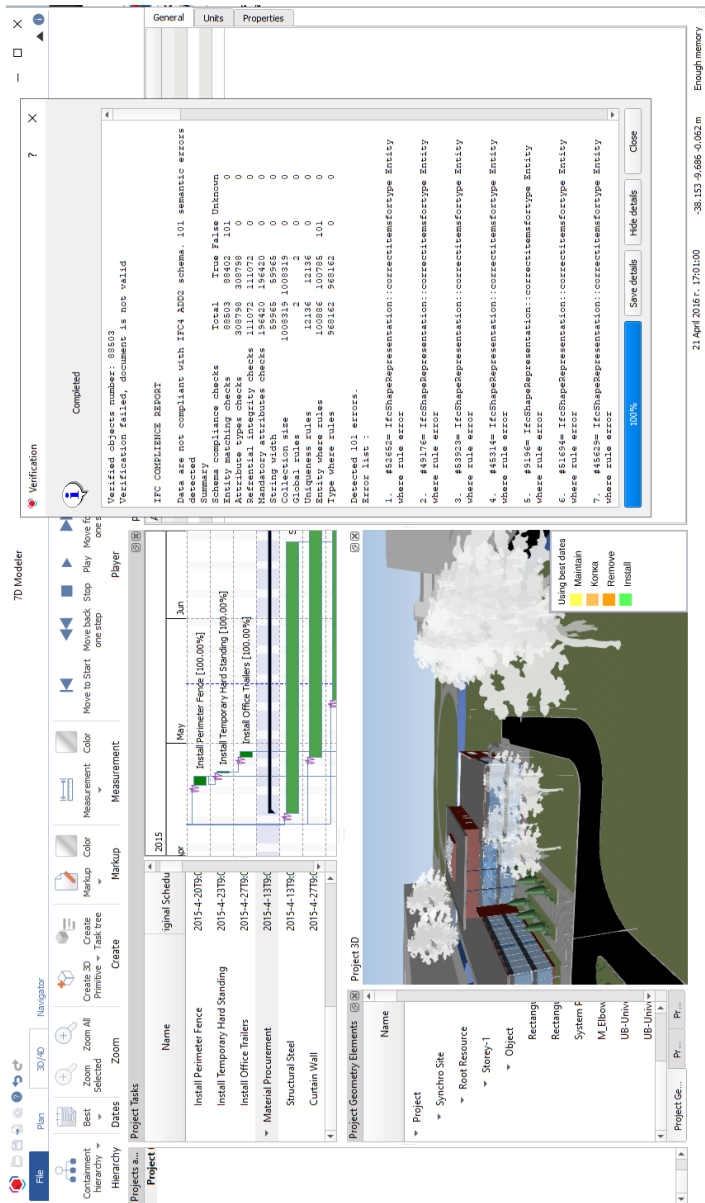


Рис. 1. Экранный снимок 7D Modeler с отчетом о проведённой верификации модели

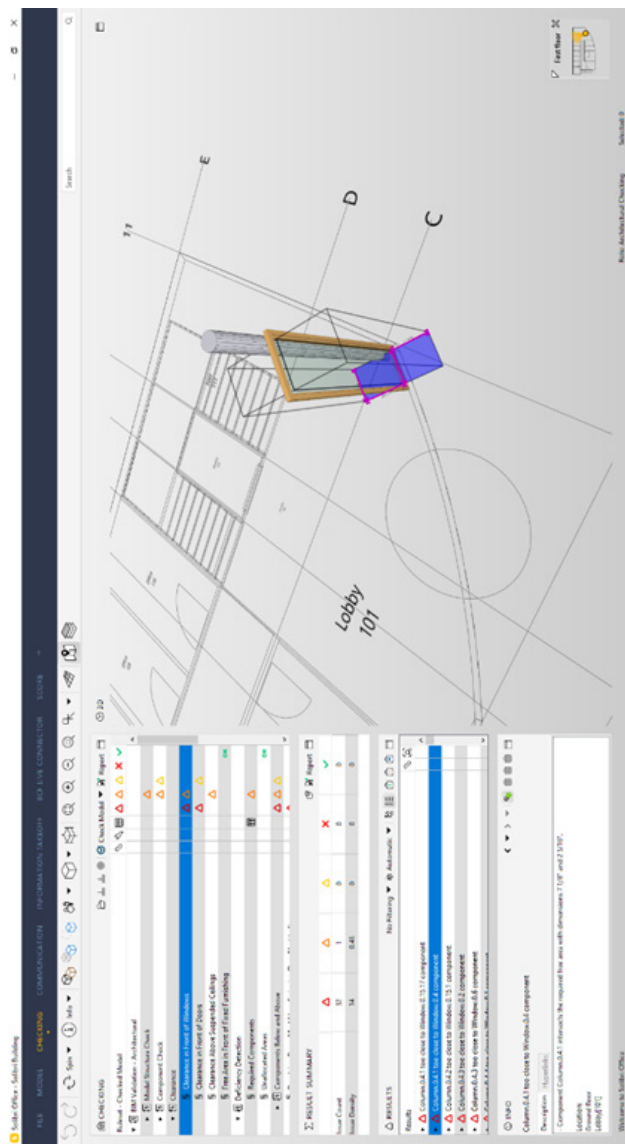


Рис. 2. Экранный снимок Solibri с окнами для задания правил валидации и отслеживания нарушенных требований

На рисунке представлен экранный снимок Solibri с окнами для задания правил валидации и отслеживания нарушений непосредственно в 3D модели сооружения (рис. 2). Близкую функциональность реализует 7D Modeler, в котором используется компактное множество паттернов для задания, проверки и сопровождения формальных и неформальных требований в рамках единого подхода к управлению требованиями и замечаниями.

Таким образом, определены понятия верификации и валидации информационные модели на основе стандарта IFC, а также рассмотрены некоторые программные инструменты для реализации данных процедур в сложных строительных проектах и программах.

### Литература

1. ISO 16739-1:2018 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries – Part 1: Data schema. 2018.
2. ISO 9000:2015 Quality management systems – Fundamentals and vocabulary.
3. ISO/IEC 17029:2019 Conformity assessment – General principles and requirements for validation and verification bodies.
4. ISO/IEC/IEEE 29148:2018 Systems and software engineering – Life cycle processes – Requirements engineering.
5. ISO 10303-21:2016 Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 21: Implementation methods: Clear text encoding of the exchange structure.
6. Semenov V., Ilyin D., Morozov S., Zolotov V. IFChub: Managing and Versioning IFC Models Under Semantic Consistency Requirements // Proceedings of the 16th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, ed. N. Yabuki and K. Makanae. Osaka University, Japan, 2016. P. 997–1007.
7. Semenov V., Ilyin D., Morozov S., Tarlapan O. Effective consistency management for large-scale product data // Journal of Industrial Information Integration. 2019. Vol. 13. P. 13–21. DOI: 10.1016/j.jii.2018.11.006.
8. Semenov V., Ilyin D., Morozov S., Tarlapan O. Management of complex product data using incremental semantic validation // Advances in Transdisciplinary Engineering. 2018. Vol. 7. P. 956–965. DOI: 10.3233/978-1-61499-898-3-956.
9. EXPRESS Data Manager™ (EDM) URL: <https://jotneit.com/products/express-data-manager/> (дата обращения: 27.02.2023).
10. 7D Modeler. URL: <https://www.openbimsystems.ru/7d-modeler> (дата обращения: 27.02.2023).
11. BIM Collaboration Format. URL: <https://technical.buildingsmart.org/standards/bcf/> (дата обращения: 27.02.2023).
12. Solibri Inc., A Nemetschek company. URL: <https://www.solibri.com/> (дата обращения: 27.02.2023).

**УДК 697.92**

**DOI:** 10.23968/BIMAC.2023.027

**Тихомиров Сергей Алексеевич**, канд. техн. наук, доцент  
(Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет)

*E-mail:* [sergtihomirov@yandex.ru](mailto:sergtihomirov@yandex.ru), *ORCID:* 0000-0001-8607-2635

**Дегтярев Михаил Юрьевич**, руководитель отдела программных решений  
(ГК РОВЕН)

*E-mail:* [degtyarev@rowen.ru](mailto:degtyarev@rowen.ru)

**Упенников Дмитрий Константинович**, BIM-менеджер

(ГК РОВЕН)

*E-mail:* [dimanupen@gmail.com](mailto:dimanupen@gmail.com)

Tikhomirov Sergei Alekseevich, PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Moscow State University of Civil Engineering (National Research University))

Degtyarev Mikhail Yur'evich, Head of Software Solutions Department  
(GK ROVEN)

Upennikov Dmitry Konstantinovich, BIM Manager  
(GK ROVEN)

## **РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ НА ОСНОВЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ**

### **DEVELOPING VENTILATION SYSTEMS INFORMATION MODELING TOOLS BASED ON LABORATORY CONDITIONS RESEARCH**

В работе представлен этап создания семейств моделей для информационного моделирования систем вентиляции, основанный на достоверных данных об испытаниях оборудования в лабораторных условиях. Сформулированы основные задачи и принципы их решения при создании цифровых двойников систем вентиляции, являющихся сложными многокомпонентными системами с изменяющимися свойствами в процессе работы. Выполнен процесс интеграции данных, поступающих из испытательной лаборатории в виде графиков и полином безразмерных характеристик опытного образца оборудования. Представлены автоматизированные решения расчета технических параметров семейств по оптимизированным уравнениям. Выполнена увязка управляющих и заданных параметров, заданных характеристик и их влияния на геометрию и свойства объектов.

*Ключевые слова:* информационное моделирование, BIM, семейства Revit, BIM-библиотеки, лабораторные испытания оборудования, фактические характеристики оборудования.

The paper presents the stage of creating families of models for information modeling of ventilation systems based on reliable data on equipment testing in laboratory conditions. The main tasks and principles of their solution are formulated when creating digital copies of ventilation systems, which are complex multicomponent systems with changing properties during operation. The process of integrating the data coming from the testing laboratory in the form of graphs and polynomials of dimensionless characteristics to each type size of the equipment element is performed. Automated solutions for calculating the technical parameters of families based on optimized equations are presented. Control and set parameters, set characteristics and their influence on the geometry and properties of objects are linked.

*Keywords:* information modeling, BIM, Revit families, BIM libraries, laboratory testing of equipment, actual characteristics of the equipment.

Проблематикой создания цифровых двойников зданий и их инженерных систем активно занимаются ученые в России [1–6] и за рубежом [7–13], обеспечивая результатами численного моделирования выбор проектных решений объектов капитального строительства [14]. Насыщение инженерными системами настолько велико, что их проектирование и строительство сегодня невозможно без систематической работы в единой среде – информационной модели. Можно сказать, что уже неплохо решена задача геометрического соответствия проектных решений и фактически возведенных объектов за счет использования анализа модели и пространства строительной площадки, проводимого с помощью технологии дополненной реальности, лазерного сканирования и фотограмметрии. Так на этапе монтажа выполняется проверка и оценка качества специалистами строительного контроля. После ввода объекта в эксплуатацию сведения о геометрических характеристиках также важны для проверки соответствия положения объекта или его элементов в пространстве и своевременного обнаружения дефектов специалистами строительной экспертизы [15].

Известно, что только точность соответствия геометрических характеристик элементов объекта капитального строительства или его инженерных систем в проекте и в реальности не позволяет получить качественный результат для заказчика. Проверку соответствия заявленных физических свойств строительных материалов, конструкций и элементов систем необходимо проводить в условиях строительной площадки или в лаборатории. Но и эта задача не является окончательной для полного соответствия

проекта и факта, так как для большинства инженерных систем необходимым условием выполнения проектных параметров микроклимата, указанных в техническом задании, является результат комплексной работы систем ОВиК здания, оборудование которых должно соответствовать заявленным характеристикам [16].

Так как системы вентиляции являются наиболее насыщенными по числу разных компонентов, которые отличаются по своим характеристикам и могут зависеть друг от друга, рассмотрим этапы создания их цифровых двойников на примере ВМ-библиотеки ГК РОВЕН.

Основным компонентом систем являются вентиляторы, характеристики которых в лабораторных условиях определяют по [17]. Оценка аэродинамических качеств проводится по их аэродинамическим характеристикам, полученным в виде графиков функций от производительности для определенной плотности воздуха и частоты вращения. Анализу подлежат такие величины, как полное, статическое и динамическое давление, потребляемая мощность, полный и статический коэффициенты полезного действия.

Принципы создаваемой библиотеки отражены в руководстве по созданию семейств от русскоязычного сообщества Autodesk, при этом в процессе работы обеспечивалось соответствие ВМ стандарта 2.0 и Файла общих параметров (ФОП) ADSK. Уравнения внутри семейств разработаны на основе данных из лаборатории производства и правил, описанных в профессиональной литературе [18].

При определении логики расчета внутри семейств был разработан собственный ФОП производителя. На данном этапе достоверные данные об аэродинамических и технических характеристиках оборудования вносятся в виде информации для модели, а сами расчеты производятся в безразмерном виде, уменьшая число параметров задачи. Так как информация из лаборатории производства поступает в виде полином безразмерных характеристик на всю серию, а пересчет на типоразмер формируется внутри модели (рис. 1), то для формирования расчетных параметров и параметров для итоговой спецификации в семействах был принят метод использования таблиц выбора, а далее, используя операторы «if, and, or» собирается логика для автоматического заполнения данных (рис. 2 и 3).



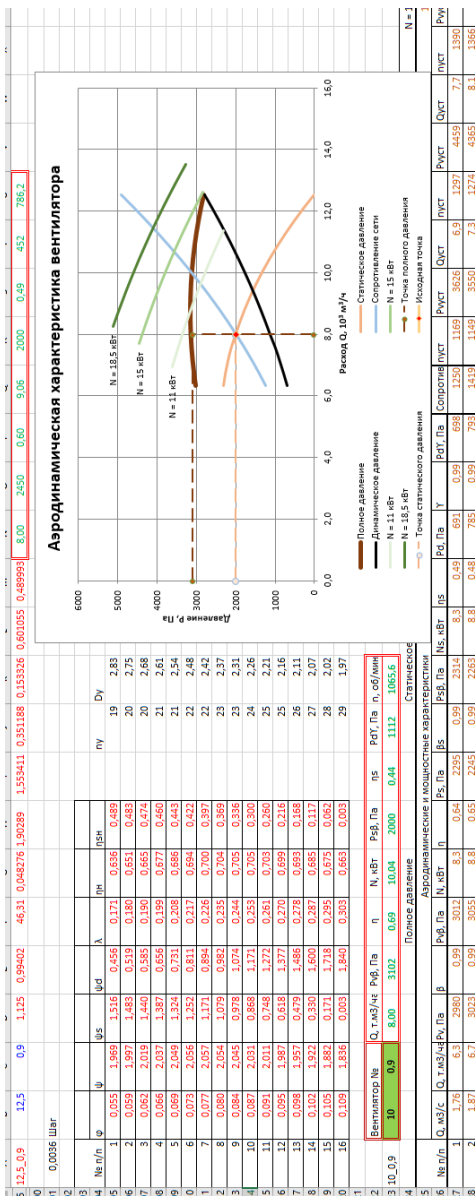


Рис. 1. Графики аэродинамических характеристик вентилятора, поступающие из производственной лаборатории

	A
1	1.Diamet##LENGTH##MILLIMETERS, Dnom##OTHER##.Stroka##OTHER##.Pv##OTHER##.Pc##OTHER##.PvD##OTHER##.VW##OTHER##.KPD##OTHER##.KPDs##OTHER##.Qmin##OTHER##.Qmax##OTHER##
2	250.1.0.1,1.24321912785051,1.2377691191093,0.0097247746710214,0.243607417215813,0.0472685983305656,-0.045447678252925,0.094,0.333
3	250.1.0.2,-1.8151269860159,-1.84772879703657,-0.245629191222483,0.267896814037929,4.524820031515628,5.80679436631773,0.0
4	250.1.0.1,-2.0155723418554,4.69468880720994,2.59223582606829,0.26170452163843,-10.2389369129107,-16.0252003193273,0.0
5	315.0.3.0,0.889053732969544,0.883421557096504,0.000827465661595278,0.0733358663852342,0.121930245805508,0.0348860042508776,0.085,0.35
6	315.0.3.1,1.184322083642871,1.26841445541961,-0.0302682172675106,0.880287998422244,6.295959376782065,7.72204189701955,0.0
7	315.0.1.1,-8.05275870530129,-10.8474705946965,2.68338435082935,-0.771775932506,-14.7340538944096,-22.1226031321284,0.0
8	315.0.95,3,0.889053732969544,0.883421557096504,0.000827465661595278,0.0733358663852342,0.121930245805508,0.0348860042508776,0.085,0.35
9	315.0.95,2,1.184322083642871,1.26841445541961,-0.0302682172675106,0.880287998422244,6.295959376782065,7.72204189701955,0.0
10	315.0.95,1,-8.05275870530129,-10.8474705946965,2.68338435082935,-0.771775932506,-14.7340538944096,-22.1226031321284,0.0
11	315.1.0.3,0.889053732969544,0.883421557096504,0.000827465661595278,0.0733358663852342,0.121930245805508,0.0348860042508776,0.085,0.35
12	315.1.0.2,1.184322083642871,1.26841445541961,-0.0302682172675106,0.880287998422244,6.295959376782065,7.72204189701955,0.0
13	315.1.0.1,-8.05275870530129,-10.8474705946965,2.68338435082935,-0.771775932506,-14.7340538944096,-22.1226031321284,0.0
14	315.1.0.5,3,0.889053732969544,0.883421557096504,0.000827465661595278,0.0733358663852342,0.121930245805508,0.0348860042508776,0.085,0.35
15	315.1.0.5,2,1.184322083642871,1.26841445541961,-0.0302682172675106,0.880287998422244,6.295959376782065,7.72204189701955,0.0
16	315.1.0.5,1,-8.05275870530129,-10.8474705946965,2.68338435082935,-0.771775932506,-14.7340538944096,-22.1226031321284,0.0

```

if(and(Исполнение по назначению = 1, Температура перемещаемой среды > -40, Температура перемещаемой среды < 80,
Наличие ГВ круглой = 1), Нет, if(and(Исполнение по назначению = 2, Температура перемещаемой среды > -40, Температура
перемещаемой среды < 200, Наличие ГВ круглой = 1), Да, if(and(Исполнение по назначению = 3, Температура перемещаемой
среды > -40, Температура перемещаемой среды < 80, Наличие ГВ круглой = 1), Нет, if(and(Исполнение по назначению = 4,
Температура перемещаемой среды > -40, Температура перемещаемой среды < 200, Наличие ГВ круглой = 1), Да, if(and(
Исполнение по назначению = 5, Температура перемещаемой среды > -40, Температура перемещаемой среды < 80, Наличие ГВ
круглой = 1), Да, if(and(Исполнение по назначению = 6, Температура перемещаемой среды > -40, Температура перемещаемой
среды < 400, Наличие ГВ круглой = 1), Да, if(and(Исполнение по назначению = 7, Температура перемещаемой среды > -40,
Температура перемещаемой среды < 80, Наличие ГВ круглой = 1), Нет, if(and(Исполнение по назначению = 8, Температура
перемещаемой среды > -40, Температура перемещаемой среды < 80, Наличие ГВ круглой = 1), Нет, if(and(Исполнение по
назначению = 9, Температура перемещаемой среды > -40, Температура перемещаемой среды < 200, Наличие ГВ круглой = 1),
Да, if(and(Исполнение по назначению = 10, Температура перемещаемой среды > -40, Температура перемещаемой среды < 80,
Наличие ГВ круглой = 1), Нет, if(and(Исполнение по назначению = 11, Температура перемещаемой среды > -40, Температура
перемещаемой среды < 200, Наличие ГВ круглой = 1), Да, Нет))))))))))]]
    
```

Рис. 2. Пример уравнений для автоматического заполнения данных аэродинамических характеристик и технических параметров, поступающих из производственной лаборатории

Решение поставленных задач по обеспечению достоверности информационной модели подразделялось на пять этапов, включающих обязательное соответствие ВМ стандарту 2.0, отражению точных геометрических размеров, обязательному соответствию условию проведения аналитики по параметрам ФОП РОВЕН «Условия эксплуатации», соблюдению требований ГОСТ к графическому обозначению элементов, требований инструкций по использованию семейств. Параметры в семействах разделены на категории, но увязаны друг с другом: управляющие параметры, заданные характеристики, проверочные параметры. Любое изменение в управляющих параметрах может отразиться и на геометрических характеристиках и наименовании, например, в виде отображения шумоизолированного корпуса у вентилятора. В этом случае тип вентилятора один и тот же, но за счет шумоизолированного корпуса управляющим параметром изменяется геометрия, наименование и артикулы. Также управляющие параметры и параметры для заданных характеристик влияют на проверочные параметры для анализа (рис. 4).

## Практический опыт использования BIM

**Семейства**

- Аннотационные обозначения
- Обобщенные модели
  - РОВЕН\_ВодянойЗнак
  - РОВЕН\_ЗонаОбслуживанияЭлемент
  - РОВЕН\_ТехнологическаяЗона
- Оборудование
  - РОВЕН\_Вставка Гибкая
  - РОВЕН\_УгоВентиляторКанальный
  - РОВЕН\_УсловныйТекстНаправленн
- Профили
  - РОВЕН\_ПрофильШина

Параметр	Значение	Формула
Дх1.м (по умолчанию)	0.250000	= Номер колеса * 0.1 * Dном
Dном	1.000000	=
F_обороти (по умолчанию)	2720	= #if(Д Диаметр = 400 мм, Dном = 1.05, not(п_об_мин < 0))
Р_вд_д (по умолчанию)	0.049037	= #if(D Диаметр = 400 мм, Dх1.м * Dх1.м / 4
Давителе для ралы (по умолчанию)	0	= #if(Д Диаметр = 800, not(Давителе < 380), not(Давителе > 56
N кВт (по умолчанию)	0.469568	= Pвб Па * Расход воздуха Чис/Сло / (п * 1000) / 3.6 / 100
ВГ круглая (по умолчанию)	<input checked="" type="checkbox"/>	= #if(Испольние по назначению = 1, Температура пер
ВГ круглая (по умолчанию)	<input type="checkbox"/>	= #if(Испольние по назначению = 1, Температура пер
ВГ прямоугольная (по умолчанию)	<input type="checkbox"/>	= #if(Испольние по назначению = 1, Температура пер
ВГ круглая размер (по умолчанию)	190.0	= #if(гибкая вставка круглая, 190.0 мм)
ВГ прямоугольная (по умолчанию)	<input type="checkbox"/>	= #if(Испольние по назначению = 1, Температура пер
Д (по умолчанию)	0	= 1
Исполнение двигателя (по умолчанию)	<input type="checkbox"/>	= #if(Исполнение по назначению = 1, Исполнение по на
Коэфз ДД (по умолчанию)	<input checked="" type="checkbox"/>	= #if(Климатическое исполнение = 2, Нет, #if(Климатическо
Количество вибраторов (по умол.4		= #if(D = 250, 4, #if(D = 315, 4, #if(D = 400, 4, #if(D = 500, 6, #if(D =
Количество вибраторов формуле.2		= Количество вибраторов / 2
Коэффициент f_обороти (по умолчанию)	27.200000	= F_обороти / 100
Наличие ГВ круглой (по умолчанию)	1	= #if(гибкая вставка круглая, 1, 0)
Наличие ГВ прямоугольной (по умолч	<input type="checkbox"/>	= #if(гибкая вставка прямоугольная, 1, 0)
Нет (по умолчанию)	<input type="checkbox"/>	= 0
Номер вибратора (по умолчанию)	1	= #if(D = 250, 1, #if(D = 315, 1, #if(And(Not(F_обороти < 77), not
Плосое (по умолчанию)	<input type="checkbox"/>	= size_lookup(Наименование двигателя, "Ролку", 0, Испол
Процент оплонения оборотое (по умо	14	= K_обороти / Коэффициент 1 обороти
Направление (по умолчанию)	0	= #if(Положение корпуса, 1, 0)
Соответствие заданной температуры п	Соответствует услови	= #if(Испольние по назначению = 1, not(Температура
Толщина фланца	20.0	= #if(Диаметр = 250 мм, Диаметр = 315 мм, Диаметр = 40
Толщина шпиль	5.0	= 5 мм
nВт (по умолчанию)	0.550000	= #if(Диаметр = 250 мм, Dном = 1, not(N кВт < 0), not(N
Р_вб Па (по умолчанию)	1000.000000	= #if("11кг_д" <= (Кмкс) < "2 * 0.5
T_ф (по умолчанию)	293.000000	= Температура при нормальных условиях + 273
п_об_мин (по умолчанию)	3093.382164	= Обороти_с110
R_обороти (по умолчанию)	375	= п_об_мин - F_обороти
T_г_д (по умолчанию)	1.203761	= Максимальное давление при 20С / (газовая постоянная *
к_мкс (по умолчанию)	40.516458	= #if(D Диаметр = 250 мм, Dном / 60
п (по умолчанию)	0.007099	= #if(Тип давления, пр, при)
при (по умолчанию)	0.005664	= (KPD51 * ф * 2 + KPD52 * ф + KPD53) / 100
при (по умолчанию)	0.007099	= (KPD1 * ф * 2 + KPD2 * ф + KPD3) / 100
п (по умолчанию)	0.241505	= W1 * ф * 2 + W2 * ф + W3
плотность воздуха (по умолчанию)	0.114204	= (0.122 * T_ф) / (273 + Температура перемещаемой среды
ф (по умолчанию)	1.014537	= Pв1 * ф * 2 + Pв2 * ф + Pв3
фd (по умолчанию)	0.082276	= Pв1 * ф * 2 + Pв02 * ф + Pв3
		= Pв1 * ф * 2 + Pв02 * ф + Pв3

Результаты анализа	Значение	Формула
KPD1 (по умолчанию)	-12.638963	= size_lookup(Безразмерные характеристики, "KPD", 0, Диа
KPD2 (по умолчанию)	5.530356	= size_lookup(Безразмерные характеристики, "KPD", 0, Диа
KPD3 (по умолчанию)	0.138019	= size_lookup(Безразмерные характеристики, "KPD", 0, Диа
KPD51 (по умолчанию)	-19.683779	= size_lookup(Безразмерные характеристики, "KPD5", 0, Ди
KPD52 (по умолчанию)	6.981352	= size_lookup(Безразмерные характеристики, "KPD5", 0, Ди
KPD53 (по умолчанию)	0.039210	= size_lookup(Безразмерные характеристики, "KPD5", 0, Ди
Qmax (по умолчанию)	0.349700	= size_lookup(Безразмерные характеристики, "Qmax", 0, Д
Qmin (по умолчанию)	0.110400	= size_lookup(Безразмерные характеристики, "Qmin", 0, Ди
Pv1 (по умолчанию)	-7.554540	= size_lookup(Безразмерные характеристики, "Pv", 0, Днам
Pv2 (по умолчанию)	0.313760	= size_lookup(Безразмерные характеристики, "Pv", 0, Днам
Pv3 (по умолчанию)	1.174140	= size_lookup(Безразмерные характеристики, "Pv", 0, Днам
PvD1 (по умолчанию)	2.959239	= size_lookup(Безразмерные характеристики, "PvD", 0, Ди
PvD2 (по умолчанию)	-0.005020	= size_lookup(Безразмерные характеристики, "PvD", 0, Ди
PvD3 (по умолчанию)	0.000000	= size_lookup(Безразмерные характеристики, "PvD", 0, Ди
PvS1 (по умолчанию)	-10.551639	= size_lookup(Безразмерные характеристики, "PvS", 0, Ди
PvS2 (по умолчанию)	0.319589	= size_lookup(Безразмерные характеристики, "PvS", 0, Ди
PvS3 (по умолчанию)	1.178415	= size_lookup(Безразмерные характеристики, "PvS", 0, Ди
W1 (по умолчанию)	-2.131965	= size_lookup(Безразмерные характеристики, "W", 0, Днам
W2 (по умолчанию)	1.195855	= size_lookup(Безразмерные характеристики, "W", 0, Днам
W3 (по умолчанию)	0.100770	= size_lookup(Безразмерные характеристики, "W", 0, Днам

**Свойства модели**

Рис. 3. Параметризация, вложенные семейства и расчеты

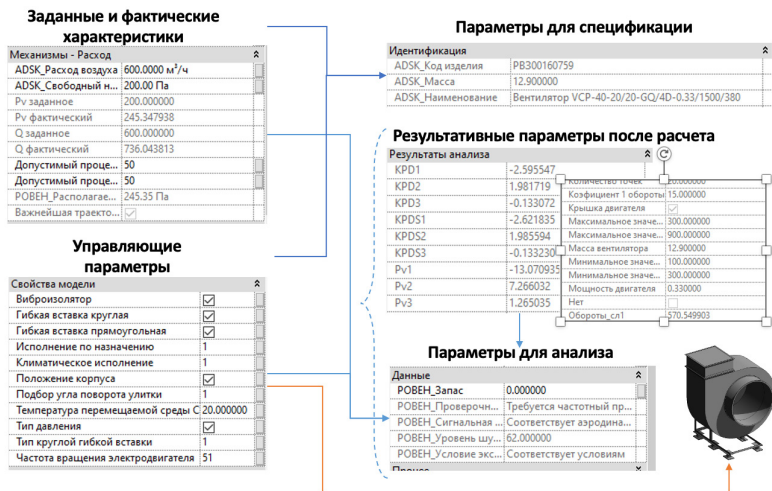


Рис. 4. Типы параметров в семействах

Для того, чтобы раскрыть функционал библиотеки, был создан собственный шаблон на основе ADSK, но переработанный и дополненный параметрами из ФОП POBEN. Только в таком случае шаблон POBEN за счет параметров ADSK можно увязывать с другой информацией. Для проектирования в Revit упрощаются задачи поиска ошибок и несоответствий, например, все не соответствующие техническим характеристикам элементы оборудования окрашиваются в цвета, а соответствующие элементы – становятся прозрачными (рис. 5). Здесь же приводятся спецификации в целях такой же проверки. Для оформления чертежей проекта имеется перечень из трехсот подготовленных изометрических вида, разложенных на листы.

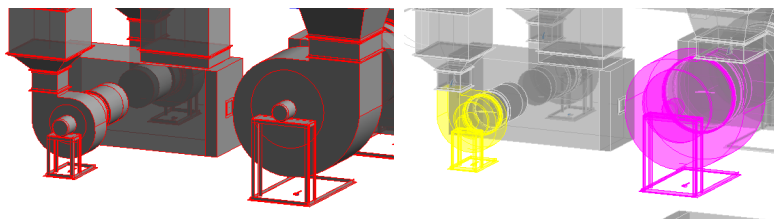


Рис. 5. Виды BIM-проверки

В рамках модели, когда вся система собрана и замкнута, элемент оборудования принимает на себя заданные характеристики, например, значения расхода воздуха из суммы расходов воздухораспределителей и величины давления. Используя характеристики заданных параметров и управляющие параметры настраивается правило для работы конкретного элемента. Значение фактических характеристик рассчитывается по формулам исходя из заданных характеристик и технических условий. Используя группу параметров «Свойства модели» настраиваются локальные правила для конкретного элемента. На рабочих видах не всегда однозначно понятно «поведение» семейства элемента оборудования. Для проверки правильности подбора необходимо воспользоваться видами «BIM-проверка» (рис. 6).

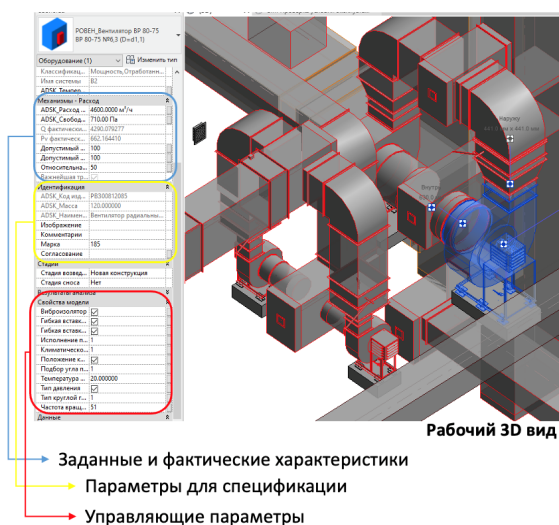


Рис. 6. Принцип работы семейств

В результате выполненной работы по созданию семейств получены BIM-библиотеки для Revit, отражающие фактические характеристики оборудования по данным лабораторных испытаний.

### Литература

1. Системы автоматизации проектирования в строительстве / А. В. Гинзбург, О. М. Баранова, Н. С. Блохина [и др.]. М.: Изд-во МИСИ-МГСУ, 2014. 664 с.
2. Информационные системы и технологии в строительстве / А. А. Волков, С. Н. Петрова, А. В. Гинзбург [и др.]. М.: НИУ МГСУ, 2015. 424 с.

3. Гинзбург А.В. Информационная модель жизненного цикла строительного объекта // *Промышленное и гражданское строительство*. 2016. № 9. С. 61–65. EDN: WWIGWT.

4. Формирование цифровой экономики и промышленности: новые вызовы / А.В. Александрова, А.А. Алетдинова, У.В. Афтахова [и др.]. СПб.: СПбПУ, 2018. 660 с. DOI: 10.18720/IEP/2018.2.

5. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. М.: ДМК Пресс, 2011. 393 с.

6. Gagarin V.G., Lushin K.I., Kozlov V.V., Neklyudov A.Y. Path of Optimized Engineering of HVAC Systems // *Procedia Engineering*. 2016. Vol. 146. P. 103–111. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.06.359.

7. O’Keeffe S.E. Synergy of the developed 6D BIM framework and conception of the nD BIM framework and nD BIM process ontology. PhD Thesis, University of Southern Mississippi, 2013.

8. Lee A., Wo S., Aouad G., Cooper R., Fu C., Tah J.H.M. nD modeling – A driver or enabler for construction improvement? School of Construction and Property Management, University of Salford, UK, Vol. 5(6). 2005.

9. Azhar S., Brown J. BIM for Sustainability Analyses // *International Journal of Construction Education and Research*. 2009. Vol. 5, No. 4. DOI: 10.1080/15578770903355657.

10. Brooks T., Lucas J. A Study to Support BIM Turnover to Facility Managers for Use after Construction. In: *International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*. 2014. P. 243–250. DOI: 10.1061/9780784413616.031.

11. Lin Y.-C., Su Y.-C., Chen Y.-P. Developing Mobile BIM/2D Barcode-Based Automated Facility Management System // *The Scientific World Journal*. 2014. Vol. 2014. Article ID 374735. P. 1–16. DOI: 10.1155/2014/374735.

12. Arayici Y. Towards building information modelling for existing structures // *Structural Survey*. 2008. Vol. 26, No. 3. P. 210–222.

13. Isikdag U., Aouad G., Underwood J., Wu S. Building information models: a review on storage and exchange mechanisms. *Bringing ITC Knowledge to Work*. 2007. P. 135–143.

14. Травуш В.И. Цифровые технологии в строительстве // *Academia. Архитектура и строительство*. 2018. № 3. С. 107–117. DOI: 10.22337/2077-9038-2018-3-107-117. EDN: VJBYXC.

15. Тихомиров С.А., Тихомиров А.Л., Шенна С.Г. Тепловой неразрушающий метод контроля состояния строительных конструкций подземных теплопроводов // *Строительные материалы*. 2015. № 6. С. 26–29. EDN: UDEICR.

16. Саргсян С.В. Исследование способов организации воздухообмена и систем воздушного распределения на физических моделях в лабораторных условиях // *Научное обозрение*. 2015. № 16. С. 68–71. EDN: VWGIGB.

17. ГОСТ 10921–2017 «Вентиляторы радиальные и осевые. Методы аэродинамических испытаний». Стандартинформ, 2016. IV. 22 с.

18. Соломахова Т.С., Чебышева К.В. Центробежные вентиляторы. Аэродинамические схемы и характеристики: Справочник. М.: Машиностроение, 1980. 176 с.

УДК 004+69.003

DOI: 10.23968/BIMAC.2023.028

**Храпкин Павел Леонидович**, BIM-эксперт

(ООО «НИП-ИНФОРМАТИКА»)

*E-mail: pavel.khrapkin@nipinform.ru*

**Артаменко Анастасия Евгеньевна**, инженер САПР строительных конструкций

(ООО «НИП-ИНФОРМАТИКА»)

*E-mail: anastasia.artamenko@nipinform.ru*

**Мартыновский Алексей Михайлович**, специалист САПР инженерных систем

(ООО «НИП-ИНФОРМАТИКА»)

*E-mail: alexey.martynovsky@nipinform.ru*

Khrapkin Pavel Leonidovich, BIM expert

(“NIP-Informatica” LLC)

Artamenko Anastasia Evgen'evna, Structural CAD Engineer

(“NIP-Informatica” LLC)

Martynovsky Alexey Michaylovich, Engineering systems CAD specialist

(“NIP-Informatica” LLC)

## **МЕТОДИКА БАЛЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СОПРОВОЖДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ, ТИМ НА ПРИМЕРЕ 7D MODELER**

### **METHODOLOGY FOR SCORE EVALUATION OF CONSTRUCTION PROJECTS SUPPORT SOFTWARE, BIM ON THE EXAMPLE OF 7D MODELER**

В статье обобщены результаты исследования компании «НИП-Информатика» в области программных обеспечений для сопровождения строительных проектов. Цель исследования – оценка важности различных функций программного обеспечения для пользователя. Проведено анкетирование сотрудников российских строительных компаний; в анкете им было предложено указать приоритет функций ПО для применения в повседневной работе. Данные, полученные в этом исследовании, помогают быстро оценить готовность ПО к применению в сферах 4D-проектирования, планирования и ресурсного управления. Приводится пример оценки 7D Modeler в рамках данной методики.

*Ключевые слова:* ТИМ, управление строительными процессами, программное обеспечение для ТИМ, Методика оценки программного обеспечения, 4D-проектирование.

The article summarizes the results of a study by the “NIP-Informatika” company in the field of software to support construction projects. The purpose of the study is to evaluate the importance of various software functions for the user. A survey of employees of Russian construction companies was conducted; in the questionnaire, they were asked to indicate the priority of software functions for use in everyday work. The data obtained in this study helps to quickly assess the readiness of software for use in the areas of 4D design, planning and resource management. An example of 7D Modeler evaluation within the framework of this methodology is given.

*Keywords:* BIM, management of construction processes, software for BIM, Software evaluation methodology, 4D design.

## **Введение**

Несмотря на то, что бюджет проектных работ составляет всего 2,5–8,8 % от общих расходов на строительство [1], именно на этапе проектирования и планирования закладывается финансовый успех, соблюдение сроков и качество результата всего проекта. Внедрение ТИМ решило многие проблемы проектирования, однако усугубило проблему взаимодействия со строителями. Среди причин этого было отсутствие подходящего ПО [2]. Одно из решений этой проблемы – использование приложения SYNCHRO 4D, которому до последнего времени обучали студентов СПбГАСУ. С уходом западных корпораций из России возникла задача импортозамещения [3, 4]. За последний год на рынке появилось много подобных отечественных решений. Как следствие, возникла проблема выбора среди них оптимального инструмента. Данное исследование направлено на поиск универсального способа быстрой оценки ПО для цифровизации строительства.

### **Методика балльной оценки ПО для ТИМ в области сопровождения и управления строительными проектами.**

Прежде всего, хотелось поблагодарить коллег из ПАО «Северсталь», АО «НЛМК-Инжиниринг», ООО «Брусника Проектирование», IBS, ООО «Системы Управления Северо-Запад» и СПбГАСУ, которые оказали значительную помощь в формировании запроса к ПО и основных критериев оценки его функционала. В рамках этого исследования был составлен опросный лист, в котором выделено 4 основные категории оценки и блок с общими требованиями вне категорий. В опросе приняли участие 25 человек из 12 компаний, все опрошенные имеют богатый опыт работы в строительной области, хорошо понимают специфику работы и важность того или иного функционала ПО. Участникам опроса было предложено оценить, исходя из их профессионального опыта, важность каждой функции по четырехбалльной шкале (1 – высокий приоритет, 4 – низкий). По данным из опросных



листов определено среднее арифметическое значение приоритета для каждой функции ( $\mu$ ). Результаты этой работы приведены в таблице (табл. 1).

Таблица 1

**Результаты обработки данных опросных листов**

№	Описание функции	$\mu$
<b>Календарно-сетевые графики</b>		
1.1	Импорт из Primavera, Microsoft Project	1,24
1.2	Управление поставками, логистика	2,38
1.3	Управление поставщиками, компаниями, ответственными за исполнение	2,56
1.4	Автоматическое создание графика на основе 3D-модели	2,47
1.5	Пользовательские значения атрибутов работ	1,59
1.6	Расчёт расписания. Определение критического пути	1,59
1.7	Отслеживание план-факта	1,24
1.8	Добавление ссылок на работы, документы, компании	2,63
1.9	Визуальное отображение статусов работ в 3D-модели. Наглядные профили отставания	1,25
1.10	Стоимости работ	1,88
1.11	Стоимости ресурсов	1,88
1.12	Сопоставление с базовыми ценами на проектные работы	3,00
1.13	Мультивалютность в одном проекте	3,00
1.14	Мапирование и добавление внутренних кодификаторов компании	1,71
1.15	Создание шаблона/макета проекта	2,06
1.16	Планирование, контроль и коррекция КСП	1,35
<b>Графики и отчёты</b>		
2.1	График метода освоенного объема	1,94
2.2	График использования ресурсов	1,82
2.3	Экспорт данных в Excel	1,53
2.4	Экспорт данных для Power BI	2,00
2.5	Кастомизированные графики	2,24
2.6	График рабочей силы	2,24
2.7	Формирование на основе данных матрицы ответственности	2,71
2.8	Создание отчётов по календарно-сетевому графику	1,82

Окончание табл. 1

№	Описание функции	μ
<b>Управление ресурсами</b>		
3.1	Ведомость объемов работ на основе 3D-модели	1,65
3.2	Формирование собственных деревьев ресурсов	2,29
3.3	Автоматическая связь ресурсов и работ (по кодификатору, имени)	1,44
3.4	Создание фильтров для поиска и группировки ресурсов	1,53
3.5	Управление и планирование трудовых ресурсов. Гибкая настройка (задание выработки бригады, количества человек в бригаде)	1,88
<b>3D и 4D-модель</b>		
4.1	Разбиение элементов 3D-модели на захватки	1,65
4.2	Создание видео и рендер анимации	1,41
4.3	Поиск 3D и 4D коллизий (clash detection)	1,41
4.4	Создание 4D-путей	1,94
4.5	Мультиоконность для сравнения план-факт	1,53
4.6	Захватки: визуальное планирование и контроль пакетов работ	1,88
4.7	Планирование и контроль пространства, отведенного под стройматериалы	2,31
<b>Общие положения</b>		
5.1	Веб-версия продукта	2,25
5.2	Связь с внутренним сервером компании	2,06
5.3	Совместная работа над одним проектом	1,53
5.4	Возможность работы на мобильных устройствах	2,25
5.5	Связь со смежными приложениями через файловый обмен и API	2,25
5.6	Автоматический пересчет КСП или анимации на основании заданных параметров	2,47

Методика балльной оценки позволяет быстро оценить программные продукты по приоритетным параметрам. Данные этой работы стали отправной точкой в поиске отечественных решений для управления строительными процессами.

#### **Пример использования балльной оценки**

Один из новых программных комплексов для управления строительными процессами – 7D Modeler. Он идейно ближе всего к SYNCHRO 4D, но имеет кардинальное отличие: работа с данными в рамках формата IFC [5, 6].

The screenshot displays the 7D Modeler software interface. On the left, a Gantt chart shows the project schedule from 2020 to 2023. The chart is divided into three main phases: 'Планирование (составление)' (Planning), 'Планирование (монтаж)' (Planning (assembly)), and 'Финиш' (Finish). Below the Gantt chart, a table provides detailed task information.

Имя	Планирование (составление)	Планирование (монтаж)	Финиш
1.2.1	Дополнительные модели	25 марта 2021 г. 16:00:00	18 июня 2021 г. 16:00:00
1.2.2	Строительная подпорная часть здания	6 января 2022 г. 18:00:00	26 марта 2021 г. 16:00:00
1.2.3	Строительные работы на площадке	22 января 2021 г. 16:00:00	26 марта 2021 г. 16:00:00
1.2.4	Специализированная часть здания	3 января 2021 г. 16:00:00	26 марта 2021 г. 16:00:00
1.2.4.1	Монтажные железобетонные конструкции надземной ч...	27 мая 2021 г. 16:00:00	27 мая 2021 г. 16:00:00
1.2.4.2	Бетонные и железобетонные конструкции борные	4 ноября 2021 г. 15:00:00	4 ноября 2021 г. 15:00:00
1.2.4.3	Конструкции из перегородок	27 августа 2021 г. 13:00:00	27 августа 2021 г. 13:00:00
1.2.4.4	Работы по закрытию теплового контура	24 сентября 2021 г. 11:00:00	24 сентября 2021 г. 10:00:00
1.2.4.5	Оборудование	21 января 2022 г. 11:00:00	3 октября 2022 г. 11:00:00

On the right, two 3D BIM models are shown. The top model, 'Проект 3D [1]', uses a color-coded system: red for 'Запланированные' (Planned) and green for 'Планируемые' (Planned). The bottom model, 'Проект 3D [1]', uses a yellow and grey system: yellow for 'Монтажные перегородки' (Assembly partitions) and grey for 'Нагруженные стены' (Loaded walls). A legend at the bottom of the 3D view indicates: 'Использовать наилучшие даты' (Use best dates), 'Монтажные перегородки' (Assembly partitions), 'Нагруженные стены' (Loaded walls), 'Запланированные' (Planned), and 'Планируемые' (Planned).

Скриншот из ПО 7D Modeler. Интерфейс программы: *слева* – типы работ; *справа* – запаздывание/плановый прогресс

7D Modeler на текущий момент имеет функционал, частично или полностью удовлетворяющий 21 пункту из 24 с приоритетами в диапазоне 1–2, что составляет 87,5 % (табл. 2). По утверждению компании разработчиков «Открытые ТИМ Системы», на конец 2023 года приоритеты 1–3 будут полностью или с высокой степенью готовности закрыты.

Таблица 2

**Соответствие 7D Modeler версии 1.2 приоритетам пользователей 1–2:**  
**I – полное соответствие, II – частичное соответствие, III – нет соответствия**

Описание	I	II	III
<b>Календарно-сетевые графики</b>			
Есть инструменты планирования, создания календарей, связей между работами, перерасчёт расписания, анализ критического пути, импорт и синхронизация из Primavera и Microsoft Project, базовые планы, возможность отслеживания план-факта и визуальное отображение статусов работ. Есть возможность автоматического составления графика на основе IFC модели.	6	3	0
<b>Графики и отчёты</b>			
Есть графики использования ресурсов и рабочей силы. Возможен экспорт данных в формате Excel, что позволяет создавать на их основе отчеты по календарно-сетевому графику и обмениваться данными с другими системами.	2	2	0
<b>Управление ресурсами</b>			
Есть возможность получать объемы работ и материалов из 3D-модели, строить график использования ресурсов на диаграмме Ганта вместе с количественными значениями, и далее выполнять выравнивание ресурсов и работ. Можно формировать деревья ресурсов.	1	2	1
<b>3D и 4D-модель</b>			
Свой 3D-движок с поддержкой мультиоконности позволяет одновременно просматривать и сопоставлять плановое и фактическое состояние проекта, и определять расхождение с графиком. Есть отображение по статусам «запаздывание/плановый прогресс» (рис. 1), создание 4D-путей, проверка геометрии на пространственные и пространственно-временные коллизии, учет минимально допустимых расстояний между объектами.	4	1	1

Окончание табл. 2

Описание	I	II	III
<b>Общие положения</b>			
Совместная работа над проектом реализована во многих веб-решениях для управления строительством, однако для ее реализации в 7D Modeler необходима ТИМ-платформа, которая имеет полную поддержку IFC схемы. На данный момент совместная работа над проектом не реализована. Тем не менее, собственная ТИМ-платформа с полной поддержкой IFC – актуальное направление для развития 7D Modeler.	0	0	1

### Вывод

Предложенная в данной статье методика балльной оценки программного обеспечения для сопровождения строительных проектов может быть полезна и строительным компаниям, перед которыми стоит проблема выбора программного обеспечения, и разработчикам. Методика балльной оценки позволяет свести первичное тестирование программных продуктов к анализу отдельных критериев, и получить численную оценку возможностей программного продукта. В свою очередь, приведенные в статье усредненные значения баллов по приоритетным параметрам помогут разработчикам уточнить направление развития программных продуктов и их место на рынке.

### Литература

1. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 1 октября 2021 г. № 707 «Об утверждении Методики определения стоимости работ по подготовке проектной документации» // ГАРАНТ.РУ. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403237729/> (дата обращения: 12.02.2023).
2. Кондратеня В.В., Кондратеня А.В., Окольников Г.Э., Данилова Е.А. Проблематика внедрения инновационных технологий управления в строительстве // Системные технологии. 2020. № 4(37). С. 9–12. EDN: UKCSRX.
3. Артаменко А., Храпкин П. SYNCHRO 4D для строителей // САПР и графика. 2021. № 11(301). С. 13–18. EDN: BWVGSJ.
4. Бовтеев С.В. Визуализация процесса строительства зданий и сооружений // Инновационные методы организации строительного производства: Матер. Всеросс. научно-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 3–8. EDN: DYAPCZ.
5. Сайт buildingSMART International Ltd. URL: [https://standards.buildingsmart.org/IFC/DEV/IFC4\\_2/FINAL/HTML/](https://standards.buildingsmart.org/IFC/DEV/IFC4_2/FINAL/HTML/) (дата обращения: 12.02.2023).
6. 7D Modeler. Сайт ООО «Открытые ТИМ системы». URL: <https://www.openbimsystems.ru/7d-modeler> (дата обращения: 12.02.2023).

**УДК 004.94**

**DOI:** 10.23968/ВІМАС.2023.029

**Шпак Егор Валерьевич**, специалист отдела продукта  
(ООО «Тангл»)

*E-mail: eshpak@tangl.cloud, ORCID: 0000-0002-1781-652X*

**Кузнецова Ирина Сергеевна**, магистрант

(Уральский Федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина)

*E-mail: ira.kuznesova.27@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4698-2340*

Shpak Egor Valerevich, product department specialist  
(“Tangl” LLC)

Kuznetsova Irina Sergeevna, Master’s degree student  
(Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin)

## **МЕТОДЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОВЕРКИ ЦИМ НА СООТВЕТСТВИЕ ТРЕБОВАНИЯМ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ**

### **AUTOMATION METHODS OF THE BIM MODEL CHECK FOR COMPLIANCE WITH THE REQUIREMENTS DURING THE STATE EXPERTATION**

В статье описана необходимость проверки информационной модели при прохождении государственной экспертизы. Изучены и проанализированы требования федерального и регионального законодательства к ЦИМ, сгруппированы по методике проведения проверки. Описана механика проверки цифровой информационной модели для каждой отдельной группы при помощи автоматизированного метода, приведен пример проверки на выбранном программном обеспечении. Сделаны выводы о возможности проведения валидации модели по требованиям законодательства, используя программные обеспечения, внесены предложения по доработке этих продуктов для полной автоматизации проверок по требованиям законодательства.

*Ключевые слова:* технология информационного моделирования, цифровая информационная модель, программное обеспечение, машиночитаемый формат, валидация, коллизии.

This article has a description of the necessity to check the BIM model during the state expertation. The requirements of federal and regional legislation to the BIM model have been studied and analyzed, then it has been grouped according to the methods of the audit. The method of checking the building information model for each individual group using an automated method is described, an example of audit on the selected

software program is given. Conclusions about the possibility of validating the BIM model with using a software according to the requirements of the legislation have been done, proposals of finalizing the software for full automation of checking according to the requirements of the legislation have been drawn.

*Keywords:* BIM, digital information model, software, machine-readable format, validation, collisions.

В настоящее время развитие технологии информационного моделирования (ИМ) в нашей стране набирает обороты за счет ведения обязательного его использования для объектов, финансируемых с привлечением средств бюджетов бюджетной системы Российской Федерации (РФ) [1]. Цифровые информационные модели (ЦИМ) должны содержать необходимый состав атрибутивных и геометрических данных в соответствии с [2]. Поэтому для проверяющих государственной экспертизы появляются новые обязанности: проверка информационной модели по требованиям законодательства [3]. Тема автоматизации валидации модели является актуальной, так как ошибки, допущенные на этапе проектирования, влекут серьёзные проблемы на последующих этапах жизненного цикла объекта [4].

Целью данной статьи является анализ требований федерального и регионального законодательства к ЦИМ, группировка схожих требований и описание методов автоматизированной проверки информационной модели (ИМ) программным обеспечением (ПО) для каждого типа требований.

Для решения данной проблемы необходимо изучить требования законодательства к ЦИМ при прохождении государственной экспертизы, сгруппировать схожие. Проанализировать программные обеспечения, существующие на рынке, с помощью которых возможна валидация модели. Описать для каждой группы требований методику проведения проверки при помощи ПО. Сделать выводы о том, для каких групп возможно произвести аудит модели автоматизировано, а для каких нет.

По итогам изучения требований федерального и регионального законодательства [2, 5–11] был составлен список основных критериев для проверки информационной модели:

- требования к наименованию файлов и элементов;
- требования к ПО для моделирования ИМ;
- требования к формату файлов;
- требования к максимальному размеру файлов;
- требования к критериям разбиения на ИМ;
- требования к координации ИМ;
- требования к уровню проработки;

- требования к геометрии и атрибутам;
- требования к классификаторам;
- требования к заполнению параметров элементов.

Для анализа автоматизации проверки информационной модели были изучены ПО и их характеристики. При выборе продукта важным условием было наличие функционала сохранения правил проверок в машиночитаемом формате для многократного использования в новых проектах. По итогам было принято решение использовать российский продукт tangl control, так как он наиболее удовлетворяет заданным требованиям.

Анализ проверок ЦИМ для государственной экспертизы был проведен, опираясь на [10], так как в данном документе прописано больше всего требований. Они были сгруппированы по методике проведения валидации модели. В табл. 1 представлены требования к ЦИМ по группам.

Первая группа требований – это наличие и заполнение параметров у элементов модели. Алгоритм проверки:

1. Отбор элементов, для которых необходимо выполнить данные проверки, производится по заданному классу IFC и параметрам (рис. 1).

2. Проверка наличия и заполнения параметров по типам:

2.1. Наличие у отобранных элементов параметров, значение которых должно быть заполнено, но не имеет определенного содержания (рис. 2).

2.2. Наличие параметров у отобранных элементов и конкретное значение для них (рис. 3).

2.3. Наличие параметра и ряд значений, которые могут применяться (по выбору) (рис. 4).

Например, для стен при помощи ПО задавались правила отбора элементов для проверки по IFC классу – IFCWall, который записан в параметре «Class» (рис. 1).

Для стен необходимо проверить наличие и заполнение параметров – «Предел огнестойкости» (рис. 2), «Наружный» (рис. 3), «Тип» (рис. 4) и других.

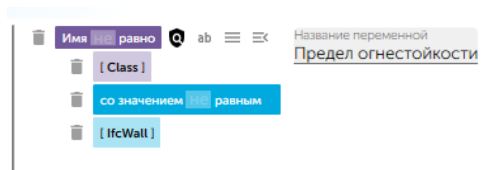


Рис. 1. Отбор элементов модели

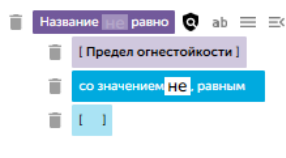


Рис. 2. Проверка на наличие параметра, значение не задано



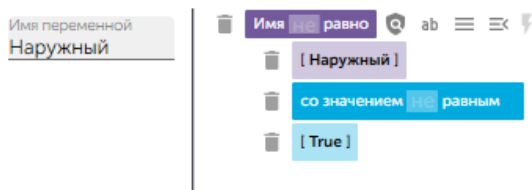


Рис. 3. Проверка на наличие и заполнение конкретного параметра

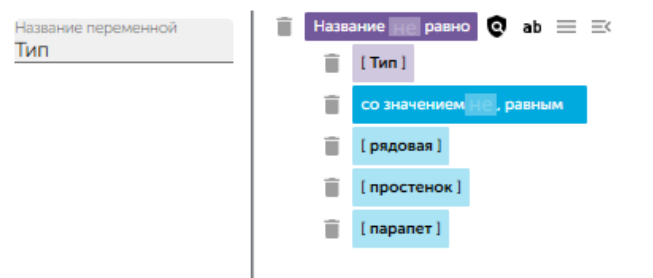


Рис. 4. Проверка на наличие и заполнение ряда значений

По результатам данной проверки определялось наличие в модели атрибутивных данных, чтобы обеспечить полноту сведений, предусмотренных действующими нормами [2].

Вторая группа требований – проверка на геометрическое пересечение/примыкание элементов. Алгоритм такой:

1. Отбор элементов, для которых необходимо выполнить данные проверки, выполняется по заданному классу IFC и параметрам.
2. Сортировка элементов по параметру (рис. 5).
3. Проверка на геометрическое пересечение/примыкание по типам:
  - 3.1. Геометрических пересечений (рис. 6) для отобранных элементов с заданной сортировкой по параметрам и допуском.
  - 3.2. Геометрического перекрытия (рис. 7) для отобранных элементов с заданной сортировкой по параметрам и допуском.

Например, при проверке на коллизии элементов категории «потолок» и «стены» в разделе архитектурные решения сортировка элементов (рис. 5) производится по параметру «Level», так как он присутствует у всех компонентов модели.

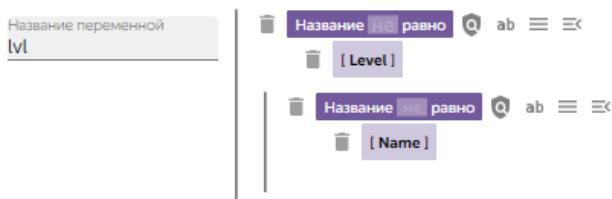


Рис. 5. Сортировка элементов по параметру Level

После отбора и сортировки элементов по уровням, производилось составление проверки на коллизии (рис. 6) для стен и потолков. Данная проверка проводилась по геометрическому пересечению стен и потолков между собой с заданным допуском. При положительном значении проверки (наличию коллизий) данные элементы проходили сортировку по выбранному параметру.

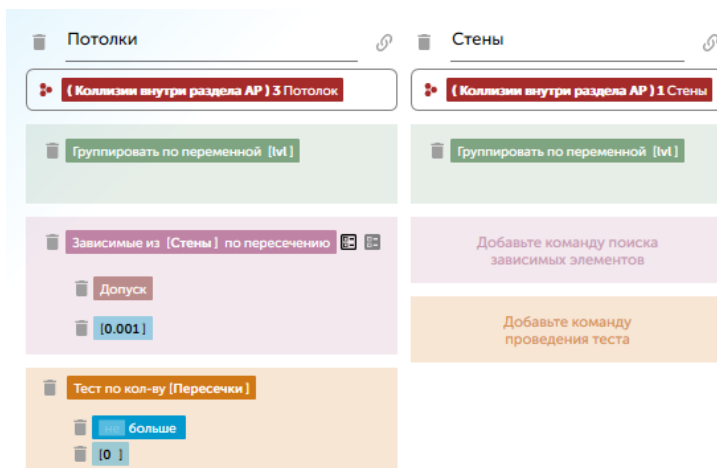


Рис. 6. Проверка на геометрические пересечения

Для проверки на наличие зон обслуживания вокруг насосов (рис. 7) были произведены отбор элементов и сортировка по методу, описанному выше. При помощи данной проверки определялось количество перекрытий элементов оборудования зонами с учетом допуска. При положительном результате проверки (наличию зон обслуживания у насосов) элементы проходят сортировку по заданному параметру.

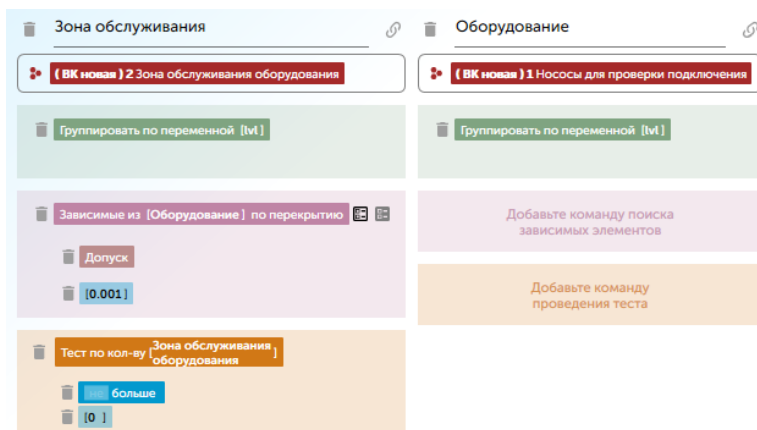


Рис. 7. Проверка на геометрические перекрытия

По итогам данных проверок можно получить количество пересечений и перекрытий между различными объектами внутри одной модели.

Третья группа требований – наличие в ЦИМ определенных элементов. Алгоритм такой:

1. Отбор элементов, для которых необходимо выполнить данную проверку, выполняется по заданному классу IFC.
2. Наличие параметров и конкретных значений для них (если это требуется).

Например, наличие необходимых элементов инженерной системы проверялись для водоснабжения так: задавалось правило отбора для всех категорий (рис. 8), которые должны быть: трубы, фитинги, арматура трубопроводов, оборудованием. И при помощи параметров проверялось относятся ли они к системе водоснабжения (рис. 9).

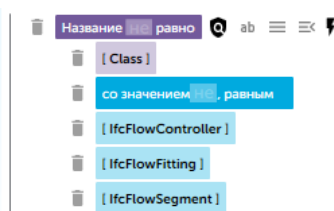


Рис. 8. Отбор элементов для проверки на наличие элементов в модели

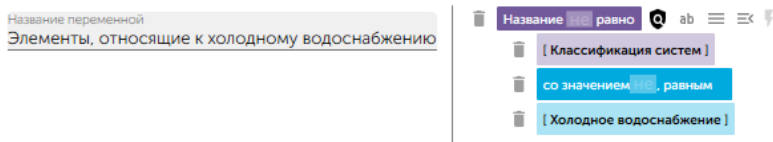


Рис. 9. Заполнение параметров для проверки на наличие элементов в модели

Четвертая группа – проверка на пространственную координацию при помощи просмотра координат в модели (рис. 10). Таким образом, проверяется координация отдельно для каждого раздела вручную. А также анализируется наглядное соответствие конструкций здания между различными ИМ внутри одного проекта.

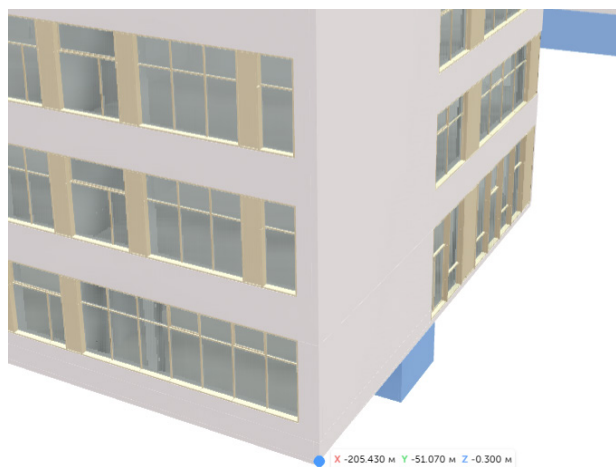


Рис. 10. Проверка координат модели

Проверка соответствия ЦИМ и 2D-документации производится путем сопоставления 3D-модели и чертежей. При помощи специализированного ПО можно наглядно убедиться в правильности выполнения документации и соответствии ее информационной модели, за счет одновременного просмотра элементов на 3D-виде и плане или разрезе. При нажатии на определенный объект он подсвечивается на всех видах. В тестируемых ПО – tangl control такого функционала нет.

Для проверки отсутствия скрытых объектов и аннотации в ПО для валидации модели создается отдельный 3D-вид, на котором не будут применены фильтры. И производится сравнение этого вида и оформленного для выпуска документации на предмет отсутствия элементов модели.

Проверка расположения базовой точки проекта должна проводиться по принципу сравнения расположения фактического элемента с тем, что образуется при пересечении трех координат: осей А и 1 и отметки 0,000. При помощи рассматриваемого в статье ПО данные проверки не проводятся.

Все элементы в модели должны быть выполнены в масштабе 1:1, проверку по данному требованию можно автоматизировать при помощи ПО, которое будет сравнивать фактические размеры компонентов и их атрибутивные характеристики. Например, для стены будут заданы размеры высоты, толщины и длины. Программное обеспечение измеряет фактические размеры трехмерной геометрии и сравнивает их с заданными в параметрах. Для полноценной проверки в tangl control данную проверку необходимо добавить.

Общий список проверок, который был выполнен для ЦИМ по требованиям Московской государственной экспертизы, приведен в таблице.

#### Анализ автоматизированных проверок ИМ

№ п/п	Требования к ИМ Московской государственной экспертизы	Возможность проверки	Группа проверки
Общие требования к ИМ			
1	Требования к именованию ЦИМ (состоит из набора полей, использовать символ «_», отсутствие недопустимых символов и пробелов)	Частично	1
2	ЦИМ и 2D-документация должны соответствовать друг другу	Не проверить	
3	Должны отсутствовать скрытые объекты и аннотации	Не проверить	
4	Отсутствие внутридисциплинарных коллизий	Проверить	2
5	Точность примыкания элементов и «неразрывность» соединения элементов систем инженерных коммуникаций	Проверить	2

Продолжение таблицы

№ п/п	Требования к ИМ Московской государственной экспертизы	Возможность проверки	Группа проверки
6	Расположение базовой точки проекта в 0,000 и в пересечении осей А и 1	Не проверить	
7	Масштаб 1:1	Не проверить	
8	Пространственная координация между различными разделами	Проверить	4
9	Наименование уровня: блочная структура	Проверить	1
10	Наличие и заполнение параметров для уровней	Проверить	1
11	Общие требования к наличию и заполнению параметров ЦИМ	Проверить	1
Требования к ИМ раздела АР			
12	Требования к форме надземной и подземной части	Проверить	3
13	Требования к заполнению параметров для отдельных элементов ЦИМ	Проверить	1
14	Требования к наличию зон	Проверить	3
15	Требования к параметрам зон	Проверить	1
16	Требования к параметрам помещений	Проверить	1
Требования к ИМ раздела КР			
17	Требования к наличию и заполнению параметров для определенного класса IFC	Проверить	1
18	Требования к наличию и заполнению общих параметров для всех элементов	Проверить	1
Требования к ИМ разделам ИОС			
19	Требования к моделированию оборудования (должны содержать фиксированные точки подключения)	Проверить	2

Окончание таблицы

№ п/п	Требования к ИМ Московской государственной экспертизы	Возможность проверки	Группа проверки
20	Требования к наличию зон обслуживания оборудования	Проверить	3
21	Требования к моделированию систем (наличие необходимых элементов для каждой из системы)	Проверить	3
22	Требования к наличию и заполнению параметров элементов	Проверить	1

Таким образом, можно прийти к выводу, что автоматизированный метод проверки ЦИМ позволяет снизить трудозатраты на валидацию ЦИМ. Проверки по заполнению параметров, на коллизии, на наличие элементов и координацию модели можно производить для ускорения процесса машиночитаемым способом при помощи ПО. Для полноценной автоматизированной проверки ЦИМ необходимо доработать существующие продукты по требованиям законодательства, таким как соответствие 2D-документации и модели между собой, отсутствию скрытых объектов, масштаб элементов, соответствие базовой точки и пересечение осей А и 1, а также отметки 0,000. Поэтому проблема перевода требований законодательства в машиночитаемый вид для проведения проверок является актуальной в настоящее время, и требуется доработка программных продуктов.

### Литература

1. Постановление правительства Российской Федерации от 5 марта 2021 года N 331 «Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства». URL: <https://docs.cntd.ru/document/573842519/> (дата обращения: 28.01.2023).

2. СП 333.1325800.2020. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла. Утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 31 декабря 2020 г. N 928/пр и введен в действие с 1 июля 2021 г. 226 с.

3. Макиша Е.В., Мочкин К.А. Состояние и перспективы применения систем проверки информационных моделей строительных объектов // *Строительство: наука и образование*. 2021. Т. 11, № 4. С. 6. DOI: 10.22227/2305-5502.2021.4.6. EDN: PLCXYK.

4. Кривой С.А. Автоматизированные проверки информационной модели здания на нормативно-техническую документацию // *Alfabuild*. 2017. Т. 3, № 2. С. 54–57. DOI: 10.34910/ALF.2.11. EDN: LORFQI.

5. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_51040/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/) (дата обращения: 28.01.2023).

6. Постановление Правительства Российской Федерации от 15.09.2020 N 1431 ФЗ «Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов, и требований к форматам указанных электронных документов, а также о внесении изменения в пункт 6 Положения о выполнении инженерных изысканий для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства». URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/182356/> (дата обращения: 28.01.2023).

7. СП 328.1325800.2020. Информационное моделирование в строительстве. Правила описания компонентов информационной модели. Утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 31 декабря 2020 г. N 927/пр и введен в действие с 1 июля 2021 г. 22 с.

8. Методические рекомендации по подготовке информационной модели объекта капитального строительства, представляемой на рассмотрение в ФАУ «Главгосэкспертиза России» в связи с проведением государственной экспертизы проектной документации и оценки информационной модели объекта капитального строительства. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400464409/> (дата обращения: 28.01.2023).

9. Правительство Свердловской области. Общие требования к трехмерным моделям зданий, входящих в состав информационных моделей объектов капитального строительства. URL: <https://expert-so.ru/services/bim/> (дата обращения: 28.01.2023).

10. Приказ от 09.09.2020 № МКЭ-ОД/20-45 «О внесении изменения в приказ от 26 июня 2019 года № МКЭ-ОД/19-39 «Об утверждении требований к информационным моделям объектов капитального строительства, а также классификаторов для информационного моделирования». URL: <https://www.mos.ru/mke/documents/prikazy/view/244254220/> (дата обращения: 28.01.2023).

11. Санкт-Петербургское государственное автономное учреждение «Центр государственной экспертизы». Требования к цифровым информационным моделям объектов капитального строительства, представляемым для проведения экспертизы. URL: <https://www.spbexp.ru/bim/docs/> (дата обращения: 28.01.2023).



## **ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ, ВЛАДЕЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЯМИ BIM**

УДК 004.921

DOI: 10.23968/VIMAC.2023.030

**Асекритова Светлана Вениаминовна**, канд. техн. наук, доцент  
(Рыбинский государственный авиационный технический университет  
им. П. А. Соловьева)

*E-mail: svetlana.asekritova@mail.ru*

Asekritova Svetlana Veniaminovna, PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Rybinsk State Aviation Technical University named after P. A. Solovyov)

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ В ШКОЛЬНЫХ И СТУДЕНЧЕСКИХ ПРОЕКТНЫХ РАБОТАХ**

#### **USE OF BIM-TECHNOLOGY ELEMENTS IN SCHOOL AND STUDENT DESIGN WORKS**

Статья посвящена использованию элементов BIM-технологий в проектной деятельности, которая осуществляется учащимися средних образовательных школ города Рыбинска и студентами в Рыбинском государственном авиационном техническом университете имени П.А. Соловьева. Рассматриваются проекты, разработанные учащимися старших классов в рамках муниципального научно-образовательного проекта «Интеллектуальный реактор» с использованием элементов BIM-технологий. Проекты выполнены на стадии электронного макета в среде САПР NX и Компас. Также представлены проекты, иллюстрирующие использование BIM-технологий для решения практических задач по проектированию университетской среды.

*Ключевые слова:* BIM-технологии, студенческая проектная деятельность, школьная проектная деятельность, электронный макет, проектирование, САПР NX, Компас.

The article is devoted to the use of elements of BIM technologies in project activities carried out by students of secondary educational schools of the city of Rybinsk and students at the Rybinsk State Aviation Technical University named after P.A. Solovyov. The projects developed by high school students within the framework of the municipal scientific and educational project “Intelligent Reactor” using elements of BIM technologies are considered. The projects were carried out at the electronic layout stage in the

NX and Compass CAD environment. There are also projects illustrating the use of BIM technologies to solve practical problems in the design of the university environment.

*Keywords:* BIM-technologies, student design activities, school design activities, electronic layout, designing, CAD NX, CAD Compass.

Рынок труда всегда открыт для специалистов, обладающих способностью и готовностью использовать информационные технологии, и, конечно же, современные средства компьютерной графики в своей профессиональной деятельности.

На сегодняшний день большинство машиностроительных САПР базируются на концепции PLM (Product Lifecycle Management) – управление жизненным циклом изделия, очень близкой к BIM. Эта концепция, в 1998 году сформулированная компанией Dassault Systemes, позволяет утверждать, что BIM является отражением и уточнением концепции PLM в специализированной области человеческой деятельности – архитектурно-строительном проектировании [1].

Информационная модель здания это виртуальная модель, результат применения компьютерных технологий. Можно утверждать, что BIM – это виртуальная копия здания. Первоначально имеется некоторый набор информации, пусть неполный, но достаточный для начала работы в первом приближении [2]. По трёхмерной архитектурной модели здания можно визуализировать все необходимые разрезы и планы, а также рабатывать чертежи.

Студентам инженерных специальностей высших учебных заведений уже с первого курса необходимо изучать основы компьютерного 3D-проектирования, поэтому желательно, чтобы их знакомство с различными системами автоматизированного проектирования начиналось уже в школе и как можно раньше. К сожалению, школьные занятия по информатике и технологии редко проходят с использованием программ 3D-моделирования, в основном отдельные учащиеся осваивают азы 3D-графики самостоятельно.

С целью ликвидации данного пробела в довузовской подготовке школьников в Рыбинском государственном авиационном техническом университете имени П.А. Соловьева при поддержке Департамента образования второй год реализуется научно-образовательный проект «Интеллектуальный реактор», в котором участвуют школьники 10 классов города Рыбинска. Направление «3D-моделирование в проектировании и конструировании» закреплено за секцией «Графика» кафедры «Прикладная механика»

Выполнять сложные инженерные конструкторские задачи в современных системах автоматизированного проектирования школьникам пока не под силу, не хватает специальных знаний. Поэтому проектирование архитектурных сооружений и разработка их 3D-моделей на уровне макета помогает креативно ориентированным учащимся реализовывать свои идеи и воплощать их с помощью 3D-моделей в яркий визуализированный образ.

Если тема проекта касается непосредственно самого разработчика-школьника, он точно знает и понимает, что хочет получить от проектной деятельности на выходе. Пример тому проект ученика 10 класса СОШ № 32 города Рыбинска Вадима Мышкина «Разработка 3D-макета школы будущего». В качестве доступных исходных данных для проектирования у школьника был только план участка территории, где будущее здание школы должно располагаться. На сегодняшний день территория школы представляет собой два отдельно стоящих учебных корпуса, разделённых заброшенным участком размером с футбольное поле. Это результат объединения двух школ в одну. По инициативе школьника, им был проведён мониторинг среди учащихся всех возрастных параллелей. Итогом стал проект будущей школы и прилегающих к ней объектов инфраструктуры. Проект Вадима Мышкина был представлен на VIII Международном технологическом форуме «Инновации. Технологии. Производство» на секции «Дистанционные образовательные технологии – реалии современного общества» (рис. 1).

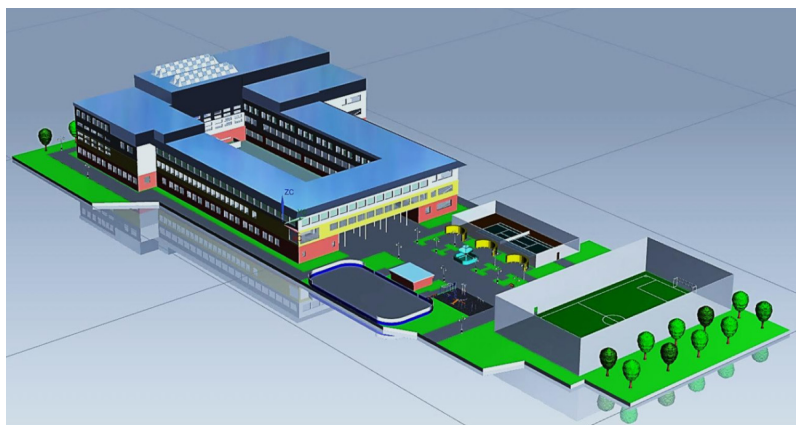


Рис. 1. 3D-макет школы будущего (автор Вадим Мышкин)

Есть школьные проекты, связанные с историческим и архитектурным наследием Ярославского края. Восстановлению утраченной истории посвящён проект ученицы СОШ № 20 города Рыбинска «Разработка 3D-макета деревенской усадьбы дворян Ушаковых». Из входных данных проекта: план территории; полностью разрушенное родовое имение знаменитого земляка Фёдора Ушакова, от которого остался только заросший пруд; единственный рисунок дворянского дома плохого качества, выполненный художником-любителем; информация о типах застройки дворянской усадьбы XVIII века. Проектируемая усадьба – это комплекс строений: барский дом, дом для прислуги, баня, колодец, хлев и загон для скота, а также приусадебный участок, аллея и пруд (рис. 2).



Рис. 2. 3D-макет деревенской усадьбы дворян Ушаковых  
(автор Алёна Белинская)

Компетенции, приобретаемые школьниками в рамках «Интеллектуального реактора», позволяют им при поступлении в вуз с первого курса продолжать активно участвовать в проектной и конструкторской деятельности. Например, в рамках НИРС разработать 3D-макет модульного терминала локального аэропорта, который, несмотря на некоторые упрощения, позволяет составить общее представление о проектируемом терминальном комплексе аэропорта, расположении его элементов и их связях друг с другом (рис. 3). Автором проекта, в ходе которого был разработан макет аэропорта в селе Староселье Рыбинского района в масштабе 1:100, является студент первого курса РГАТУ имени П.А. Соловьева Вячеслав Морозов [3].

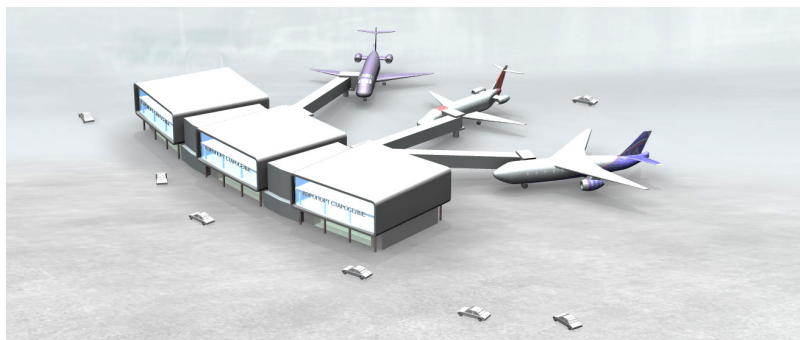


Рис. 3. Электронный макет терминального комплекса аэропорта  
(автор Вячеслав Морозов)

Специализированные архитектурные программные продукты в Рыбинском государственном авиационном техническом университете имени П.А. Соловьева в учебном процессе не используются, но инструментарий САПР Компас и NX успешно позволяет решать задачи по макетированию, например, по обновлению и улучшению среды университетского Кампуса. На рис. 4 представлен макет Кампуса по состоянию на 2023 год (разработчики Асекритова С.В., Болотеин А.Н., Головкин С.М., Комова О.В.), созданный на основе данных архитектурного обмера и поэтажных планов. Он станет основой для дальнейшей доработки специалистами профессионального архитектурного бюро и добавления новых объектов. В Кампус также входит прилегающая территория усадьбы купца Карякина (1880 год) с парком.

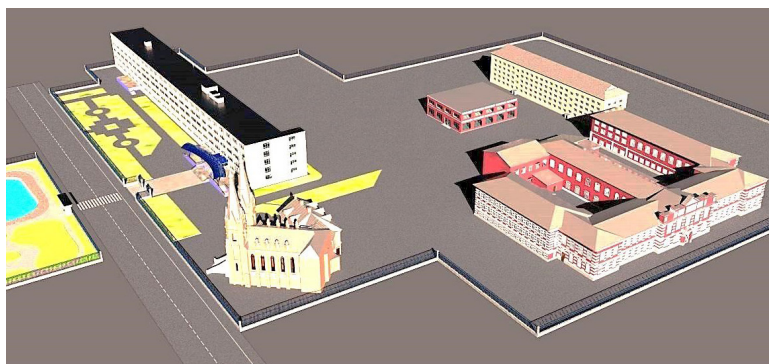


Рис. 4. Макет университетского кампуса

В проектной деятельности студентов и школьников с использованием САПР необходимо использовать все возможности изучаемых систем, предлагать разнообразные формы работы, ставить конкретные задачи, желательного прикладного характера, например, по созданию параметрических ВІМ моделей [4]. Поэтому кафедры, преподающие дисциплины графического цикла, должны взять на себя первый этап в цепи шагов, обеспечивающих развитие компетенций цифрового моделирования [5].

### **Литература**

1. Талапов В.В. Технология ВІМ: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. М.: ДМК Пресс, 2015. 410 с. EDN: ZXGNRP.
2. Талапов В.В. ВІМ: что под этим обычно понимают. Второе издание. 27.10.2014. URL: [https://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=17298](https://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=17298) (дата обращения: 19.02.2023).
3. Асекритова С.В., Морозов В.А. Решение прикладных задач путём моделирования в среде SIEMENS NX // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. 2016. Т. 1. С. 161–166. EDN: WXRDAT.
4. Асекритова С.В. Эффективность внедрения графических информационных технологий в подготовку школьников, выбирающих инженерные специальности // КОГРАФ-2021: Сб. матер. 31-й Всерос. научно-практ. конф. по графическим информационным технологиям и системам. Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2021. С. 6–10. DOI: 10.46960/43791586\_2021\_6. EDN: DLQQIE.
5. Шувалова С.С., Петухова А.В. Влияние технологий информационного моделирования на развитие системы инженерно-графической подготовки // ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: матер. IV Междунар. научно-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2020. С. 379–385. DOI: 10.23968/VIMAC.2020.049. EDN: LVPVJC.

УДК 004.94+624.074.42

DOI: 10.23968/ВІМАС.2023.031

Голдобина Любовь Александровна, д-р техн. наук, профессор,  
завкафедрой

(Сибирский федеральный университет)

E-mail: [lubovgoldobina@gmail.com](mailto:lubovgoldobina@gmail.com), ORCID: 0000-0002-5648-3115

Goldobina Lyubov Aleksandrovna, Dr. Sci. Tech., Professor,  
Head of Department  
(Siberian Federal University)

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПОДГОТОВКИ  
СПЕЦИАЛИСТОВ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ  
«ГОРНОЕ ДЕЛО» С ВНЕДРЕНИЕМ  
ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ  
В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ**

**PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF SPECIALIST  
TRAINING FOR THE SPECIALTY “MINING”  
WITH INTRODUCTION OF INFORMATION MODELING  
IN EDUCATIONAL PROGRAMS**

В статье предлагается концепция реализации междисциплинарных связей при изучении общепрофессиональных и специальных дисциплин с целью совершенствования инженерно-графической подготовки специалистов по направлению специалитета 21.00.00 «Прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия» (в частности, 21.05.04 «Горное дело»), путем внедрения поэтапного освоения продуктов, реализующих технологию информационного моделирования зданий (BIM). В работе представлены примеры последовательного изучения и получения навыков моделирования горнопромышленных, горно-геологических и строительных объектов и их элементов с использованием Autodesk Revit в формате проекта и семейства.

*Ключевые слова:* BIM-технологии, системы автоматизированного проектирования (САПР), междисциплинарные связи, горная выработка, топографическая поверхность.

The article proposes a concept for the implementation of interdisciplinary connections in the study of general professional and special disciplines in order to improve the engineering and graphic training of specialists in the areas of specialty 21.00.00 “Applied geology, mining, oil and gas business and geodesy” (in particular, 21.05.04

“Mining business”), by introducing a phased development of products that implement building information modeling (BIM) technology. The paper presents examples of sequential study and acquisition of skills in modeling mining, geological and construction objects and their elements using Autodesk Revit in the project and family format.

*Keywords:* BIM-technologies, computer-aided design systems (CAD), interdisciplinary communications, mining, topographic surface.

В рамках освоения программы специалитета по направлению 21.00.00 «Прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия» выпускники должны быть подготовлены к решению задач профессиональной деятельности таких типов, как научно-исследовательский, проектно-изыскательский, производственно-технологический, организационно-управленческий, выполнение которых в современном производстве невозможно без использования программных продуктов автоматизированного проектирования, в том числе позволяющих реализовать технологию информационного моделирования зданий и сооружений (BIM), внедряемую в области промышленного и гражданского строительства в Российской Федерации с 2014-го года [1].

Внедрение продуктов BIM-технологий в образовательные программы университетов уже давно началось. Известны успешные практики, например, в Воронежском политехническом университете, в Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном и Горном университетах, Новосибирском государственном архитектурно-строительном университете, Дальневосточном государственном университете путей сообщения, и в других [2–4].

Информационные технологии предлагают для проектировщиков зданий и сооружений различного назначения, в том числе объектов горнодобывающей промышленности, специализированные программные комплексы (Autodesk Revit, Autodesk Civil 3D, Autodesk ArchiCAD, Renga Software Renga), позволяющие создавать цифровые модели здания или сооружения, несущие информацию о динамике их развития на протяжении всего жизненного цикла строительного объекта.

Несмотря на то, что BIM-технологии в проектировании и строительстве в последние годы стремительно развиваются в России, следует отметить, что объектами использования этих технологий чаще являются надземные объекты.

Среди задач, решаемых посредством BIM-технологий, важнейшей считается сокращение затрат на возведение объекта за счет снижения рисков, которых можно избежать на ранних стадиях проектирования, в частности, столкновение с непредвиденными гидрогеологическими условиями.



Поэтому при инженерных изысканиях, геотехническом и подземном строительстве применение технологий информационного моделирования весьма актуально, поскольку модель позволит объективно оценить условия, окружающие объект будущего строительства, выполнить оценку объемов земляных работ, сэкономить временные и трудовые затраты при обновлении и интеграции данных по объекту и оптимизировать рабочие процессы [5].

Для получения уверенных навыков проектирования и моделирования объектов профессиональной деятельности, студенту должна быть предоставлена возможность осваивать профессиональные и специальные дисциплины, которые реализуются с помощью известных программ САПР, в том числе отечественных разработчиков (nanoCAD, Renga).

Рассмотрим один из примеров реализации междисциплинарных связей с использованием BIM-технологий при подготовке специалистов по специальности 21.05.04 «Горное дело» (специализация 21.05.04.37 «Шахтное и подземное строительство») в Сибирском федеральном университете (СФУ) в институте горного дела, геологии и геотехнологий.

В рамках изучения дисциплины «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика» студенты знакомятся с методами проектирования, основными правилами и требованиями стандартов единой системы конструкторской документации по выполнению и оформлению графической и текстовой документации на объекты профессиональной деятельности.

В частности, при изучении дисциплины раздела «Компьютерная графика» студенты выполняют чертежи и получают базовые навыки создания 3D-моделей горнотехнических объектов с использованием программы Autodesk AutoCAD (рис. 1).

Однако, как известно, BIM-модель – это не просто 3D-модель объекта, а результат совместной работы различных специалистов с информацией об объекте строительства, которой можно пользоваться на всех этапах жизненного цикла здания или сооружения [3, 4, 6].

Создание проектной модели фрагмента рудника можно выполнить в программном комплексе Autodesk Revit, являющемся одним из инструментов BIM-технологий.

В качестве примера была создана модель фрагмента рудника, представляющая собой сеть выработок (горизонтальные и наклонные выработки, вертикальные стволы) с прямоугольными и круглыми сечениями общим объемом работ по извлеченной породе 651 тыс. м<sup>3</sup> (рис. 2).

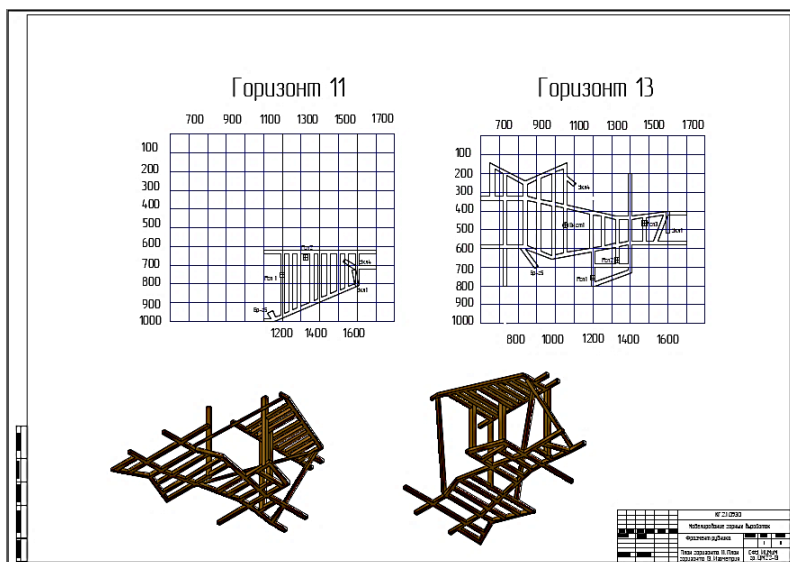


Рис. 1. Чертеж «Фрагмент рудника» (Autodesk AutoCAD)

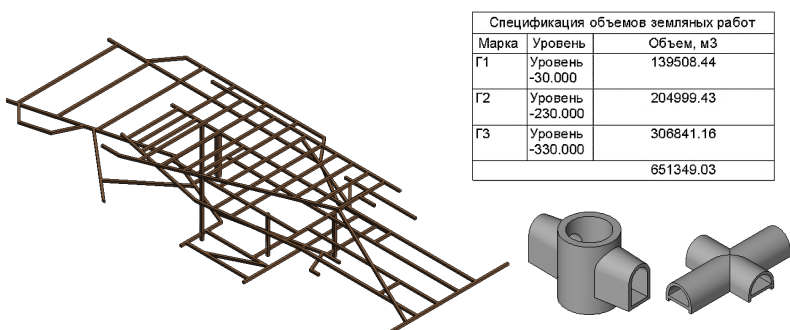


Рис. 2. Фрагмент рудника в Autodesk Revit с примерами выполнения сопряжений элементов выработок

При моделировании фрагмента рудника сопряжения прямых участков выработок, а также сопряжения элементов горизонта заданного сечения с вертикальным стволом и наклонными выработками

выполнялось присоединением элементов геометрии, что не всегда дает точный результат (см. рис. 2).

Поскольку Autodesk Revit не располагает базовыми инструментами, которые бы позволяли свободно моделировать подземные горные выработки, поэтому с целью построения модели с высокой точностью можно использовать встроенный модуль для визуального программирования Dynamo [7].

Для получения навыков участия в процессе профессионального проектирования объекта с использованием BIM-технологий необходимо поэтапно знакомить студентов с ними при изучении специальных дисциплин, предусмотренных учебным планом: «Строительство промышленных зданий и сооружений», «Строительство горизонтальных, наклонных и восстающих выработок», «Проектирование горнотехнических зданий и сооружений», «Строительство стволов и камер», «Строительство городских подземных сооружений», «Основы проектно-сметного дела в строительстве», в том числе через практику курсового и дипломного проектирования.

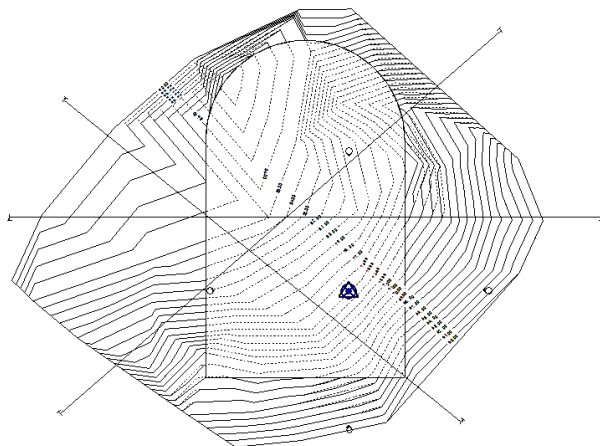
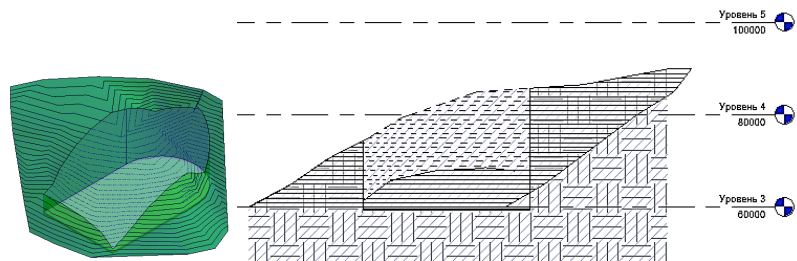


Рис. 3. Пример построения топографической поверхности и основания здания

На этапе получения студентами знаний по построению топографической поверхности (планов и разрезов, см. рис. 3), планированию площадки строительства, определению объемов земляных работ (рис. 4)

и ряда других при изучении дисциплин «Горная графика» и «Инженерно-геологическая графика» использование инструментов «Формы и топография» Autodesk Revit позволит получить навыки работы с генпланами.



Спецификация площадей топографической поверхности и объемов земляных работ				
Заполнение основания, м3	Общая выемка/насыпь, м3	Площадь поверхности, м2	Объем грунта на разрезе, м3	Спроецированная площадь, м2
0.00	0.00	6009.61	0.00	4922.55
188.95	153.64	3547.33	35.31	2866.09
0.00	-39308.48	2056.46	39308.48	2056.46

Рис. 4. Пример вертикальной планировки в Autodesk Revit

### Литература

1. Приказ Минстроя России от 29.12.2014 г., № 926/пр. «План поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства в проектировании». М.: Минстрой России, 2014. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/383/prikaz-926pr.pdf> (дата обращения: 31.01.2023).
2. Петухова А.В. Элементы информационного моделирования в классических курсах инженерной и компьютерной графики // ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Матер. IV Междунар. научно-практ. конф. Под общ. ред. А. А. Семенова. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 463–469. DOI: 10.23968/VIMAC.2021.058. EDN: JFQNWZ.
3. Голдобина Л.А., Орлов П.С. ВМ-технологии и опыт их внедрения в учебный процесс при подготовке бакалавров по направлению 08.03.01 «Строительство» // Записки Горного института. 2017. Т. 224. С. 263–272. DOI: 10.18454/PMI.2017.2.263. EDN: YLMZED.
4. Goldobina L.A., Demenkov P.A., Trushko V.L. The implementation of building information modeling technologies in the training of bachelors and masters at Saint-Petersburg Mining university // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2020. Vol. 15. P. 803–813.

5. Использование технологий BIM для проектирования подземных сооружений. Из зарубежного опыта. Информационный ресурс для инженеров-испытателей. М.: Электронный журнал «ГеоИнфо», 2021. URL: <https://geoinfo.ru/product/a0-siehsdi-csd/ispolzovanie-tekhnologij-bim-dlya-proektirovaniya-podzemnyh-sooruzhenij-iz-zarubezhnogo-opyta-44172.shtml> (дата обращения: 31.01.2023).

6. Попов В. Профессионализм, надежность, качество. BIM – информационная модель здания: пора или не пора. М.: Autodesk, 2011. 120 с. URL: <http://scadsoft.com/download/BIM2011.pdf> (дата обращения: 31.01.2023).

7. Вербилло П.Э., Иовлев Г.А., Петров Н.Е., Павленко Г.Д. Применение технологий информационного моделирования для маркшейдерского обеспечения ведения горных работ // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2022. № 6-2. С. 60–79. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2022\_62\_0\_60. EDN: ZMVTLLI.

УДК 004.94

DOI: 10.23968/ВМАС.2023.032

**Горовой Никита Владимирович**, ассистент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail: gorovoy.n.v@lan.spbgasu.ru, ORCID: 0000-0001-7442-2618*

Gorovoi Nikita Vladimirovich, Assistant Lecturer

(Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

## **ВОЗМОЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ПРИ ОБУЧЕНИИ ПРОЕКТИРОВЩИКОВ**

### **THE POSSIBILITIES OF VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY TECHNOLOGIES IN THE TRAINING OF DESIGNERS**

Практика показала, что использование технологий виртуальной и дополненной реальности в проектировании зданий и сооружений может значительно улучшить восприятие полученной информации. Данная статья направлена на исследование возможностей применения технологий виртуальной и дополненной реальности в процессе обучения проектировщиков, а также на определение основных преимуществ использования этих технологий. В статье указывается на то, что кинестетическое восприятие информации улучшит результаты построения информационных моделей. Для этого необходимо интегрировать информационные модели в программы виртуальной и дополненной реальности. Автором предлагается использование технологий дополненной и виртуальной реальности для улучшения процесса освоения программ, связанных с информационным моделированием зданий и сооружений в строительных вузах. Автор статьи рассматривает использование различных программных продуктов, таких как Autodesk Revit, Archicad и Renga для создания информационных моделей, а также программные продукты Twinmotion и Nettleodesk для интеграции информационных моделей в виртуальную и дополненную реальность.

*Ключевые слова:* AR технологии, VR технологии, образовательный процесс, проектирование, технологии информационного моделирования.

Practice has shown that the use of virtual and augmented reality technologies in the design of buildings and structures can significantly improve the perception of the information received. This article is aimed at exploring the possibilities of using virtual and augmented reality technologies in the process of training designers, as well as determining the main advantages of using these technologies. The article indicates that the

kinesthetic perception of information will improve the results of building information models. To do this, it is necessary to integrate information models into virtual and augmented reality programs. The author suggests the use of augmented and virtual reality technologies to improve the process of mastering programs related to information modeling of buildings and structures in construction universities. The author of the article considers the use of various software products, such as Autodesk Revit, Archicad and Renga to create information models, as well as Twinmotion and Nettleodesk software products to integrate information models into virtual and augmented reality.

*Keywords:* AR technologies, VR technologies, educational process, design, information modeling technologies.

Современный проектировщик сталкивается с огромным количеством информации, которую необходимо учитывать в процессе создания информационных моделей зданий и сооружений. Как следует из ряда исследований [1–3], использование технологий виртуальной и дополненной реальности может помочь значительно улучшить восприятие полученной информации, что делает процесс проектирования более эффективным. Тем не менее, действующие образовательные программы не всегда используют современные технологии виртуальной и дополненной реальности в процессе обучения проектированию. В связи с этим, данное исследование направлено на изучение возможностей применения технологий виртуальной и дополненной реальности в обучении проектированию зданий и сооружений. Цель исследования заключается в определении основных преимуществ использования этих технологий, а также в формулировании рекомендаций по их использованию в образовательном процессе

Проектировщики могут иметь разные предпочтения и сильные стороны в различных способах восприятия информации. Оптимальный способ получения и восприятия информации может зависеть от контекста и характера информации, которую необходимо передать. Существует несколько типов восприятия информации:

- зрительное восприятие – способность воспринимать информацию с помощью зрения;
- аудиальное восприятие – способность воспринимать информацию с помощью слуха;
- кинестетическое восприятие – способность воспринимать информацию с помощью движений тела и ощущений;
- ольфакторное восприятие – способность воспринимать информацию с помощью обоняния;
- вкусовое восприятие – способность воспринимать информацию с помощью вкусовых ощущений.

При проектировании зданий и сооружений важным аспектом является получение и обработка информации. Как правило, этот процесс связан с использованием зрительного восприятия, так как проектирование основано на визуальных моделях. Однако, с развитием новых технологий, появляются возможности использовать не только зрительный, но и кинестетический способ восприятия информации. Это означает, что студенты могут получать опыт, выполняя задания, связанные с физической активностью, а также использовать специальное оборудование для виртуального моделирования и взаимодействия с объектами. Таким образом, применение современных технологий в процессе обучения и проектирования может улучшить качество получаемой информации и помочь в получении более полного понимания материала.

Цель данной статьи заключается в описании использования технологий дополненной и виртуальной реальности для обучения информационному моделированию зданий и сооружений. Автор стремится продемонстрировать эффективность использования этих технологий в процессе обучения.

Дисциплина по изучению САПР и программ по ВМ моделированию является базовой для различных направлений подготовки в строительных вузах и предполагает проектирование и разработку информационных моделей зданий и сооружений. Несмотря на значительные преимущества технологии информационного моделирования, она далеко не идеальна:

- не позволяет автоматически отслеживать коллизии в информационных моделях;
- в полной мере невозможно представить объемно-планировочное решение.

В связи с этим возникает необходимость в ее совершенствовании. В качестве нововведений предлагается внедрить технологии дополненной и виртуальной реальности в дисциплину «Компьютерное проектирование» на базе ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет». В процессе освоения дисциплины «Компьютерное проектирование» студенты второго, третьего и четвертого семестра осваивают технологии информационного моделирования. В результате проектирования в течение семестра студенты разрабатывают информационные 3D-модели зданий и сооружений. Но как показывает практика, зрительное восприятие информации не всегда позволяет получить максимально качественный результат.

Для улучшения результатов построения информационных моделей предлагается внедрить технологии дополненной и виртуальной



реальности, которые позволят использовать кинестетическое восприятие информации.

Стоит отметить, что концепция виртуальной и дополненной реальности предоставляет множество дополнительных возможностей при построении информационных моделей зданий и сооружений. Ниже перечислены некоторые из них:

- Визуализация: с помощью технологий виртуальной и дополненной реальности можно создавать точные и реалистичные 3D-модели зданий и сооружений, которые могут быть использованы для визуализации архитектурных, конструктивных и дизайнерских решений.

- Обучение: технологии виртуальной и дополненной реальности позволят студентам более эффективно изучать объемно-планировочные решения зданий и сооружений. Технологии виртуальной и дополненной реальности позволяют обеспечить практическую работу и наглядный опыт, который может быть недоступен в реальной жизни.

- Тестирование: виртуальная и дополненная реальность могут быть использованы для тестирования зданий и сооружений до их фактического строительства. Это позволяет проектировщикам рассматривать различные варианты проектных решений и оценивать их работоспособность до начала строительства.

В процессе освоения технологий информационного моделирования при обучении в строительных вузах применяются различные программные продукты, включая Autodesk Revit, Archicad от компании Graphisoft и Renga. Для дальнейшей работы с информационными моделями необходимо интегрировать их в программные продукты для виртуальной и дополненной реальности. Для апробации интеграции AR и VR-технологий в рабочие программы вуза для программ по созданию информационных моделей зданий и сооружений предлагается использовать определенные программные продукты [4].

В первую очередь, для VR-технологии предлагается использовать программный продукт Twinmotion, основанный на движке Unreal Engine 4 и предназначенный для рендеринга в режиме реального времени. Программа имеет открытый тип лицензии, что позволяет использовать ее в процессе обучения. В результате обучения дисциплине «Компьютерное проектирование» полученные информационные модели зданий и сооружений могут быть интегрированы в программный продукт Twinmotion при помощи таких форматов данных, как .obj и .fbx. Стоит отметить, что для внедрения технологии виртуальной реальности понадобится определенное оборудование, такое как очки виртуальной реальности,

которые имеются в наличии. Примеры интеграции информационных моделей из программ для моделирования в программы для визуализации продемонстрированы на рис. 1 и 2.

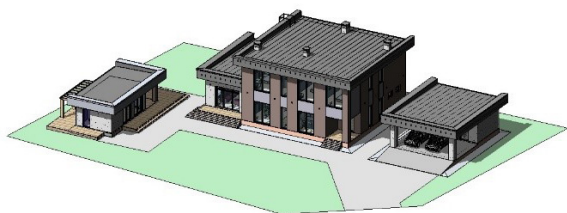


Рис. 1. Информационная модель из ПО Revit



Рис. 2. Информационная модель из ПО Twinmotion

Внедрение технологии дополненной реальности осуществляется с использованием программных продуктов от компании NettleDesk. Форматы данных, поддерживаемые при интеграции информационных моделей в среду NettleDesk, включают .obj и .fbx. Важно отметить, что не все упомянутые программные продукты от компании NettleDesk находятся в открытом доступе для использования. Для интеграции информационных моделей в среду дополненной реальности используются программные продукты от компании NettleDesk: 3DVision – для NettleDesk (рис. 3), Framerepacking – для NettleBox (рис. 4), которые позволяют создавать уникальные визуальные эффекты и обогащать процесс обучения новыми возможностями, такими как: подготовка объекта проектирования к печати на 3D-принтерах, демонстрация внутреннего устройства здания и сооружения, интерактивное взаимодействие с объектом, позволяющее взаимодействовать с прототипом при помощи жестов рук.



Рис. 3. Компьютер  
NettleDesk



Рис. 4. Стол дополненной реальности  
NettleBox

Аналогичные по функциональности программные продукты описаны в работе [5] – учебные материалы с дополненной реальностью в высшем профессиональном образовании.

Использование технологий дополненной и виртуальной реальности позволяет студентам строительных вузов более эффективно осваивать информационное моделирование зданий и сооружений, благодаря возможности кинестетического восприятия информации и улучшению результатов обучения. В частности, интеграция информационных моделей в программы для виртуальной и дополненной реальности, такие как Twinmotion и NettleDesk, позволяет студентам взаимодействовать с моделями в режиме реального времени и получать более наглядное представление о проектируемых объектах. Кроме того, использование таких технологий помогает студентам лучше запоминать материал, так как они могут свободно перемещаться по моделям и исследовать их из разных углов, что улучшает качество и глубину их понимания.

Таким образом, использование технологий дополненной и виртуальной реальности в обучении информационному моделированию зданий и сооружений является эффективным и практически значимым подходом, который помогает студентам получать более качественное образование и подготавливаться к успешной карьере в архитектурно-строительной сфере. Использование данных технологий помогает проектировщикам избежать ряда ошибок, которые могут возникнуть при традиционном подходе к проектированию, такие как: ошибки в оценке масштаба пропорций,

ошибки в расстановке объектов, ошибки в оценке конструктивных особенностей, ошибки в оценке эргономики объектов.

Работа проведена в рамках реализации проекта «Инновационная методика формирования цифровых профессиональных компетенций обучающихся и специалистов строительной отрасли» на базе Федеральной инновационной площадки ФГБОУ ВО СПбГАСУ.

### **Литература**

1. Кузьмин О.В., Лавлинский М.В. Применение виртуальной и дополненной реальности в образовании // Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании. Матер. V Междунар. науч. конф. Красноярск: СФУ, 2021. С. 558–562. EDN: OSVLIW.
2. Клопов И.В., Савичев Р.С. Виртуальная реальность как инновационная технология в образовании // Теория права и межгосударственных отношений. 2021. Т. 1, № 7 (19). С. 368–372. EDN: EITSKE.
3. Грибова Е.Н. Дополненная реальность и ее внедрения в современное образование // World science: problems and innovations: сб. статей XXXVIII Междунар. научно-практ. конф. В 2 ч. Ч. 2. Пенза: Наука и просвещение, 2019. С. 203–204. EDN: DDKQAL.
4. Малолеткова Я.В. Применение технологий дополненной реальности (AR) при подготовке к лабораторным работам // Современный ученый. 2021. № 1. С. 36–39. EDN: JENGNB.
5. Иванова З.И. Учебные материалы с дополненной реальностью в высшем профессиональном образовании // Балтийский гуманитарный журнал. 2021. Т. 10, № 1(34). С. 130–134. DOI: 10.26140/bgз3-2021-1001-0029. EDN: NDDBIO.

УДК 004.92

DOI: 10.23968/BIMAC.2023.033

**Кузнецова Ольга Геннадьевна**, старший преподаватель  
(Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.)  
*E-mail: kuznetsovaog@sstu.ru, ORCID: 0000-0001-6665-0899*

**Решетников Михаил Константинович**, д-р техн. наук, профессор  
(Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.)  
*E-mail: graphic@sstu.ru*

Kuznetsova Olga Gennadievna, Senior Lecturer  
(Yuri Gagarin State Technical University of Saratov)  
Reshetnikov Mikhail Konstantinovich, Dr. Sci. Tech., Professor  
(Yuri Gagarin State Technical University of Saratov)

## ПРИЕМЫ ОБУЧЕНИЯ РАБОТЕ В BIM-ПРОГРАММАХ

### METHODS OF TEACHING WORK IN BIM PROGRAMS

В статье определена цель и сформулирована задача обучения BIM-моделированию. Рассмотрен процесс сформированной и апробированной системы обучения работы в BIM-программах. Поэтапно описан комплексный подход освоения такого продукта, как Revit. При этом выявлена структурная логика программы и определена связь задач с основополагающими компонентами выстроенного процесса обучения. Сформулированы некие общие «правила использования» заданных программой алгоритмов построения модели. Описаны упражнения и задания, и определены задачи, которые они решают. Составлено общее заключение о рассмотренных приемах, применяемых в процессе обучения архитекторов и дизайнеров архитектурной среды.

*Ключевые слова:* BIM-технология, BIM-моделирование, цифровая информационная модель, технология информационного моделирования, концептуальное моделирование, приемы обучения.

The article defines the purpose and formulated the task of teaching BIM-modeling. The process of the formed and tested system of work training in BIM programs is considered. A comprehensive approach to the development of such a product as Revit is described step by step. At the same time, the structural logic of the program is revealed and the relationship of tasks with the fundamental components of the structured learning process is determined. Some general “rules of use” of the algorithms of model construction specified by the program are formulated. Exercises and tasks are described, and the tasks that they solve are defined. A general conclusion has been drawn up on the considered techniques used in the process of training architects and designers of the architectural environment.

*Keywords:* BIM-technology, BIM-modeling, digital information model, information modeling technology, conceptual modeling, teaching techniques.

Целью обучения специалистов архитекторов и дизайнеров архитектурной среды является формирование профессиональных навыков проектирования зданий и объектов инфраструктуры. Профессиональное мастерство не может быть приобретено без понимания принципов функционирования ВМ-технологий и владения азами моделирования в ВМ-программах. Описание программ и разбор базовых терминов, которые всегда рассматриваются, когда идет речь о процессе обучения ВМ-моделированию, приведены в статье [1]. А содержание обучения определяется потребностями постоянно развивающейся сферы проектирования и строительства. Общие тенденции развития связаны с вопросом перехода к технологии информационного моделирования, применение которой сегодня не является далёким будущим – это вполне достижимая цель настоящего времени [2]. Благодаря применению ВМ достигается высокий уровень проектной документации [3]. Постепенно в сфере проектирования и строительства формируются крепкие связи с ВМ-концепцией и ВМ-стандартом [1].

При организации процесса изучения ВМ-программ, первостепенным является определение основополагающих учебных задач, которые наиболее емко определяют бы цели обучения. И они не должны сводиться только к изучению стандартного инструментария выбранных для освоения программ. Необходимо сформировать у обучающихся навыки понимания общего алгоритма осваиваемого ВМ-продукта, связанного с комплексным изучением принципов работы, функций и инструментов моделирования цифровой информационной модели (ЦИМ). Т.е. это не просто процесс создания геометрии объекта, а объемной формы насыщенной информацией; которая изменятся в соответствии с проектными задачами. Следовательно, необходимо выстроить структуру обучения, разделив её на этапы. В первый нужно включить упражнения по инструкции и аналогии. Далее должна следовать работа с топ-поверхностью при изучении программ Revit и Archicad. После необходимо осуществить реализацию конструктивной задачи в индивидуальном задании. Далее создание концептуальной модели средствами программы. И завершающим этапом должно стать насыщение информационной составляющей всех упражнений и заданий. При изучении полного курса отдельным блоком рассматривается создание компонента «Семейства» в Revit и «Элемента каталога» в Renga.

Рассмотрим такой комплексный подход на примере формирования навыка эффективной работы в Revit.

На первом этапе в рамках практической работы предлагается упражнение «Создание простого проекта – малоэтажного дома». Данное

упражнение представляет общий алгоритм моделирования по способу «сборки». В упражнении рассмотрены элементарные составляющие «конструктива» и «архитектуры» здания. Работа выполняется по разработанной инструкции и состоит из таких блоков, как «Построение каркаса здания заданных габаритов» и «Моделирование здания». В первом блоке выполняется создание нового архитектурного проекта; осей и уровней; стен и перекрытий. Второй блок предоставляет общие сведения о процессе моделирования таких компонентов, как: крыша и навес над входом; окно и дверь; лестница по компоненту и ограждение. Но не достаточно дать инструкцию, необходимо акцентировать внимание на общих правилах использования тех или иных команд, панелей и настроек. Т.е. необходимо сформулировать правила и алгоритм действий пользователя программы. Перечислим основные правила, которые помогают моделировать объект в соответствии с логикой программы. Правило первое: «Объект необходимо сразу правильно ориентировать в пространстве и связывать с нужными плоскостями». Правило второе: «Все построения осуществляются в “реальных” размерах в миллиметрах». Правило третье: «Каждый элемент нуждается в идентификация». Правило четвертое: «Необходимо использовать единый алгоритм последовательности действий». Например, такой как: «Выбор элемента и способа его построения; работа с панелью “Параметров”, далее выбор типа в “Списке типоразмеров”, после построение объекта, далее работа с окном – «Свойства экземпляра», при необходимости работа с дополнительными настройками “Изменение типа”». Правило пятое: «Контекстное понимание необходимости применения булевы операций» Правило шестое: «Использование все программных возможностей при моделировании, в целях повышения качества работы». А для этого необходимо изучить многоплановый интерфейс и следовать программным подсказкам. Данное упражнение позволяет за короткий срок сформировать базовые знания и дать понимание принципа рационального использования. Именно это и является залогом быстрой и комфортной работы в будущем.

Также в рамках первого этапа предлагается самостоятельно выполнить упражнение по аналогии «Создание лестницы по чертежу» (рис. 1, а). Студентам рассказывается о процессе моделирования лестницы и её элементов, как контекстных семейств. Рассматриваются принципы работы с материалами для объекта. Особое внимание уделяется рассмотрению типовых ошибок, не логично сформированной конструкции. Данное упражнение позволяет освоить принципы работы со сложным элементом здания – лестницей, и сформировать навыки работы со встроенным редактором твердотельного моделирования.

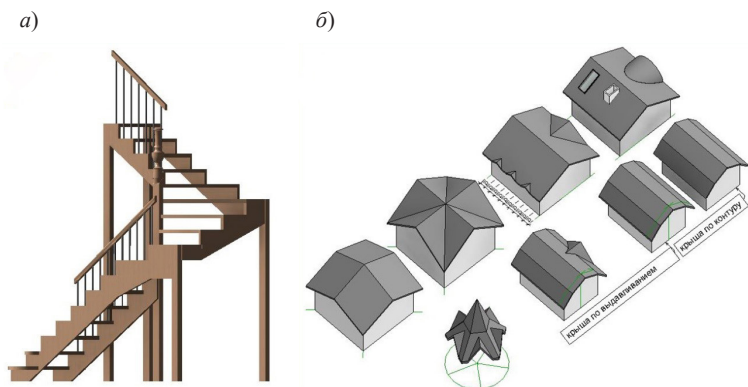


Рис. 1. Скриншоты экрана по упражнениям

Далее на первом этапе практической работы к реализации предлагается «Упражнение по созданию крыш различной геометрии» (рис. 1, б). Данное упражнение формирует общие навыки владения инструментом моделирования геометрии, по средствам работы с настройками компонента и не рассматривает свойств системного семейства «Крыши».

Второй этап – упражнение «Работа с топографией и генпланом». Упражнение выполняется на основе модели «Простого проекта – малоэтажного дома», являясь его продолжением, предлагается создать «Генплан участка придомовой территории» по инструкции, которая состоит из таких блоков, как: работа с импортируемой подложкой; создание «Топо-поверхности» по отметкам; работа с «Топо-поверхностью». Задача этого этапа всестороннее освоение необходимого инструментария для работы со связкой модель здания и окружающая среда – генеральный план.

Третий этап – практическое задание «Создание модели каркасного дома со стропильной системой», ставит перед студентом самостоятельную задачу проектирования. Процесс моделирования геометрии аналогичен алгоритму «сборки» и рассматривает принципы работы со вкладкой «Конструкция».

Четвертый этап – практическое упражнение «Принципы концептуального моделирования». Рассматривает вопросы создания объёмной геометрии на основе 2D-форм, выполнения обрезки объемов, создание поверхности вращения, моделирование здания на основе формы. Упражнение ставит задачи освоения принципа моделирования по способу



«концепции сборки», правил работы по созданию абстрактной модели через «Формообразующие» и наделение ее архитектурными смыслами посредством инструментария «Конструктор зданий». Данный этап завершает изучение основных аспектов создания 3D-модели.

Пятый этап практических заданий направлен на формирование ЦИМ. В него входит реализация узконаправленных задач проектирования. Это такие упражнения, как «Варианты планировочных решений» и «Поэтажные планы зонирования». В первом случае для реализации предлагается «Создание вариантов по планировке», «Работа с витражом», «Использование инструмента помещения и создание марки помещений», «Создания различных видов спецификации» и «Оформления представления вариантов планировочных решений». Во втором случае предлагается работа по «Созданию плана зонирования», «Работа с марками», «Создание цветовой схемы с ключом», «Оформление проектного листа». Продолжением упражнения «Работа с топографией и генпланом» является решение задач проектирования территорий – ее благоустройства и формирование таких планов, как: «План организации рельефа», «План покрытий», «План озеленения». А также оформление спецификаций к ним. Также рассматривается процесс создания бордюра посредством редактирования семейства ограждения и работе с 2D-профилем. И создание семейства «Антураж» и настройка графического его представления для генплана.

Продолжение темы концептуального моделирования в качестве самостоятельной работы предлагается задание «Фор-эскиз», по разработанной видео инструкции, состоящей из таких блоков как: построение каркаса, формы, набор вариантов, размещение топо-поверхности, как связанного файла; спецификация ТЭП (техничко экономических показателей), создание объемной схемы зонирования. Данное задание направлено на формирование навыка использования инструментария для создания и оценки проектной концепции

В заключении этапа особое внимание уделяется вопросам формирования графических листов. Данные задачи подробно рассматриваются в статье [4]. Весьма важным является грамотное представление созданной BIM-модели, и если оно не реализовано, то предыдущие усилия будут тщетны. Для решения, этой задачи необходимо понимание принципов редактирования «Аннотаций» согласно ГОСТу.

Эпилогом является этап по моделированию компонента здания. С использованием универсального алгоритма по созданию семейства, по разработанной инструкции создается и параметризуется геометрия семейства «Подколонник».

В заключение следует отметить, что принципы построения самого процесса обучения ВІМ-моделированию строятся на логике изучаемой программы. Обязательным является определение основных алгоритмов работы и создание инструкций. Процесс понимается, когда он досконально описан, а потом обобщен. Выполнение упражнений по образцу и аналогии формирует опыт и навык, который используется в заданиях. А в дальнейшем, как трамплин для собственного развития. «Главное, чему мы учим – уметь задавать вопросы и находить на них ответы, мыслить категориями информационного моделирования» [5].

### **Литература**

1. Бородулина С.В., Кузнецова О.Г., Решетников М.К. ВІМ проектирование в России // Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование (ИУСМКМ-2020): Сб. матер. XI Междунар. научно-техн. конф. Донецк: ДНТУ, 2020. С. 155–164. EDN: UPAKJN.
2. Гудко А. Александр Лапыгин, «Росэко-Стройпроект» – о ВІМ-форуме, понятном инструменте и векторах развития ВІМ // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2021. № 11(239). С. 20–23. EDN: HDNZSM.
3. Городнова Н.В., Лемеза В.А. Применение ВІМ-технологий в цифровой экономике: мировой опыт и российская практика // Экономика, предпринимательство и право. 2022. Т. 12, № 8. С. 2241–2260. DOI: 10.18334/epp.12.8.115082. EDN: XSISOS.
4. Кузнецова О.Г. Визуализация дизайн-проектов в Revit // ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Матер. V Междунар. научно-практ. конф. Под общ. ред. А. А. Семенова. СПб.: СПбГАСУ, 2022. С. 77–83. DOI: 10.23968/ВІМАС.2022.010.
5. Талапов В. Основные проблемы при обучении ВІМ, которые приводят к провалу внедрения технологии информационного моделирования // САПР и графика. 2022. № 8. С. 16–19.

УДК 004.94+67.01.45

DOI: 10.23968/BIMAC.2023.034

**Машкин Олег Владимирович**, старший преподаватель

(Уральский федеральный университет, Институт строительства и архитектуры)

*E-mail: o.v.mashkin@urfu.ru*

**Карманова Марина Михайловна**, старший преподаватель

(Уральский федеральный университет, Институт строительства и архитектуры)

*E-mail: m.m.karmanova@urfu.ru*

**Терентьев Максим Михайлович**, заместитель директора по развитию бизнеса  
в Уральском федеральном округе

(Renga Software)

*E-mail: maximt@rengabim.com*

Mashkin Oleg Vladimirovich, Senior Lecturer  
(Ural Federal University, Institute of Construction and Architecture)

Karmanova Marina Mikhailovna, Senior Lecturer

(Ural Federal University, Institute of Construction and Architecture)

Terentiev Maxim Mikhailovich, Deputy Director for Business Development  
in the Urals Federal District  
(Renga Software)

## **ОПЫТ ВЫПОЛНЕНИЯ КОМАНДНЫХ ПРОЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ В РАМКАХ ПРОЕКТНОГО ОБУЧЕНИЯ**

### **EXPERIENCE IN PERFORMING TEAM PROJECTS USING BIM TECHNOLOGIES AS PART OF PROJECT-BASED TRAINING**

Статья содержит описание методики реализации студенческих проектов в форме командной работы в рамках проектного обучения, рассматриваются ключевые этапы и критерии оценивания. Проектное обучение призвано формировать и развивать компетенции в областях исследовательской деятельности, социального взаимодействия и самостоятельной работы обучающихся. Семестровый проект с использованием ТИМ-технологий выполняли студенты, обучающиеся на 2-ом курсе бакалавриата очной и заочной форм обучения. Данная технология исполнения проектов использовалась впервые. В результате выявлены недочеты, устранение которые позволит скорректировать этапы планирования, контроля и выполнения проектов в последующие семестры обучения.

*Ключевые слова:* проектное обучение, командный проект, Renga, Pilot-BIM, технологии информационного моделирования (ТИМ), Building Information Model (BIM).

The article contains a description of the methodology for the implementation of student projects in the form of teamwork within the framework of project-based learning, the key stages and evaluation criteria are considered. Project-based learning is designed to form and develop competencies in the field of research, social interaction and independent work of students. The semester project using BIM technologies was carried out by students studying in the 2nd year of the bachelor's program full-time and part-time. This project implementation technology was used for the first time. As a result, shortcomings were identified, the solution of which allows you to adjust the stages of planning, control and execution of projects in subsequent planning semesters.

*Keywords:* project training, team project, Renga, Pilot-BIM, Building Information Model (BIM).

В настоящее время во всех образовательных организациях, связанных с обучением по строительно-архитектурным специальностям, в учебный процесс активно внедряются дисциплины, связанные с технологиями информационного моделирования (ТИМ) зданий. Но изучение программ по информационному моделированию без применения в реальной практике и создания полноценных проектов не эффективно.

В институте Строительства и Архитектуры Уральского федерального университета в рамках проектного обучения в осеннем семестре 2022–2023 учебного года прошла первая защита командных проектов [1]. В создании моделей зданий участвовали все студенты 2-го курса, обучающиеся на образовательной программе Строительство зданий, сооружений и развитие территорий (направление подготовки 08.03.01 Строительство) очной и заочной формы обучения. Команды формировались в начале учебного года по 8-10 студентов из академических групп.

Задачи проектного обучения [2]:

- реализация практико-ориентированной профессиональной подготовки на основе активизации деятельностного подхода к формированию результатов обучения;
- повышение мотивированности и вовлеченности студентов в процесс освоения компетенций;
- выявления талантливых студентов, которые способны осваивать образовательную программу высшего образования более быстро и углубленно, способны активно конструировать знания для развития универсальных и профессиональных навыков;
- вовлечение работодателей, профессиональных и локальных сообществ в образовательный процесс, интеграция образования и промышленности, привлечение новых компетенций и ресурсов из реального сектора экономики.

Проектное обучение можно назвать одним из инструментов, помогающим сформировать представление студентов о работе над совместным сетевым проектом, особенностях организации технологического процесса и взаимодействии между участниками коллектива в профессиональной сфере деятельности [3].

Внедрение такого вида образовательной технологии обосновано многими факторами, например, работодатели отмечают высокую степень значимости умений и навыков принятия решений при работе в команде [4] и способности к самоорганизации [5].

Для корректировки учебного процесса необходимо обязательно проводить исследования, анализ опыта реализации образовательных программ с акцентированием на практико-ориентированный подход обучения в вузах разных регионов, мониторинг требований и запросов потенциальных работодателей – проектных и строительных организаций области [6].

В Уральском федеральном университете в качестве основного механизма внедрения проектного обучения был выбран метод внесения изменений в организацию учебного процесса [7, 8]. В учебном плане образовательной программы выполнение проектов запланировано в каждом семестре, начиная с третьего, при этом команды каждый раз будут комплектоваться заново. По окончании полного процесса обучения можно будет выполнить сравнительный анализ результатов обучения с результатами, которые формировались без использования проектного обучения.

В качестве задания проекта каждая команда должна была выполнить построение цифровой информационной модели (ЦИМ) здания на основе реальной проектной документации.

Для реализации проектов применялось отечественное программное обеспечение: BIM-система Renga [9] и среда общих данных (СОД) Pilot-BIM [10]. Процесс выполнения задания длился 4 месяца для студентов очной формы обучения и 3 месяца – для заочной формы, каждый этап (итерация) проходил промежуточную проверку.

Результаты обучения и выполнения проекта контролировались и оценивались в конце каждой итерации.

В УрФУ для реализации проектного обучения используется сервис Teamproject ([teamproject.urfu.ru](http://teamproject.urfu.ru)). По окончании каждой итерации участники команды оценивали качество и степень выполнения распределенных задач на данном этапе, а также получали оценки от курирующего проект преподавателя (рис. 1).

1. Итерация

Кому:	Студент 1	Студент 2	Студент 3	Студент 4	Студент 5	Студент 6	Студент 7	Студент 8	Студент 9
Кто:									
Студент 1	x	99	99	99	99	99	99	99	99
Студент 2	100	x	100	100	100	100	100	100	100
Студент 3	100	100	x	100	100	100	100	100	100
Студент 4	90	100	100	x	100	100	90	100	100
Студент 5	100	100	100	100	x	100	100	100	90
Студент 6	90	90	90	80	80	x	80	90	90
Студент 7							x		
Студент 8	95	95	100	100	100	100	100	x	95
Студент 9	100	100	100	100	100	100	100	100	x
Куратор	100	100	100	100	100	100	100	100	100
ИТОГ:	98.93	99.31	99.53	99.10	99.10	99.96	70.00	99.53	98.89

Рис. 1. Оценки одной из команд за Итерацию 1

В зависимости от промежуточной оценки определялся коэффициент участия студента в команде. Работа над проектом проходила в режиме совместной работы, все построения и действия участников фиксировались на сервере совместной работы (Renga Collaboration Server), а затем для оценивания проекта выполнялась визуализация результатов за определенный этап (рис. 2).

Успешно выполненные проекты после проверки куратором допускаются до защиты перед заказчиком.

Критерии оценивания проектов студентов очной формы обучения:

- защита проекта: презентация, доклад;
- проработка информационной модели в ВМ-системе Renga;
- оформление чертежей разделов АР и КР;
- пояснительная записка по разделу АР;
- оформление генплана и выгрузка ИМ на общую площадку в формате IFC;
- атрибутивная проработка элементов ЦИМ;
- сопоставление свойств, параметров, расчетных характеристик элементов модели (маппинг).

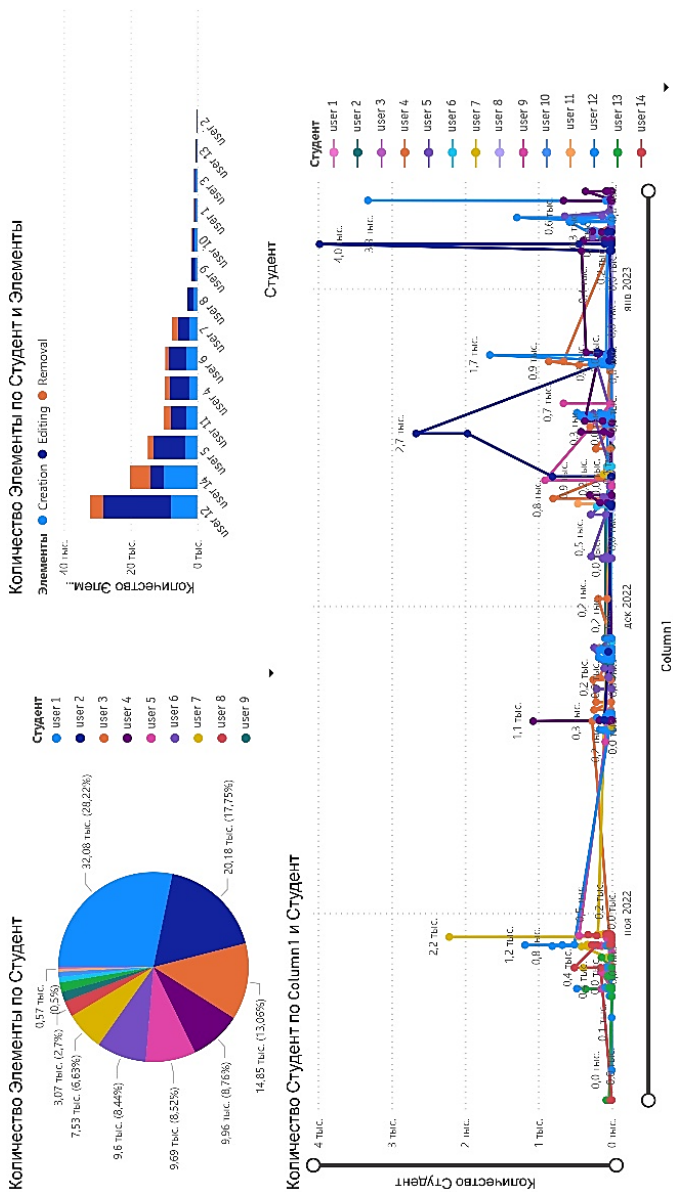


Рис. 2. Статистика работы над проектом участников команды

Для выполнения задачи «Атрибутивная проработка элементов ЦИМ» ориентировались на утвержденный документ «Требования к цифровым информационным моделям объектов капитального строительства, представляемым для проведения экспертизы» [11]. В рамках этой задачи необходимо было создать необходимые свойства для элементов и заполнить их значения (рис. 3).

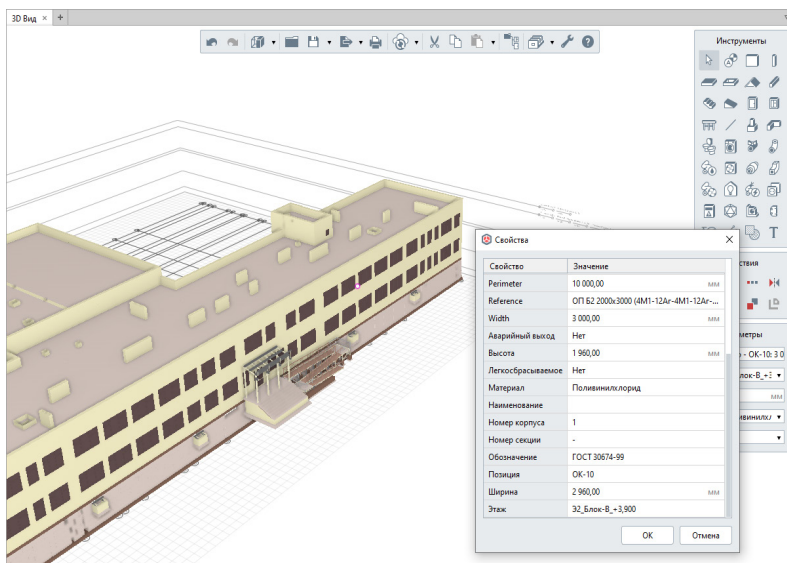


Рис. 3. Заполненные свойства элемента «Окно»

В данном семестре внешним заказчиком была компания Renga Software, представители которой оценивали проекты команд. На рис. 4 представлены итоговые оценки.

При реализации проекта студенты пользовались готовыми библиотеками элементов – каталогами, которые скачивали с сайта разработчиков ПО [9] или при отсутствии необходимого каталога разрабатывали элементы самостоятельно.

Все готовые проекты, выполнив координацию, разместили на общем участке в Pilot-BIM (рис. 5).



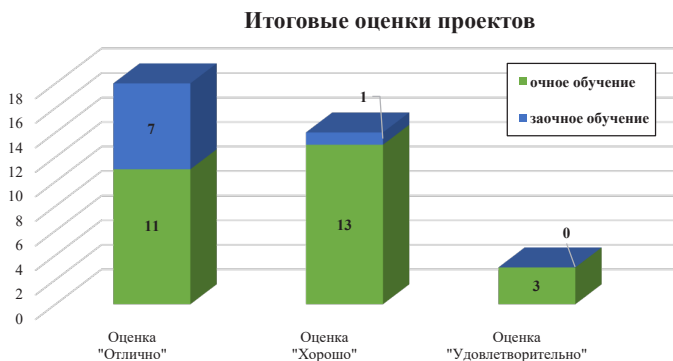


Рис. 4. Итоговые оценки проектов

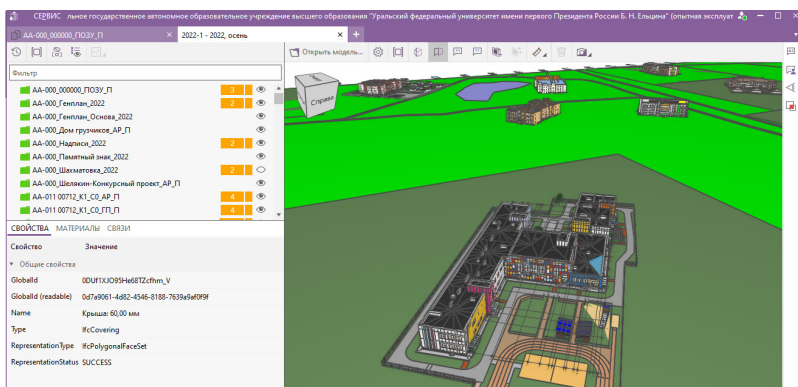


Рис. 5. Общий участок в Pilot-BIM с загруженными проектами

**Выводы.** В целом, опыт выполнения командных проектов в рамках проектного обучения прошёл успешно. В дальнейшем планируется работа в данном направлении, в весеннем семестре предстоит выполнение более сложных проектов – модели многоэтажных зданий, жилых комплексов и общежитий. Такой подход к обучению позволил студентам погрузиться в особенности будущей специальности, познакомиться с возможностями ТИМ-технологий, оценить быстроту и качество формирования полноценной цифровой модели здания.

Особое значение имеет развитие компетенции «умение работать в команде», а также владение методикой тайм-менеджмента. Студенты бакалавриата ещё находятся только в начале своего обучения, и такой вариант реализации учебного процесса позволяет получить практический опыт.

Не все студенты активно принимали участие в работе команды, поэтому или получили не высокую оценку, или имеют долг по итогам сессии. В связи с этим необходимо продумать процесс пересдачи по данной дисциплине, так как учебный процесс проходил в не стандартной очной форме, а в виде консультаций с кураторами.

### **Литература**

1. Новости института Строительства и Архитектуры. URL: <https://sti.urfu.ru/news/?news=45324&cHash=ccb2aa104dd97f8c084bc4f830fd4f7b> (дата обращения: 26.01.2023).
2. Положение о проектном обучении СМК-ПВД-7-01-248-2021 (Версия 1). УрФУ. URL: <https://programs.edu.urfu.ru/media/documents/00073720.pdf> (дата обращения: 26.01.2023).
3. Халаби С.М., Савельева Л.В., Плотникова О.Г. Внедрение технологий информационного моделирования в инженерно-архитектурное образование // *Architecture and Modern Information Technologies*. 2017. № 3(40). С. 322–331. EDN: ZGEZYF.
4. Мищенко Е.С., Монастырев П.В., Евдокимцев О.В., Струлев С.А. Учет позиции работодателя при проектировании образовательных программ в области BIM-технологий // *Вестник Поволжского государственного технологического университета*. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2019. № 2. С. 106–115. EDN: EVDWUM.
5. Гаранина М.Р. Проектная форма обучения как движущая сила образовательного процесса // *Norwegian journal of development of the international science*. 2021. № 76-2. С. 35–37. DOI: 10.24412/3453-9875-2021-76-2-35-37. EDN: YIAXKH.
6. Бай В.Ф., Худышкина Н.Ю. Опыт реализации практико-модульного обучения в программе академического бакалавриата направления подготовки «Строительство» // *Проблемы инженерного и социально-экономического образования в техническом вузе в условиях модернизации высшего образования – 2018: Материалы IX Междунар. научно-метод. конф. Отв. ред. С.Д. Погорелова*. Тюмень: ТИУ, 2018. С. 30–36. EDN: SJLXZ.
7. Проектное обучение. Практики внедрения в университетах. Под ред. Л. А. Евстратовой, Н. В. Исаевой, О. В. Лешукова. М.: НИУ ВШЭ, 2018. 154 с. DOI: 10.17323/978-5-7598-1916-5. EDN: YWZKMX.
8. Тетюкова Е.П., Белых Т.А. Проектное обучение – инновационный подход к организации учебного процесса в высших учебных заведениях РФ // *Физика. Технологии. Инновации: тезисы докл. VI Междунар. молодежной научной конф. Екатеринбург: УрФУ, 2019. С. 1124–1125. EDN: TAPBXH.*

9. BIM-система Renga. Сайт разработчиков ПО. URL: <https://rengabim.com> (дата обращения: 10.01.2023).

10. Описание функциональности Pilot-BIM. URL: [https://pilotems.com/source/info\\_materials/2020/Pilot/Pilot\\_BIM.pdf](https://pilotems.com/source/info_materials/2020/Pilot/Pilot_BIM.pdf) (дата обращения: 01.03.2023).

11. Требования к цифровым информационным моделям объектов капитального строительства, представляемым для проведения экспертизы. «Центр государственной экспертизы» (СПб ГАУ «ЦГЭ») URL: [https://www.spbexp.ru/upload/iblock/6c4/d7x16e4y4fk49oj5pkf6ebyf82qmim36/trebovaniya\\_k\\_tsim\\_redkatsiya\\_01\\_06\\_2022.pdf.pdf](https://www.spbexp.ru/upload/iblock/6c4/d7x16e4y4fk49oj5pkf6ebyf82qmim36/trebovaniya_k_tsim_redkatsiya_01_06_2022.pdf.pdf) (дата обращения: 01.03.2023).

**УДК 378.147**

**DOI: 10.23968/ВІМАС.2023.035**

**Мухаркина Анна Анатольевна**, старший преподаватель

(Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н. С. Алфёрова)

*E-mail: muharkina@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9892-5858*

**Хусаинова Галина Владимировна**, канд. физ.-мат. наук, доцент

(Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н. С. Алфёрова)

*E-mail: aldisa@mail.ru*

Mukharkina Anna Anatolevna, Senior Lecturer

(Ural State University of Architecture and Art named by N. S. Alferov)

Khusainova Galina Vladimirovna, PhD in Sci. Phys.-Math., Associate Professor

(Ural State University of Architecture and Art named by N. S. Alferov)

## **ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ МАСТЕРСКИХ ПРИ ОБУЧЕНИИ БАКАЛАВРОВ АРХИТЕКТУРЫ ВІМ-ПРОЕКТИРОВАНИЮ**

### **THE POSSIBILITIES OF USING THE TECHNOLOGY OF PEDAGOGICAL WORKSHOP IN TEACHING BACHELORS OF ARCHITECTURE TO BIM DESIGN**

В статье рассматривается концепция внедрения технологии педагогических мастерских в процесс обучения ВІМ-проектированию бакалавра архитектуры. Рассмотрены особенности работы ВІМ-отдела в проектной организации, схематично продемонстрировано распределение ролей в коллективе. На основе педагогической литературы проведен анализ технологии педагогических мастерских для возможного использования в обучении бакалавров архитектуры. Раскрываются особенности применения технологии педагогических мастерских на практических занятиях по дисциплине «Информационные технологии и компьютерная визуализация». Приводится разработанная технологическая карта занятия.

*Ключевые слова:* информационные технологии, обучение ВІМ-проектированию, педагогическая технология, педагогическая мастерская, технологическая карта занятия.

The article discusses the concept of introducing the technology of pedagogical workshops in the process of teaching BIM design to a Bachelor of Architecture. The features of the work of the BIM department in the project organization are considered, the

distribution of roles in the team is schematically demonstrated. On the basis of pedagogical literature, the analysis of the technology of pedagogical workshops for possible use in teaching bachelors of architecture is carried out. The features of the application of the technology of pedagogical workshops in practical classes in the discipline “Information technology and computer visualization” are revealed. The developed technological map of the lesson is given.

*Keywords:* information technologies, teaching BIM-technologies, pedagogical technology pedagogical workshop, technological map of the lesson.

Одной из причин, замедляющих распространение технологий информационного моделирования, называют дефицит квалифицированных кадров, способных к работе в команде, владеющих современными информационными и коммуникационными технологиями.

Работа BIM-отдела – это работа специалистов из разных областей, которых объединяет коллективная работа с исходными файлами проекта.

Для проектирования учебного курса по BIM-технологиям рассмотрим роли и обязанности участников проекта [1].

В процессе информационного моделирования выделяют три основные функции, которые должны быть распределены по ролям:

- стратегическую,
- управленческую,
- производственную.

На рисунке представлена схема, где приведены основные роли – BIM-менеджер, BIM-координатор, BIM-автор – и обязанности, которые должны выполняться в рамках каждой из указанных основных функций. В небольших проектах и небольших компаниях большинство обязанностей может выполняться одним человеком, а в крупных необходимо их разделение между группой лиц.

Таким образом, современный процесс обучения в вузе должен быть ориентирован на развитие коммуникативных навыков. Если раньше студент был объектом педагогического воздействия, то в настоящее время он становится субъектом познавательной деятельности, то есть построение учебного процесса должно быть таким, чтобы студент сам мог грамотно выстраивать коммуникацию с будущими коллегами, обмениваться с ними знаниями и опытом.

В настоящее время преподаватели архитектурных и строительных вузов находятся в поиске различных подходов к обучению BIM-специалистов. Семенов А. А. предлагает использовать междисциплинарный подход [2], Масёнене А. Р. предлагает использовать практико-ориентированный подход в обучении BIM-технологиям студентов старших

курсов строительных вузов [3]. По мнению авторов данной работы, проектный подход в обучении очевиден и даже не рассматривается коллегами, однако не будем о нем забывать. Проектный подход предполагает наличие разработанных учебных проектов и предполагает, что студент или группа студентов готовят его в течение нескольких занятий. Однако, без знания базового инструментария, в любом самом технологичном программном обеспечении подготовить такой проект с нуля будет сложно, поэтому обратили внимание на *технологии педагогических мастерских*, которая в рамках проведения одного занятия может быть востребована коллегами.



Роли и обязанности участников проекта [1]

Ранее была проанализирована психолого-педагогическая литература [4–6], посвященная образовательной технологии педагогических мастерских и выявлены значимые для данной работы принципы построения педагогических мастерских [7]:

1. Педагог-мастер создает профессиональную атмосферу сотворчества.

2. Включает в коллективную деятельность каждого студента, развивая коммуникативную культуру.

3. Организует диалог при решении профессиональных задач на основе сочетания индивидуальной и коллективной работы, атмосферы сотрудничества, взаимопонимания.

4. В работе мастерской становится важен не только результат, но и процесс творческого поиска и анализ всех этапов решения задачи.

5. В мастерской создаются условия для приобретения опыта близкого к реальному в условиях свободной деятельности, которая формируется методом проб и ошибок, но реализуется в рамках алгоритма решения профессиональных задач.

6. Проходя обучение в педагогических мастерских, обучаемые получают новый эмоциональный опыт, который становится частью его профессиональной культуры.

7. Мастерские разнообразны по своей тематике, содержанию и формам организации, но при этом их объединяет некий общий алгоритм.

Педагог-исследователь Окунев А.А. [6] разработал несколько алгоритмов проведения мастерских, включающих следующие этапы: индукция – самоконструкция – социоконструкция – социализация – афиширование – разрыв – рефлексия. Поэтапная организация педагогической мастерской позволяет последовательно развернуть событийный процесс, то есть создать общее поле интересов и устремлений участников образовательного процесса, объединить индивидуальности в коллектив, что и требуется для создания и обучения ВМ-команды.

Ещё раз обратим внимание на схему на рисунке, где показаны роли и обязанности участников ВМ-проектирования и сопоставим с технологией педагогических мастерских. Педагог-мастер может попеременно выступать то в роли ВМ-менеджера, осуществляя постановку учебных задач, создавая мини-группы, то выполняя функцию ВМ-координатора, помогая разработать план реализации учебной модели, осуществляя аудит модели. Студентам на первоначальных этапах обучения отводится роль ВМ-авторов, которые, работая в группе (2–3 человека), должны уметь осуществлять моделирование, выпуск чертежей и разработку документов ВМ-модели.

В контексте данного исследования представляет интерес возможность использования технологии педагогических мастерских на практическом занятии по дисциплине «Информационные технологии и компьютерная визуализация» на старших курсах. Представим разработанную технологическую карту занятия с применением технологии педагогических мастерских (см. табл.).

**Технологическая карта занятия на тему: «ВМ – информационная модель здания»**

Этап	Действия преподавателя	Действия студентов
Индукция	Преподаватель озвучивает тему занятия. Задаёт вопросы аудитории: Чем отличается 3D моделирование зданий от Информационного моделирование зданий (ВМ)? Что такое жизненный цикл ВМ? Что такое ВМ-стандарт?	Студенты организуют поиск информации в Интернете. Отвечают на вопросы преподавателя
Самоконструкция	Предлагает собрать в папку проекта информацию о ВМ-стандарте и ответить на вопрос: какие существуют этапы создания ВМ-модели?	Подбирают материалы в виде ссылок, документации, изображений, для дальнейшей работы. Записывают все найденные документы в папку группы. Обсуждают всей группой возможные этапы проектирования
Социоконструкция	Предлагает изучить учебное техническое задание на разработку проектной документации на строительство объекта с применением ВМ-технологий, а также обсудить возможности выполнения плана выполнения ВМ-проекта в индивидуальном порядке. Предлагает объединиться в команды по два-три человека и распределить роли в учебном проекте. Представляет дополнительные варианты для выбора технологий	Работают в командах по заданию. Знакомятся с возможностями ВМ-технологий. Обсуждают найденный материал, выбирают наилучший вариант построения ВМ-модели по предложенному учебному техническому заданию, распределяют роли в команде, записывают учебный ВМ-план с учетом ролей
Социализация	Организует работу в командах: помогает, направляет и оценивает учебный ВМ-план в каждой команде, перераспределяет роли, если это необходимо. Предлагает дополнительные варианты для построения	Студенты работают в группах. находят оптимальные пути построения, при возникновении трудностей советуются с преподавателем



Окончание таблицы

Этап	Действия преподавателя	Действия студентов
Афиширование	Организует обсуждение между группами полученных BIM-планов. Дает необходимые пояснения по ходу представления выполненных работ	Каждая группа представляет результаты. Студенты обсуждают сделанные работы и задают друг другу вопросы
Разрыв	Преподаватель фиксирует внимание на возникших трудностях при планировании и выборе конкретных методов построения для реализации учебной BIM-модели. Организует работу в группах с источником информации, позволяющим разрешить возникшие противоречия	Студенты предлагают способы решения возникших проблем, обсуждают эти моменты между группами и с преподавателем. Работают с источниками информации, предложенными преподавателем
Рефлексия	В конце занятия преподаватель предлагает студентам подвести итог и ответить на вопросы: Какими возможностями обладают BIM-технологии? Какие нормативные документы необходимы для создания BIM-модели?	Студенты из разных команд отвечают на поставленные вопросы и дискутируют между командами

Таким образом, проведённый анализ технологии педагогических мастерских позволяет сделать вывод о том, что эта технология позволяет в рамках одного занятия организовать развитие знаний и умений, необходимых будущему BIM-специалисту для работы в коллективе и вышеперечисленные преимущества технологии педагогических мастерских необходимо использовать в обучении бакалавров архитектуры BIM-технологиям.

#### Литература

1. Все материалы по BIM стандартам. – URL: <https://knowledge.autodesk.com/community/collection/28236> (дата обращения: 25.01.2023).
2. Семенов А.А. Междисциплинарный подход для подготовки BIM-специалистов // Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве: Матер. II Всеросс. научно-практ. конф. с межд. уч. Екатеринбург: УрГАХУ, 2019. С. 43. EDN: PVBEEYA.

3. Масёнене А.Р. Практико-ориентированный подход в обучении ВІМ-технологиям студентов старших курсов строительных вузов // ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Матер. III Междунар. научно-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2020. С. 338–343. DOI: 10.23968/ВІМАС.2020.044. EDN: YVKDXJ.
4. Белов Н.И. Технология педагогических мастерских // Естествознание в школе. 2004. № 6. С. 55.
5. Мухина И.А. Что такое педагогическая мастерская. Мастерские по литературе: интеграция инновационного и традиционного опыта. СПб., 2002. 489 с.
6. Окунев А.А. Мастерская как одна из форм организации учебного процесса. СПб.: Корифей, 2000. 17 с.
7. Мухаркина А.А. Технология педагогических мастерских в обучении цифровым технологиям бакалавров изобразительного и прикладных видов искусства // Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве: Матер. V Междунар. научно-практ. конф. Екатеринбург: УрГАХУ, 2022. С. 46. EDN: FQFZAP.

УДК 69:004

DOI: 10.23968/BIMAC.2023.036

**Ротков Сергей Игоревич**, д-р техн. наук, профессор  
(Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: rotkov@nngasu.ru, ORCID: 0000-0002-0662-7619*

**Копоначкий Евгений Викторович**, д-р техн. наук, доцент  
(Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: e.v.konopatskiy@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4798-7458*

**Лагунова Марина Викторовна**, д-р пед. наук, профессор  
(Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: mvlmn@mail.ru, ORCID: 0000-0002-0671-8609*

Rotkov Sergey Igorevich, Dr. Sci. Tech., Professor  
(Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering)  
Konopatskiy Evgeniy Viktorovich, Dr. Sci. Tech., Associate Professor  
(Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering)  
Lagunova Marina Viktorovna, Dr. Sci. Ped., Professor  
(Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering)

## **КОНЦЕПЦИЯ РЕАЛИЗАЦИИ BIM В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ НА ПРИМЕРЕ ПРОФИЛЯ ПГС**

### **THE CONCEPT OF BIM IMPLEMENTATION IN THE EDUCATIONAL PROCESS ON THE EXAMPLE OF THE ICE PROFILE**

В статье приводится концепция внедрения технологии информационного моделирования объектов капитального строительства (ОКС) в учебный процесс ННГАСУ на примере профиля «Промышленное и гражданское строительство» (ПГС) направления подготовки 08.03.01 «Строительство», которая сводится к необходимости реализации комплексно-дифференцированного подхода в обучении BIM с учётом трудовых функций профильных профессиональных стандартов. Устанавливается взаимосвязь терминологии CALS и BIM, в результате чего делается вывод о том, что BIM является адаптацией технологии CALS применительно к ОКС. Исходя из этого посредством блоков дисциплин устанавливается взаимосвязь между компонентами BIM и дисциплинами, предусмотренными учебным планом ПГС ННГАСУ.

*Ключевые слова:* концепция, учебный процесс, CALS, BIM, ОКС, ПГС.

The article describes the concept of implementing Capital Construction Objects (CCO) Information Modeling technology in the NNSAGU educational process by the

example of “Industrial and Civil Engineering” (ICE) training profile in 08.03.01 “Civil Engineering” which boils down to the need to implement an integrated and differentiated approach to teaching BIM, taking into account the labor functions of the profile professional standards. The relationship between CALS and BIM terminology is established, resulting in the conclusion that BIM is an adaptation of CALS technology in relation to CCO. On this basis, the relationship between the components of BIM and the disciplines in the NNSAGU ICE curriculum is established through the blocks of disciplines.

*Keywords:* concept, educational process, CALS, BIM, CCO, ICE.

Тема внедрения технологий информационного моделирования в строительстве (англ. BIM – Building Information Modeling) в современном научном сообществе является весьма популярной. Если проанализировать статистику по количеству публикаций за последние 10 лет (рис. 1), то увидим, что оно выросло более, чем на порядок, начиная от 82 публикаций в 2013 г. и заканчивая 1344 публикациями в 2021 г., когда был достигнут их максимум. Используются данные научной электронной библиотеки eLibrary.ru. Поиск проводился по статьям в журналах и в материалах конференций. И хотя в 2022 г. публикационная активность немного снизилась, она всё равно превысила отметку в 1000 статей за год, что свидетельствует об актуальности этой темы и большом количестве научных проблем, возникающих при внедрении BIM в инженерную практику и в учебный процесс, а также о необходимости проведения дальнейших исследований в этой области.



Рис. 1. Количество публикаций на тему BIM по данным eLibrary.ru

Из всего разнообразия работ, направленных на внедрение BIM в учебный процесс, хотелось бы выделить те из них, которые реализуют комплексный подход к обучению путём внедрения сквозной междисциплинарной подготовки будущих инженеров строителей технологиям информационного моделирования [1, 2], а также работы, направленные

на использование цифровых двойников объектов капитального строительства на всех этапах их жизненного цикла [1, 3–5]. В работе [5] отмечается, что обманчиво считать BIM-технологию исключительно инструментом построения 3D-модели для визуализации объекта капитального строительства (ОКС) и создания проектной документации. Она включает в себя работу с информацией о зданиях или сооружениях, которая используется на всех этапах жизненного цикла ОКС, что приводит нас к понятию CALS.

CALS (англ. Continuous Acquisition and Life cycle Support) – это концепция, объединяющая принципы и технологии информационной поддержки жизненного цикла продукции на всех, его стадиях, основанная на использовании интегрированной информационной среды (единого информационного пространства), обеспечивающая единообразные способы управления процессами и взаимодействия всех участников этого цикла: заказчиков продукции (включая государственные учреждения, и ведомства), поставщиков (производителей) продукции, эксплуатационного и ремонтного персонала, реализованная в соответствии с требованиями системы международных стандартов, регламентирующих правила указанного взаимодействия преимущественно посредством электронного обмена данными [6].

Базовые идеи этой концепции были заложены в трудах академика В. М. Глушкова [7]. Её эффективность в машиностроении [8], автомобилестроении [9], авиастроении [10] и при производстве ракетно-космической техники [11] была проверена годами эффективного использования. В строительную отрасль технология CALS активно внедряется только последнее десятилетие, но уже показывает свою эффективность.

Если в определении CALS в качестве «продукции» рассматривать здания и сооружения, то фактически получим определение технологии BIM. Исходя из этого технологию BIM можно адаптацией технологии CALS применительно к ОКС, составные части которого включают следующие компоненты (табл. 1).

Таблица 1

Составные части BIM

CAD	Computer Aided (CA)	Drafting	Автоматизированное	Черчение
	CA	Design	Автоматизированное	Конструирование
CAM	CA	Manufacturing	Автоматизированное	Изготовление

*Окончание табл. 1*

CAD	Computer Aided (CA)	Drafting	Автоматизированное	Черчение
	CA	Design	Автоматизированное	Конструирование
CARP	CA	Rapid Prototyping	Автоматизированное	Быстрое прототипирование
CAA	CA	Assembly	Автоматизированная	Сборка
CAE	CA	Engineering	Автоматизированное	Инженерные расчёты
CAVE	CA	Visualization Environment	Автоматизированные	Средства визуализации
CAS	CA	Simulation	Автоматизированное	Моделирование
CAPP	CA	Process Planning	Автоматизированное	Планирование процесса
CAT	CA	Testing	Автоматизированные	Испытания
	CA	Technologies	Автоматизированная	Технология
CAID	CA	Industrial Design	Автоматизированный	Промышленный дизайн
CAQ	CA	Quality	Автоматизированное	Обеспечение качества
CAI	CA	Inspection	Автоматизированная	Приёмка
CA...	CA	...	Автоматизированное	...
EDM	Engineering	Data Management	Управление	Инженерными данными
PDM	Product	Data Management	Управление	Данными о продукте

Проанализировав учебный план по направлению подготовки 08.03.01 ПГС, разработанный в ННГАСУ, были выделены основные блоки дисциплин, которые формируют предметную модель современного инженера-строителя и установлена их взаимосвязь с компонентами BIM (табл. 2).

Таблица 2

**Соответствие между блоками дисциплин и компонентами BIM**

№ п/п	Блок дисциплин	Дисциплины	Компоненты BIM
1	Информационные и компьютерные технологии	Инженерная и компьютерная графика, информационные технологии, информационное моделирование в строительстве, системы автоматизированного расчета и проектирования в строительстве, цифровые технологии в строительстве	CAD, CAS, CAE, EDM
2	Архитектура	Основы архитектурно-строительного проектирования, архитектура зданий и сооружений	CAD, CAID, CAVE, EDM
3	Строительные конструкции	Теоретическая механика, сопротивление материалов, строительная механика, основы строительных конструкций, железобетонные и каменные конструкции, металлические конструкции и т.п.	CAM, CAA, CAE, CAT, EDM
4	Основания и фундаменты	Инженерная геология, основы механики грунтов и геотехники, основания и фундаменты	CAD, CAM, CAE, EDM
5	Инженерные сети	Механика жидкости и газа, гидравлика инженерного оборудования зданий и сооружений, основы теплогазоснабжения и вентиляции, основы водоснабжения и водоотведения	CAD, CAM, CAE, CAA, EDM

Окончание табл. 2

№ п/п	Блок дисциплин	Дисциплины	Компоненты ВМ
6	Технологии строительного производства	Средства механизации строительства, технологии строительных процессов, технология изготовления строительных конструкций, технология возведения зданий и сооружений	CAM, CAA, CAT, CARP, EDM
7	Организация строительства	Организация строительного производства, организация, планирование и управление строительством	CAPP, EDM
8	Экономика в строительстве	Экономика отрасли, сметное дело в строительстве	EDM, PDM

Как видно из табл. 2, практически все компоненты ВМ могут быть на том или ином уровне задействованы в учебном процессе для обеспечения комплексной подготовки будущих инженеров строителей в области информационного моделирования ОКС. Уровень внедрения компонентов ВМ в учебный процесс является сугубо индивидуальным и зависит от количества часов и видов работ, запланированных учебным планом для каждой отдельной дисциплины. С учётом этого предложена концепция внедрения ВМ в учебный процесс, включающая 3 основных компонента:

1. ВУЗ должен выступать центром внедрения ВМ-идеологии [12].
2. ВМ необходимо представлять не как конкретное ПО, а как идеологию строительного проектирования и эксплуатации ОКС на всех этапах их жизненного цикла.
3. Необходима реализация комплексно-дифференцированного подхода в обучении ВМ с учётом трудовых функций профильных проф. стандартов.

Для реализации этой концепции предложено организовать на базе профиля ПГС комплексную непрерывную подготовку студентов в области информационного моделирования ОКС путём слаженного взаимодействия профильных дисциплин (рис. 2) посредством курсовых работ и проектов, а также расчётных и расчётно-графических работ.



1-й семестр	2-й семестр	3-й семестр	4-й семестр	5-й семестр	6-й семестр	7-й семестр	8-й семестр
Инженерная графика	Инженерная графика	Информационное моделирование в строительстве	Архитектурное моделирование в строительстве	Системы автоматизированного расчета и проектирования в строительстве			
Начертательная геометрия и компьютерная графика	Начертательная геометрия и компьютерная графика	Основы архитектурно-строительного проектирования	Архитектура зданий и сооружений			Сметное дело в строительстве	Охрана труда в строительстве
	Информационные технологии				Основания и фундаменты		
				Основы теплозащиты зданий и вентилляции	Основы технической эксплуатации объектов строительства	Надзор и контроль в строительстве	
				Основы водоснабжения и водоотведения		Организация, планирование и управление строительством	

Рис. 2. Семестровый план внедрения BIM в учебный процесс для профиля ПГС

В первых двух семестрах (рис. 2) предусмотрена базовая подготовка в области инженерной и компьютерной графики, а также информационных технологий. В третьем и четвёртом семестрах по дисциплине «Информационное моделирование в строительстве» запланировано изучение идеологии ВІМ, моделирование гражданских и промышленных зданий в одной из систем ВІМ, моделирование инженерных сетей, интеграция информационной модели с расчётными и сметными комплексами, подготовка цифровой информационной модели здания к госэкспертизе. Параллельно по дисциплинам архитектурного блока выполняются курсовые работы с применением систем информационного моделирования, включающие моделирование малоэтажного здания и многоэтажного жилого дома. Далее в пятом и шестом семестрах по дисциплине «Архитектура зданий и сооружений» выполняются курсовая работа и курсовой проект с моделированием соответственно культурно-зрелищного учреждения и одноэтажного промышленного здания. Параллельно выполняются: моделирование фрагментов внутренних инженерных сетей, проектирование и расчёт оснований и фундаментов, расчёт металлических и железобетонных конструкций. Далее выполняется разработка календарного плана и определение сметной стоимости строительства с использованием соответствующих информационных моделей.

Профиль ПГС является наиболее универсальным, а потому самым популярным и многочисленным из всего контингента студентов, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство». Поэтому внедрение предложенной концепции ВІМ в учебный процесс позволит обеспечить страну высококвалифицированными кадрами в строительной отрасли, обладающих всеми необходимыми компетенциями в области ВІМ, и нивелировать дефицит кадров, который по прогнозам [13] на 2023 г. может составить 50-70 тыс. человек.

Отличием предложенного подхода от других является то, что он не привязывается к конкретному программному обеспечению и даёт возможность использовать любые комбинации специализированного программного обеспечения в области ВІМ исходя из имеющихся возможностей университета. Это особенно актуально в текущей ситуации, когда сохраняется санкционный запрет на использование некоторого специализированного иностранного программного обеспечения.

### **Литература**

1. Евстратенко А.В., Алампиев В.О. ВІМ-технологии: опыт реализации отдельных этапов в учебном процессе // Наука и инновации в строительстве: Сб. докладов VI Междун. научно-практ. конф., посвящ. 50-летию кафедры строительства

и городского хозяйства. Т. 1. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2022. С. 158–165. EDN: PTMTII.

2. Юматова Э.Г. Междисциплинарная подготовка будущих бакалавров в условиях цифровизации инженерного образования // Современные проблемы науки и образования. 2022. № 4. С. 38. DOI: 10.17513/spno.31908. EDN: DAWKSM.

3. Талапов В.В. Жизненный цикл здания и его связь с внедрением технологии BIM // САПР и графика. 2017. № 2(244). С. 8–12. EDN: ZDGLZT.

4. Каменева Н.В. Современные технологии проектирования в архитектуре и градостроительстве // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2018. Т. 2. С. 247–253. EDN: YOHSKD.

5. Голдобина Л.А., Орлов П.С. BIM-технологии и опыт их внедрения в учебный процесс при подготовке бакалавров по направлению 08.03.01 «Строительство» // Записки Горного института. 2017. Т. 224. С. 263–272. DOI: 10.18454/PMI.2017.2.263. EDN: YLMZED.

6. Ротков С.И. Средства геометрического моделирования и компьютерной графики пространственных объектов для CALS-технологий: дис. д-ра техн. наук: 05.01.01. Нижний Новгород, 1999. 287 с. EDN: QDIHR.

7. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики. М.: Наука, 1982. 552 с.

8. Братухин А.Г. CALS – объективная реальность конкурентоспособного машиностроения // Сварочное производство. 2014. № 6. С. 38–44. EDN: SQLQCV.

9. Малкина И.В. CALS/ИПИ-технологии в формировании компьютерной системы качества изделий автомобилестроения // Технология машиностроения и материаловедение. 2017. № 1. С. 9–12. EDN: YPYIOJ.

10. Егоров И.С. CALS-технологии в авиационной промышленности // Естественные и технические науки. 2019. № 4(130). С. 154–158. EDN: JSSKOM.

11. Блинков Е.В., Шишаев А.М., Назаров В.П. Применение CALS-технологий в условиях разработки и постановки на производство изделий ракетно-космической техники // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2014. Т. 1, № 10. С. 42–43. EDN: TAQCWF.

12. Талапов В.В. Технология BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. М.: ДМК-Пресс, 2015. 409 с. EDN: ZXGNRP.

13. Алимов Р.Ш., Абитов Р.Н. К вопросу актуальности внедрения BIM-технологий в учебный процесс подготовки инженеров // Цифровая трансформация в высшем и профессиональном образовании: Материалы 16-ой Межд. научно-практ. конф. Казань: КГАСУ, 2022. С. 180–182. EDN: TTRHAZ.

**УДК 69.007+337.5**

**DOI:** 10.23968/ВМАС.2023.037

**Саломатина Наталья Сергеевна**, старший преподаватель  
(Южно-Уральский государственный университет, Южно-Уральский  
государственный технический колледж)

*E-mail:* [salomatina.ns@yandex.ru](mailto:salomatina.ns@yandex.ru)

**Чернядьева Ольга Яковлевна**, руководитель образовательной программы АСКОН  
(УК АСКОН)

*E-mail:* [chernyadieva@ascon.ru](mailto:chernyadieva@ascon.ru)

Salomatina Natalya Sergeevna, Senior Lecturer  
(South Ural State University, South Ural State Technical College)  
Chernyadieva Olga Yakovlevna, Head of the ASCON Educational program  
(ASCON Management)

## **ПОДГОТОВКА ВМ-КАДРОВ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ В СИСТЕМЕ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

### **THE PREPARING DIGITAL ECONOMY BIM-STAFF IN THE SYSTEM OF THE SECONDARY PROFESSIONAL EDUCATION**

Статья посвящена вопросу состояния системы среднего профессионального образования относительно области ВМ-технологий. Описана история внедрения технологии информационного моделирования в образовательный процесс. Определены направления работы для успешного внедрения ВМ в учебный процесс. Приведены данные о повышении квалификации преподавательского состава и результатах работы за последние три года. Проанализировано распределение выпускников систем высшего и средне-специального образования по отраслям строительства. Система СПО – главный поставщик кадров для этапа возведения объектов капитального строительства. Выпускники системы СПО в ближайшем будущем будут обладать достаточным уровнем компетенций для создания строительных моделей.

*Ключевые слова:* среднее профессиональное образование, ВМ-технологии, профессиональный стандарт строителя, ФГОС СПО, проектная модель, строительная модель.

This article is devoted to the system of secondary professional education concerning BIM-technologies. Here is depicted a history of introducing an informational modelling technology into an educational process. For the successful integration of

BIM-technologies into an educational process here are determined the main directions of working. Also we gave the data about the professional development of academic staff and the results of working for the last three years. The division by the sectors of engineering the graduate students of high and secondary professional educational systems are analyzed. The system of secondary professional education is the main provider of staff for the stage of building the capital construction facilities. The graduate students of the secondary professional education will have a sufficient level of competencies to construct building models in the near future.

*Keywords:* secondary professional education, BIM-technologies, a professional standard of builder, a federal state education standard of the secondary professional education, a project model, building model.

Концепция BIM прочно укоренилась в строительной отрасли, пройдя путь от восхищения полученными возможностями, критики и отрицания до начала осознанного внедрения в процессы проектирования и строительства. Сегодня большинство участников инвестиционно-строительного процесса признает необходимость внедрения технологии информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла объектов. И все острее ставится вопрос подготовки специалистов, способных создавать и управлять проектными, строительными и эксплуатационными моделями.

BIM в проектировании активно существует второе десятилетие. Проектные модели создавались в основном молодыми специалистами, способными к самообразованию, поскольку 15 лет назад в образовательных стандартах отсутствовали подобные формулировки. Учитывая идею BIM, проектная модель должна трансформироваться в строительную, а затем в эксплуатационную [1]. Реализованных примеров такой идеи в отечественном строительстве единицы. Так почему же BIM из области проектирования не распространяется в область строительства и эксплуатации?

При проведении анализа распределения выпускников строительных специальностей в направлении строительства, был открыт следующий факт. В область проектирования подавляющее большинство специалистов попадает из вузов, в то время как на строительную площадку в основном приходит выпускник системы среднего профессионального образования. На это указывают нам и профессиональные стандарты, предъявляя соответствующие требования к обоим направлениям. Данное распределение не говорит о том, что техник не способен освоить ТИМ. Дело в том, что система СПО жестко контролируется ФГОС [2] и примерными образовательными программами, на основании которых

формируется рабочая программа дисциплины и профессионального модуля.

В 2018 году был принят новый на тот момент федеральный государственный образовательный стандарт, в котором впервые присутствовало упоминание о ВМ-технологиях. Термин фигурировал в области «знать» и запрашивал общие понятия данной сферы. Но уже это позволило образовательным организациям быстро среагировать на запрос работодателя и внедрить новые технологии в образовательный процесс.

Для успешного внедрения новых технологий в образовательный процесс необходимо провести работу по трем основным направлениям: подготовка материальной базы, подготовка преподавательского состава и разработка рабочих программ учебных дисциплин и профессиональных модулей.

В 2019 году в г. Казань состоялся 45-й мировой чемпионат по профессиональному мастерству по стандартам «Ворлдскиллс», на котором впервые нашей страной была представлена компетенция «Технологии информационного моделирования ВМ». В дальнейшем она была представлена на мировом чемпионате, но уже, увы, без инициатора. С осени 2019 года по данной компетенции прошло три чемпионатных цикла и три годовых цикла демонстрационных экзаменов по стандартам «Ворлдскиллс». В связи с включением данной компетенции в список направлений чемпионатов профессионального мастерства и демонстрационных экзаменов, образовательные организации получили возможность грантовой поддержки для создания ВМ-лабораторий и мастерских (см. рис.). Такие пространства создавались за счет федерального бюджета, а также за счет собственных средств образовательных организаций и благодаря поддержке предприятий партнеров. Всего в чемпионатном движении участвовало 28 регионов страны, в каждом из которых создано от 1 до 3 подобных лабораторий.

Демонстрационный экзамен, который для набора обучающихся 2018 года стал обязательной частью ГИА, оказал огромное влияние на подготовку специалистов среднего звена по УГС 08.00.00 Техника и технологии строительства. Помимо развития материальной базы он помог решить две следующие проблемы.

В рамках подготовки преподавателей системы СПО была организована Академия Ворлдскиллс. Слушатели курсов различных направлений смогли повысить свою квалификацию, в том числе и в направлении ТИМ. Главные эксперты, организующие Региональные чемпионаты, прошли обучение, повысив и подтвердив свою квалификацию и в области

Технологии информационного моделирования. Всего с 2019 года было проведено 80 локальных чемпионатов. В системе СПО с 2012 года обучено 10 939 экспертов с правом проведения чемпионата, из них 40 по направлению BIM за три года, и 24 258 линейных экспертов для работы на демонстрационном экзамене, из них 198 по направлению BIM [3].



BIM-лаборатория ОГБПОУ «Рязанский строительный колледж имени Героя Советского Союза В. А. Беглова»

Следующим шагом стало формирование эффективных образовательных программ. Если при подготовке участников для чемпионатного движения можно было работать с одаренными студентами по индивидуальной образовательной траектории, то при массовой подготовке студентов к сдаче демонстрационного экзамена необходимо внедрить освоение соответствующих компетенций в учебный процесс. Существует несколько организационно-технических подходов включения в образовательные программы технологии информационного моделирования [4]. В настоящее время вопросом внедрения ТИМ в образовательный процесс занимается большое число специалистов. Наиболее эффективным, но и наиболее сложным решением, является разработка новой образовательной программы [5]. ФГОС СПО 2018 года позволил скорректировать рабочие программы, а также ввести вариативный профессиональный модуль, посвященный информационному моделированию зданий. На сегодняшний день студенты ГБПОУ «Южно-Уральского государственного технического колледжа» осваивают BIM-технологии в следующем объеме (см. табл.):

**Распределение академических часов по семестрам обучения  
по специальности 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий  
и сооружений в ГБПОУ «ЮУрГТК»**

Семестр обучения (из 8)	Наименование дисциплины/ междисциплинарного курса (темы)	Количество академических часов
4	Информационные технологии в профессиональной деятельности	36
	МДК 01.01 Проектирование зданий (Архитектура зданий)	72
5	МДК 01.01 Проектирование зданий (Архитектура зданий)	98
	МДК 01.01 Проектирование зданий (Основы проектирования строительных конструкций)	98
	МДК 06.01 Разработка информационных моделей в строительстве	42
6	МДК 01.01 Проектирование зданий (Основы проектирования строительных конструкций)	30
	МДК 06.01 Разработка информационных моделей в строительстве	40
7	МДК 06.01 Разработка информационных моделей в строительстве	26

В четвертом семестре обучения параллельно с темой «Архитектура зданий» в курсе «Информационные технологии в профессиональной деятельности» обучающиеся осваивают моделирование раздела АР. В пятом семестре параллельно с темой «Основы проектирования строительных конструкций» работают над моделированием отдельных конструкций в рамках профессионального модуля «Участие в разработке информационной модели объекта капитального строительства». В шестом семестре осваивают принципы совместной работы и навыки работы в среде общих данных Pilot-BIM, а также моделирование инженерных сетей и процессы экспорта данных. В заключительном седьмом семестре работают



над созданием каталогов (семейств) различных конструкций. Таким образом, по окончании обучения будущие техники обладают полным набором профессиональных компетенций, указанных в профессиональном стандарте ПС 16.151 Специалист в сфере информационного моделирования в строительстве [6], соответствующих пятому уровню квалификации.

В процессе работы по данной образовательной программе у будущего выпускника формируются и развиваются следующие компетенции цифровой экономики: коммуникация и кооперация в цифровой среде; саморазвитие в условиях неопределенности; креативное мышление; управление информацией и данными; критическое мышление в цифровой среде.

По итогам 2021 года демонстрационный экзамен сдали 426 выпускников, обучающихся по программам подготовки специалистов среднего звена. Это означает, что в ближайший год строительная площадка пополнится квалифицированными специалистами, способными работать с цифровыми информационными моделями.

Движение «Ворлдскиллс» стало эффективным инструментом тестирования новых навыков и внедрения технологий, территорией апробации внедрения BIM-технологий в учебные программы. Дополнительно сформировалось BIM-сообщество преподавателей для обмена опытом, программами и повышения квалификации. Внедрение BIM в образовательные программы было возможно так же при плотном сотрудничестве с вендорами и передовыми проектными организациями.

В 2021 и 2022 годах ГБПОУ «ЮУрГТК» выступил организатором межрегиональной олимпиады в сфере Технологии информационного моделирования в области строительства. Поддержал олимпиаду основной партнер системы СПО в данном направлении – компания АСКОН. На сегодняшний день подавляющее большинство образовательных организаций развивают ТИМ-направление именно с помощью программного обеспечения Renga. Несмотря на большое количество новых мощных лабораторий, остается достаточное количество образовательных организаций с оборудованием, не способным на установку более требовательного ПО. Вторая весомая причина – это поддержка преподавателей в области обучения.

Российский ТИМ отличается от более распространенного BIM: мы перешли на формирование информационной модели без цифровой информационной модели [7]. Постановления правительства дали безусловный толчок к развитию цифровизации строительства. И то, насколько эффективно будут исполняться данные постановления, зависит от слаженной работы работодателя как конечного исполнителя этих постановлений и системы образования. Причем не только системы ВО,

но и системы СПО, которая на сегодняшний день является поставщиком подавляющего большинства специалистов для этапа возведения объектов капитального строительства.

### **Литература**

1. СП 333.1325800.2020 Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла. М.: Стандартинформ, 2020. 219 с.
2. Приказ Министерства образования и науки РФ от 10 января 2018 г. № 2 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений».
3. Сводный отчет по форме федерального статистического наблюдения № СПО-1 «Сведения об образовательной организации, осуществляющей образовательную деятельность по образовательным программам среднего профессионального образования» на начало 2022/23 учебного года. URL: <https://docs.edu.gov.ru/document/018f742a9e7aadf586319ff435a4c8ec/> (дата обращения: 19.02.2023).
4. Игнатова Е.В., Князева Н.В. Подготовка кадров в сфере информационного моделирования в строительстве // Инновации и инвестиции. 2020. № 2. С. 166–169. EDN: XPSABA.
5. Игнатова Е.В. Разработка образовательных программ с учетом профессионального стандарта ВМ-специалиста // ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Матер. IV Междунар. научно-практ. конф. Под общ. ред. А.А. Семенова. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 443–450. DOI: 10.23968/ВМАС.2021.055. EDN: OJSMWU.
6. Профстандарт 16.151 Специалист в сфере информационного моделирования в строительстве. URL: <https://classinform.ru/profstandarty/16.151-spcetialist-v-sfere-informatcionnogo-modelirovaniia-v-stroitelstve.html> (дата обращения: 19.02.2023).
7. Постановление Правительства РФ от 15 сентября 2020 г. N 1431 «Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов, и требований к форматам указанных электронных документов, а также о внесении изменения в пункт 6 Положения о выполнении инженерных изысканий для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства». URL: <https://base.garant.ru/74644278/> (дата обращения: 19.02.2023).

УДК 378.147+338.5+69.003

DOI: 10.23968/BIMAC.2023.038

**Шамсутдинова Анна Руслановна**, зам. декана по учебной работе  
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: anna\_r\_sh@mail.ru, ORCID: 0009-0002-9389-4682*

Shamsutdinova Anna Ruslanovna, Deputy Dean for Academic Affairs  
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

## **ОБ ОПЫТЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ (BIM) В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖКХ**

### **ABOUT THE EXPERIENCE OF USING INFORMATION MODELING TECHNOLOGY (BIM) IN THE EDUCATIONAL PROCESS WHEN TRAINING SPECIALISTS FOR CONSTRUCTION AND HOUSING AND COMMUNAL SERVICES**

В статье описывается опыт внедрения BIM-технологий в образовательный процесс высшего учебного заведения на примере обучения сметному делу в Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете. Рассмотрены все формы обучения, используемые в учебном процессе с целью освоения технологий информационного моделирования. Дано описание работы программного обеспечения, применяемого в процессе обучения сметному делу с использованием BIM-технологий. Сделаны выводы о необходимости включения BIM-технологий в образовательный процесс в качестве обязательных элементов для обеспечения конкурентоспособности и востребованности выпускников вуза на рынке труда.

*Ключевые слова:* технологии информационного моделирования, BIM-технологии, образовательный процесс, сметное дело, сметная документация.

The article describes the experience of implementing BIM technologies in the educational process of a higher educational institution by the example of teaching cost estimation at the St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. All forms of training used in the educational process for the purpose of mastering information modeling technologies are considered. The description of the work of the software used in the process of teaching the estimate business using BIM technologies is given. Conclusions are drawn about the need to include BIM technologies in the educational process as mandatory elements to ensure the competitiveness and demand of university graduates in the labor market.

*Keywords:* information modeling technologies, BIM technologies, educational process, estimate business, estimate documentation.

Общеизвестно, что технологии информационного моделирования (ТИМ или англ. BIM: Building Information Modeling) позволяют повысить как качество архитектурно-строительного проектирования, так и точность сметной документации [1, 2]. Вместе с тем сокращаются сроки разработки проектно-сметной документации, что положительно влияет на ход всего инвестиционно-строительного проекта. Все эти факты подтверждают необходимость и целесообразность внедрения ТИМ в деятельность организации строительной сферы. Вместе с тем, преимущества BIM-технологий этим не ограничиваются, а распространяются на все этапы жизненного цикла объекта капитального строительства [3].

Необходимо отметить, что технологии информационного моделирования имеют свои специфические особенности, поэтому для работы с ними требуется подготовка высококвалифицированных специалистов для строительства и жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ), владеющих соответствующими цифровыми компетенциями. Для формирования требуемого уровня знаний, умений и навыков, нужен особенный подход к образовательному процессу, связанный не только с работой в соответствующем программном обеспечении, но и с опытом совместной работы над информационной моделью, а также взаимодействием в команде проектировщиков смежных направлений и сметчиков [4].

В настоящее время задача подготовки кадров, владеющих технологиями информационного моделирования, становится все более актуальной, так как для развития и конкурентоспособности организаций сфер строительства и ЖКХ требуются BIM-специалисты всех направлений, в том числе и в сметном деле [5, 6]. В связи с этим подтверждается важность внедрения цифровых компетенций в процесс обучения сметному делу.

В настоящей статье освещается опыт подготовки BIM-ориентированных специалистов сметного дела в Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете (СПбГАСУ), который в 2022 году получил статус Федеральной инновационной площадки и реализует проект «Инновационная методика формирования цифровых профессиональных компетенций обучающихся и специалистов строительной отрасли».

Работа по подготовке специалистов строительной отрасли и ЖКХ, владеющих цифровыми профессиональными компетенциями, началась в СПбГАСУ задолго до начала реализации инновационного образовательного проекта. Технологии информационного моделирования

внедряются в учебный процесс как посредством реализации межкафедральных факультативных дисциплин, организации BIM-Чемпионатов, так и подготовки выпускных квалификационных работ в ходе выполнения комплексных командных дипломных ТИМ-проектов.

Факультативные дисциплины по BIM-моделированию в строительстве добавлены в учебные планы большинства направлений подготовки СПбГАСУ несколько лет назад. На факультете экономики и управления на факультативах осуществляется обучение сметному делу с использованием BIM-технологий.

Кроме факультативных дисциплин в СПбГАСУ осуществляется подготовка выпускных квалификационных работ в ходе выполнения комплексных командных дипломных ТИМ-проектов, во время работы над которыми отрабатываются междисциплинарные взаимосвязи и закрепляются полученные во время обучения навыки командной работы, так необходимые выпускникам успешной и быстрой адаптации к реальным условиям функционирования организации строительной сферы. Комплексный командный дипломный ТИМ-проект предполагает одновременную работу обучающихся различных направлений подготовки (07.03.01 Архитектура, 08.03.01 Строительство, 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, 38.03.01 Экономика) с целью разработки всех разделов проектно-сметной документации. Это сложный и кропотливый труд, так как совместная работа требует определенных навыков и умений.

Вместе с тем, навыки работы с ТИМ приобретаются обучающимися также во время ежегодных BIM-Чемпионатов СПбГАСУ: отборочных и Всероссийских. Многолетняя практика организации BIM-Чемпионатов показала высокую эффективность данной формы командной работы, поскольку позволяет отработать полученные в процессе обучения знания в условиях, приближенных к реальной деятельности проектной организации, так как обучающиеся в течение нескольких недель по восемь часов в день работают исключительно над проектом по техническому заданию, в том числе с отрывом от учебного процесса. Победители и призеры BIM-Чемпионата получают возможность пройти практику или стажировку в ведущих строительных организациях Санкт-Петербурга, использующих ТИМ с возможностью последующего трудоустройства.

Все вышеназванные мероприятия позволяют систематизировать полученные в ходе обучения знания, отработать на практике навыки работы с программным обеспечением и овладеть востребованными компетенциями в области BIM-технологий.

Рассмотрим подробнее процесс обучения сметному делу с использованием BIM-технологий. Технологии информационного моделирования вводятся в учебный процесс посредством использования как зарубежного (Revit), так и отечественного (Renga, плагин WizardSoft для Revit/Renga, BIM WIZARD и Smeta WIZARD) программного обеспечения. На сегодняшний день возможно освоение необходимых компетенций исключительно с использованием российских программных продуктов, таких как: Renga с плагином WizardSoft, BIM WIZARD и Smeta WIZARD.

Первоначально работа ведется в информационной модели, где с помощью инструментов плагина WizardSoft назначаются сметные свойства каждому элементу 3D-модели в целом, либо к его слоям в зависимости от существующих расценок. Для этого необходимо подобрать подходящую расценку, указать формулу для расчета объема работ по расценке, далее выбрать соответствующие проектным данным материалы, неучтенные в расценках, и проверить либо отредактировать формулы расчета количества материалов (рис. 1).

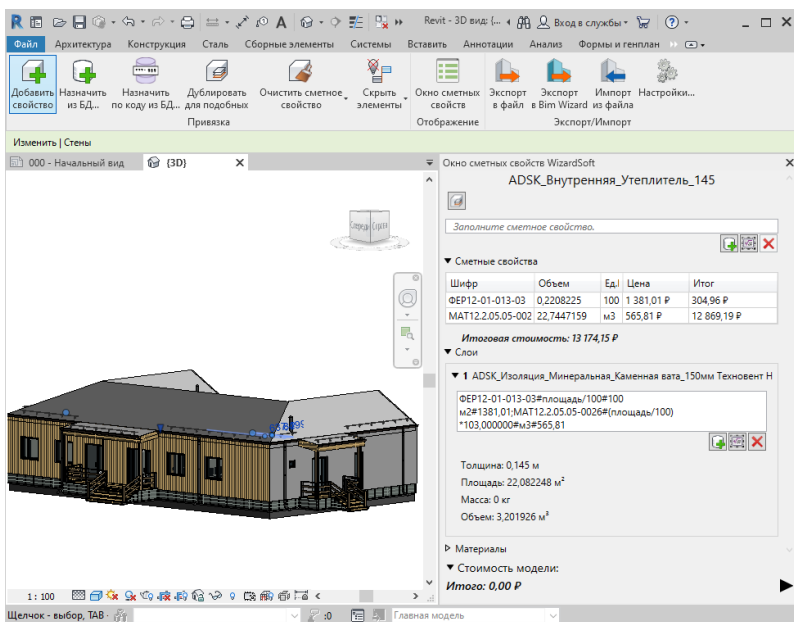


Рис. 1. Работа с информационной моделью. Назначение сметных свойств

Далее с помощью функции «Дублировать для подобных» сметные свойства назначаются всем однотипным элементам модели. Важно отметить, что плагин дает возможность проверить всем ли элементам модели назначены сметные свойства с помощью функции «Скрыть элементы».

После того как всем элементам модели будут назначены сметные свойства, данные с помощью инструмента «Экспорт в файл» либо «Экспорт и Vim Wizard» выгружаются в программу «BIM WIZARD», где формируется сметная структура с выделением разделов, а также проверяются объемы работ и разделы по проекту (рис. 2).

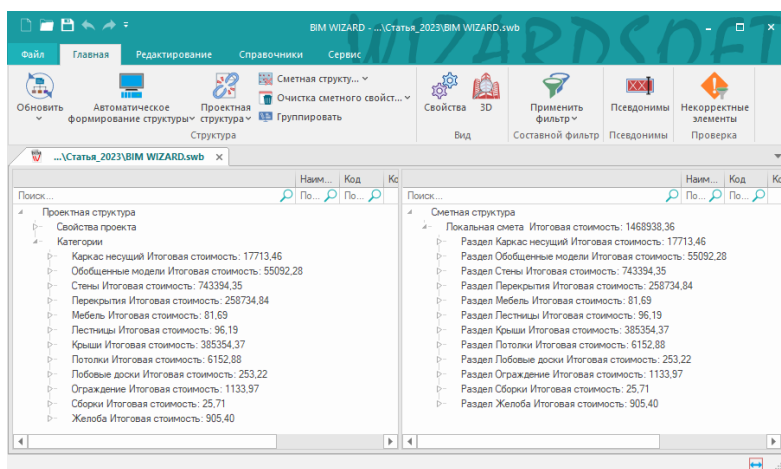


Рис. 2. Работа в программе BIM WIZARD

На следующем этапе данные импортируются в сметную программу SmetaWIZARD, где формируются локальные сметные расчеты с присвоением им названий, оформлением итоговых расчетов по разделам и смете в целом.

Таким образом формируется сметная документация с использованием BIM-технологий. Очевидно, что благодаря технологиям информационного моделирования значительно сокращаются сроки выпуска сметной документации за счет автоматизированного расчета объемов работ (сметчику необходимо лишь ввести правильные формулы, используя параметры элементов модели), а также возможности дублирования назначенных сметных свойств на однотипные элементы. Вместе с тем сокращается вероятность ошибок в расчете объемов работ, что, в свою очередь, добавляет преимуществ использованию BIM-технологий в сметном деле.

Несомненна необходимость внедрения цифровых компетенций и в дополнительном профессиональном образовании как путем образования новых отдельных курсов повышения квалификации сметчиков, так и внедрения отдельных блоков, связанных с ТИМ, в существующие курсы ценообразования и сметного нормирования.

Обобщив все вышесказанное, можно сделать вывод, что назрела необходимость включения технологий информационного моделирования в учебные планы в качестве обязательных дисциплин на всех направлениях подготовки вуза, в том числе и при обучении сметному делу. От этого зависит востребованность выпускников на рынке труда, их конкурентоспособность, что, в свою очередь, повысит рейтинг вуза и обеспечит популярность среди абитуриентов.

Работа проведена в рамках реализации проекта «Инновационная методика формирования цифровых профессиональных компетенций обучающихся и специалистов строительной отрасли» на базе Федеральной инновационной площадки ФГБОУ ВО СПбГАСУ.

### **Литература**

1. Исаева Е.С., Кондратьева Д.И., Антонова Н.Н. ВМ-технологии в образовательной среде архитектурно-строительных вузов // Города России: Проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии: Сб. статей XXIII Междунар. научно-практ. конф. Пенза: ПГАУ, 2021. С.79–83. EDN: CGGYKP.
2. 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 (80). С. 72–78. DOI: 10.23968/1999-5571-2020-17-3-72-78. EDN: OQBEFB.
3. Шамсутдинова А.Р. Оценка экономической эффективности проекта с учетом всех стадий жизненного цикла объекта капитального строительства // ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Матер. V Междунар. научно-практ. конф. Под общ. ред. А. А. Семенова. СПб.: СПбГАСУ, 2022. С. 96–102. DOI: 10.23968/ВМАС.2022.013. EDN: YLKUVK.
4. Тарханова О.В., Шушарина И.В., Алиев З.А.О., Забоев И.А. Междисциплинарные лабораторные работы – шаг к ВМ образованию будущих инженеров строителей // ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всеросс. научно-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 222–227. EDN: YVCXUK.
5. Семенов А.А. Интеграция концепции ВМ в учебный процесс строительных вузов // ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: матер. Всеросс. научно-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 207–211. EDN: YVCXVU.
6. Беховых Л.А., Скрипник А.В. Проблемы внедрения цифровых технологий ВМ в инженерное образование // Аграрная наука – сельскому хозяйству: Сб. матер. XVI Междунар. научно-практ. конф. В 2-х кн. Кн. 1. Барнаул: АГАУ, 2021. С. 309–310. EDN: IFWWZB.



## ДОКЛАДЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

УДК 72+007.52

DOI: 10.23968/ВІМАС.2023.039

**Бек-Булатов Владислав Андреевич**, аспирант

(Российский университет дружбы народов)

*E-mail: 1142220989@rudn.ru, ORCID: 0009-0003-7963-1728*

Bek-Bulatov Vladislav Andreevich, postgraduate student  
(RUDN University)

### **ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЦИФРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

#### **PRINCIPLES FOR FORMING ARCHITECTURAL SOLUTIONS USING DIGITAL FABRICATION**

В настоящей статье рассматриваются современные достижения цифровых технологий в области архитектуры и дизайна, уделяется внимание методам цифрового производства, в том числе аддитивного, использованию различных материалов: металла, камня, бетона, полимеров, стекла, глины. Дается анализ влияния, которое оказывает цифровое производство на формирование архитектурных решений на примере готовых объектов, сложностей, которые возникают в процессе реализации проектов, пути их решения. Прогнозируется развитие технологий цифрового производства, оцениваются сдерживающие факторы и пути их преодоления.

*Ключевые слова:* цифровое производство, аддитивные технологии, 3D-печать, цифровой бетон, ЧПУ, архитектурные решения.

This article discusses modern achievements in this area, pays attention to modern methods of digital fabrication, including additive ones, the use of various materials: metal, stone, concrete, polymers, glass. An analysis is given of the impact that digital production has on the formation of architectural solutions on the example of finished objects, difficulties that arise in the process of project implementation, ways to solve them. The development of digital fabrication technologies is predicted, constraints and ways to overcome them are assessed.

*Keywords:* digital fabrication, additive technologies, 3D-printing, digital concrete, CNC machine, architectural solutions.

Цифровое производство изменило подход к архитектурному проектированию и методам строительства. Исследования в области цифрового

производства привлекли внимание многих архитекторов и дизайнеров. С момента создания цифрового производства технологические достижения изменили будущее многих отраслей и концепцию дизайна.

Со временем дальнейшее развитие технологий производства, цифровых технологий, в сочетании с результатами научно-исследовательской работы в области архитектуры и дизайна привело к более широкому внедрению в строительную индустрию методов цифрового производства (Digital Fabrication), которое с 2015 года *«определяется как новая отрасль, в которой инструменты и процессы, управляемые компьютером, преобразуют цифровые проекты непосредственно в физические продукты»* [1]. У архитекторов и дизайнеров появились новые возможности, позволяющие разрабатывать более сложные в архитектурном и технологическом аспектах проекты, которые было бы невозможно выполнить старыми методами и технологиями.

Целью настоящей статьи является исследование влияния технологий цифрового производства на формирование архитектурных решений, и изучение существующей мировой практики и достижений в области цифрового производства, их анализ с позиций художественно-архитектурной, функциональной, экономической и составляющей, решение прикладных производственно-технологических задач и последующий анализ этих составляющих через практический опыт автора.

В технологии цифрового производства цифровая модель объекта, созданная инженером, дизайнером, архитектором, используется в исполнительном робототехническом устройстве для изготовления вещественной модели объекта. При этом резко возрастает производительность, снижаются сроки изготовления, снижаются производственные издержки и потребность в трудовых ресурсах, значительно снижаются отходы производства.

Кроме других положительных аспектов применения технологии цифрового производства, можно отметить взрывной рост такого принципа, как *кастомизация* (customization) конечного продукта, то есть мгновенная возможность внести изменения в продукт в соответствии с пожеланиями потребителя для придания ему уникальных потребительских свойств.

Основные технологии цифрового производства и материалы, применяемые в строительстве:

1. аддитивные технологии (3D-печать) и материалы: бетоны, растворы с различными видами волокон (полимерное, целлюлозное, стекловолокно, базальтовое волокно, асбестовое и т.д., геобетон, полимеры, стекло, глина, металлы, реголит, композиты;

2. аддитивные технологии, роботизированное торкретирование, бетона и фибробетона;
3. роботизированная покраска изделий лакокрасочными материалами;
4. ЧПУ обработка (фрезеровка, резка, гибка, сварка, перфорация) материалов: металла, дерева и материалов на его основе, полимеров, вспененных полимеров, стекла, природного камня, керамики, композитов.
5. роботизированная укладка: блочные материалы, кирпич и т.д.;
6. роботизированное перемещение грунтов в строительстве;
7. роботизированные автопоезда для перемещения грузов.

Применение цифровых технологий производства в строительной индустрии основывается на «старых» строительных технологиях, типовых узлах и конструкциях, основанных на традиционных строительных материалах (металле, бетоне, древесине и т.д.).

Этот фактор сдерживает полную роботизацию технологии строительства и объясняет наличие ручного труда в современных производственных процессах.

Для полной роботизации в первую очередь необходимо появление новых материалов, изделий и конструкций, оборудования, которые позволяют полностью перейти на роботизированный процесс.

Исследования в этом направлении ведутся, и в качестве примера можно привести достижения в области «цифрового бетона» («digital concrete»), под этим общим термином понимаются методы цифрового изготовления бетона, включая 3D-печать) новую металлическую решетку [2] для армирования в процессе 3D-печати (рис. 1).

Возможность изготовления сложных мостовых конструкций (рис. 2) методом 3D-печати продемонстрирована в статье [3].

В кампусе Бэйчэнь Хэбэйского технологического университета с использованием различных технических инноваций был построен напечатанный на 3D-принтере бетонный арочный мост с одним пролетом около 18 м. Как видно (рис. 3), эстетика и структурная точность напечатанного мостового пролета соответствуют строгим критериям [4].

Компания MX3D, чтобы показать возможности 3D-печати металлом, напечатала полностью функциональный мост из нержавеющей стали для пересечения одного из старейших и самых известных каналов в центре Амстердама, Oudezijds Achterburgwal [5]. Уникальный подход позволяет печатать на 3D-принтере прочные, сложные и изящные конструкции из металла (рис. 4). Цель проекта MX3D Bridge – продемонстрировать потенциальные возможности применения технологии многоосевой 3D-печати.

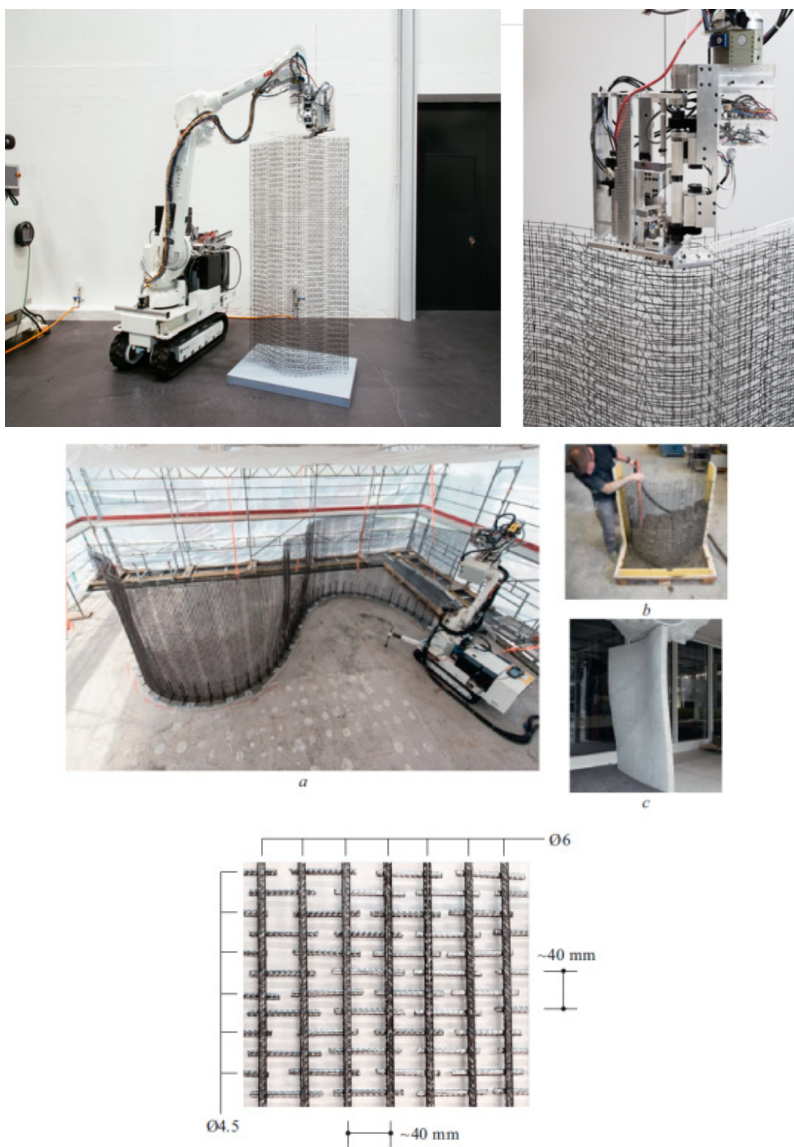


Рис. 1. Новый тип армирования для цифрового бетона [2]



Рис. 2. Сборный мост, изготовленный методом 3D-печати [3]



Рис. 3. Бетонный арочный мост, изготовленный методом 3D-печати [4]



Рис. 4. Металлический мост, изготовленный методом 3D-печати [5]

Результаты исследования в области изготовления изделий сложной формы из стекла приведены на ресурсе [6]. Технология «3D-печать стекла 2» (G3DP 2) позволяет использовать совершенно уникальные средства цифрового проектирования и изготовления изделий из стекла. Это высокоточная крупномасштабная технология аддитивного производства для 3D-печати оптически прозрачных стеклянных конструкций и архитектурных элементов (рис. 5).

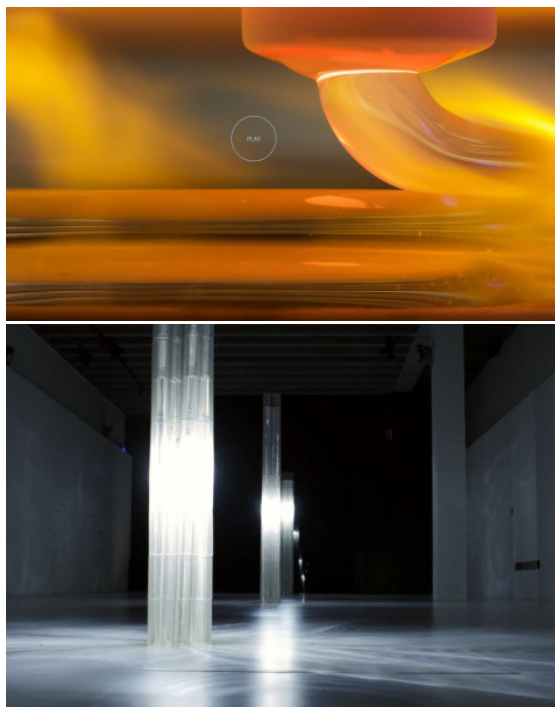


Рис. 5. Процесс 3D-печати стеклом и колонны из стекла [6]

Новый взгляд на глину в качестве строительного материала и ее использование в 3D-печати [7], также демонстрируют положительный результат и широкие возможности для принятия архитектурных решений при создании строительного объекта (рис. 6). Этот проект интересен еще тем, что в нем впервые в мире была скоординирована одновременная работа двух печатающих манипуляторов.



Рис. 6. Сооружения из глины, изготовленные методом 3D-печати [7]

В области 3D печати полимерами нельзя не отметить результаты исследований и их прикладной характер. В совместном проекте ZANA HADID ARCHITECTS и NAGAMI [8] Bow and Rise представлен дизайнерский стул из полимера, результат обширных непрерывных исследований, которые ZANA HADID ARCHITECTS проводит в области 3D-печати и экспериментов с материалами (рис. 7).

В проекте «THE THRONE» [9] демонстрируются возможности 3D-печати полимером изделий сверхбольшого размера и утилизации полимерных отходов в материал, который можно использовать в строительстве (рис. 8).

Библиографический анализ литературных источников по теме цифрового производства в строительстве показывает значительный рост их количества в последнее десятилетие [10]. В области софта, строительного материаловедения и смежных дисциплинах также ведется значительное количество исследований. Все вышеперечисленное создает ту совокупность технологических знаний, которая влияет на процесс формирования многих решений в процессе проектирования, в том числе и архитектурных.



Рис. 7. Дизайнерский стул из полимера, изготовленный методом 3D-печати [8]



Рис. 8. Изделие из полимерных отходов, изготовленное методом 3D-печати [9]

Потребность нового подхода в вопросах формировании архитектурных решений при использовании цифровых технологий возникает под влиянием ряда факторов:

- стремительный рост цифровой экономики;
- исследование, развитие и внедрение ИИ (искусственного интеллекта);
- рост урбанизации;
- снижение численности квалифицированных кадров;
- увеличение требований к качеству и другим потребительским свойствам конечного продукта, при этом эстетические свойства приобретают все больший вес;
- ограниченность ресурсов;
- рост экологических проблем.



В рамках исследования процессов влияющих на принятие архитектурных решений и НИОКР автором был реализован ряд проектов [11]. Один из них – проект параметрического архитектурного панно с хром-эффектом (рис. 9). Размеры панно высота 3200 мм, ширина 3720 мм. Глубина рельефа 135 мм, общая толщина 175 мм. Панно изготовлено методом фрезеровки на обрабатывающем центре с роборукой.

Другой проект - авторский стул с хром-эффектом, изготовленный на 3D-принтере методом послойного наплавления полимера (рис. 10). Габаритные размеры стула: высота 106 см, ширина 55 см, длина 65 см.



Рис. 9. Параметрическое панно с хром-эффектом



Рис. 10. Авторский стул с хром-эффектом

В процессе реализации проектов и изучения возможностей цифрового производства с точки зрения принятия архитектурных решений автором были сделаны следующие выводы:

1. Архитектурная выразительность изготовленных методами цифрового производства объектов находится на очень высоком эстетическом уровне и оправдывает надежды архитекторов и дизайнеров.

2. Массовость применения цифрового производства на отечественном рынке сдерживается осторожным подходом инвесторов и основных игроков на рынке недвижимости.

3. Драйвером служат компании и архитекторы, которые знакомы с возможностями современного цифрового производства.

4. Малоэтажное домостроение, будет являться драйвером развития этой области.

5. Современное искусство также будет площадкой, на которой изделия, изготовленные с применением цифрового производства, будут удивлять и радовать зрителей.

Следующий этап в цифровом производстве в строительстве это операция деятельности двух и более роботов и создание робототехнических комплексов на основе искусственного интеллекта.

К сдерживающим развитие цифрового производства факторам можно отнести следующие:

- недостаток финансирования для R&D у отечественных компаний;
- отсутствие инвесторов;
- отсутствие нормативной базы и конструкторских наработок.

При анализе внутренних и внешних факторов, которые оказывают различную степень воздействия на процесс формирования архитектурных решений, было выявлено, что количество таких факторов растет в настоящее время в геометрической прогрессии и они оказывают, как положительное, так и отрицательное влияние.

К этим факторам можно отнести материалы, технологии, нормативно-законодательная база, экономика проекта, и постоянно меняющиеся внешние макроэкономические факторы. При этом наблюдается дуалистическая природа воздействия этих факторов, каждый из них при определенных обстоятельствах может оказать, как положительное, так и отрицательное воздействие.

Возникает многофакторная бифуркативная модель, которая подтверждает наблюдение автора, что характер выбора архитектурного решения в настоящий момент все сильнее отходит от классического иерархического принципа и становится более подходящим под описание – *ризомного* [12]. Но, при этом остается одна на все времена цель – создание архитектурного объекта, удовлетворяющего эстетические и экономические запросы заказчика.

Наиболее рационально в такой ситуации, переложить анализ такого массива информации на систему с искусственным интеллектом, которая обеспечит архитектора ограниченным набором (двух-трех) наиболее оптимальных вариантов архитектурного решения. Таким образом, в задачу архитектора будет внести завершающие штрихи в творческую составляющую проекта.

#### **Литература**

1. Final Report Summary – DIGINOVA (Innovation for Digital Fabrication). URL: <https://cordis.europa.eu/project/id/290559/reporting> дата обращения: 31.01.2023).

2. Wangler T., Lloret E., Reiter L., Hack N., Gramazio F., Kohler M., Bernhard M. et al. Digital Concrete: Opportunities and Challenges. RILEM Technical Letters, 2017. Vol. 1, No. 1. P. 67–75. DOI: 10.21809/rilemtechlett.2016.16.
3. Asprone D., Menna C., Bos F.P., Salet T.A.M., Mata-Falcón J., Kaufmann W. Rethinking reinforcement for digital fabrication with concrete. Cement and Concrete Research. 2018. Vol. 112. P. 111–121. DOI: 10.1016/j.cemconres.2018.05.020.
4. Wang L., Ma G., Liu T., Buswell R., Li Z. Interlayer reinforcement of 3D printed concrete by the in-process deposition of U-nails. Cement and Concrete Research. 2021. Vol. 148. P. 106535. DOI: 10.1016/j.cemconres.2021.106535.
5. Сайт компании MX3D. URL: <https://mx3d.com/industries/infrastructure/mx3d-bridge> (дата обращения: 31.01.2023).
6. Сайт OXMAN. URL: <https://oxman.com/projects/glass-3d-printing> (дата обращения: 31.01.2023).
7. Сайт WASP. URL: <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-tecla/> (дата обращения: 31.01.2023).
8. Сайт MAGAMI. URL: <https://nagami.design/en/product/rise/> (дата обращения: 31.01.2023).
9. Сайт MAGAMI. URL: <https://nagami.design/en/project/the-throne/> (дата обращения: 31.01.2023).
10. Xiao B., Chen C., Yin X. Recent advancements of robotics in construction. Automation in Construction. 2022. Vol. 144. P. 104591. DOI: 10.1016/j.autcon.2022.104591.
11. Терентьева А. Парящий дом // Salon-Interior. 2023. № 2. С. 70–87.
12. Можейко М.А. Ризома. В кн.: Постмодернизм. Энциклопедия. Сост. и науч. ред. А. А. Грицанов, М. А. Можейко. Минск: Интерпрессервис; Книжный Дом, 2001. С. 656–660.

УДК 721.021

DOI: 10.23968/BIMAC.2023.040

**Бравков Сергей Владимирович**, магистрант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail: bravkov.s@yandex.ru*

Bravkov Sergey Vladimirovich, Master's degree student  
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

## **СВЯЗЬ РАСЧЕТНЫХ КОМПЛЕКСОВ И REVIT С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИЗУАЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ DYNAMO**

### **CONNECTION OF CALCULATION COMPLEXES AND REVIT USING DYNAMO VISUAL PROGRAMMING**

Автоматизация – это использование технологий для выполнения задач, которые в противном случае выполнялись бы людьми вручную. Благодаря автоматизации с использованием визуального языка программирования Dynamo, сложные процессы могут быть выполнены быстро и эффективно. В данной статье рассматривается возможность применения Dynamo скрипта для передачи значения настройки регулирующего клапана системы отопления из расчетного комплекса в Autodesk Revit, для экономии времени на рутинной работе и возможности фокусировать внимание на более важных аспектах проектирования инженерных систем здания.

*Ключевые слова:* Autodesk Revit, Dynamo, BIM-проектирование, ОВиК, автоматизация передачи данных в Revit.

Automation is the use of technology to perform tasks that would otherwise be performed manually by humans. Thanks to automation using the Dynamo visual programming language, complex processes can be performed quickly and efficiently. This article discusses the possibility of using a Dynamo script to transfer the setting value of the control valve of the heating system from the calculation complex to Autodesk Revit, to save time on routine work and the ability to focus on more important aspects of the design of building engineering systems.

*Keywords:* Autodesk Revit, Dynamo, BIM design, HVAC, automation of data transfer in Revit.

С развитием BIM моделирования (Building Information Modeling – «Информационное моделирование зданий») появляется стремительное распространение и интеграция в разные области строительства. Несмотря на непрерывное развитие программного обеспечения в компаниях

ВМ индустрии, невозможно учесть все детали и сделать это ПО универсальным для всех областей. Однако у пользователей ПО наблюдается нехватка инструментов, так как перед ними стоит слишком широкий спектр производственных задач. Решение данной проблемы стало предоставление пользователям возможности создавать собственные инструменты для своих задач с помощью методов визуальной разработки и кодирования на языках программирования [1].

Дунамо – это приложение для Revit, которое представляет собой среду для создания и запуска скриптов в адаптированной для инженера форме [2]. Автоматизация с помощью Дунамо дает ряд преимуществ для пользователей, работающих в инженерной сфере. Во-первых, она помогает оптимизировать процессы, поскольку обычные задачи, такие как внесение данных в информационную модель, занимают много времени у инженер-проектировщика и могут быть автоматизированы, что экономит время, затрачиваемое на ручной ввод или другие трудоемкие действия. Во-вторых, автоматизация задач повышает точность, поскольку исключаются ошибки, вызванные ручным вводом, что приводит к более надежным результатам. Наконец, использование средств автоматизации может привести к значительной экономии денежных средств за счет сокращения трудозатрат на проектирование систем по сравнению с традиционными методами.

Дунамо предоставляет специалистам в области инженерного проектирования эффективный способ создания мощных инструментов автоматизации, которые связывают вычислительные комплексы с Revit, повышая эффективность и снижая затраты, связанные с трудоемкими процессами. Создавая сценарии, способные автоматизировать расчеты, проектировщики могут экономить время и сосредоточиться на более важных аспектах проекта, таких как разработка принципиальных схем, проверка на соответствие проектируемых систем нормативным правилам и согласование видимых частей систем с заказчиком, а не на утомительный процесс по внесению данных из расчетных комплексов, например, Audytor CO или MagiCAD, в семейства отопительных приборов Revit.

Возможность дополнить функционал в ПК «Revit» для выполнения постоянных и однотипных задач, которые встречаются в каждом проекте, реализована с помощью визуального программирования, пользователю предоставляется возможность составить алгоритм в виде последовательности узлов. В качестве примера можно привести процесс суммирования двух чисел [3].

В первом ноде необходимо ввести два числа (ввод данных), во втором происходит суммирование двух чисел (действия по обработке) и в результате получаем сумму (вывод). В приложении Дупато можно создавать визуальные программы, определяя логическую последовательность операции путем соединения узлов проводами в рабочем пространстве [4]. Различные алгоритмы можно применять для широкого спектра задач – от обработки данных до создания геометрии, – и все это в реальном времени без написания единой строчки [5]. В каждом узле есть определенная заранее заданная логика. Например, существует узел, который принимает на вход экземпляр элемента модели и наименование параметра этого элемента. При запуске алгоритма, узел запросит значение из параметра в этом экземпляре и выведет его [1].



Рис. 1. Пример скрипта по суммированию двух чисел

Для рассмотрения возможности Дупато скрипта воспользуемся моделью Revit с 6 радиаторами.

Алгоритм работы со скриптом:

1. Создание исходной таблицы и экспорт в формат \*.xlsx (рис. 2, 3);
2. Сопоставление данных из стороннего расчетного комплекса Auditor CO (рис. 4) с данными из спецификации элементов модели Revit с использованием формулы «ВПР» в MS Excel (рис. 5);
3. Импорт итоговой таблицы в Revit с помощью скрипта (рис. 6);
4. Проверка корректной работы скрипта (рис. 7) (значения параметра «ADSK\_Настройка клапана» должны иметь значения больше 0 и быть равны расчётным значениям).

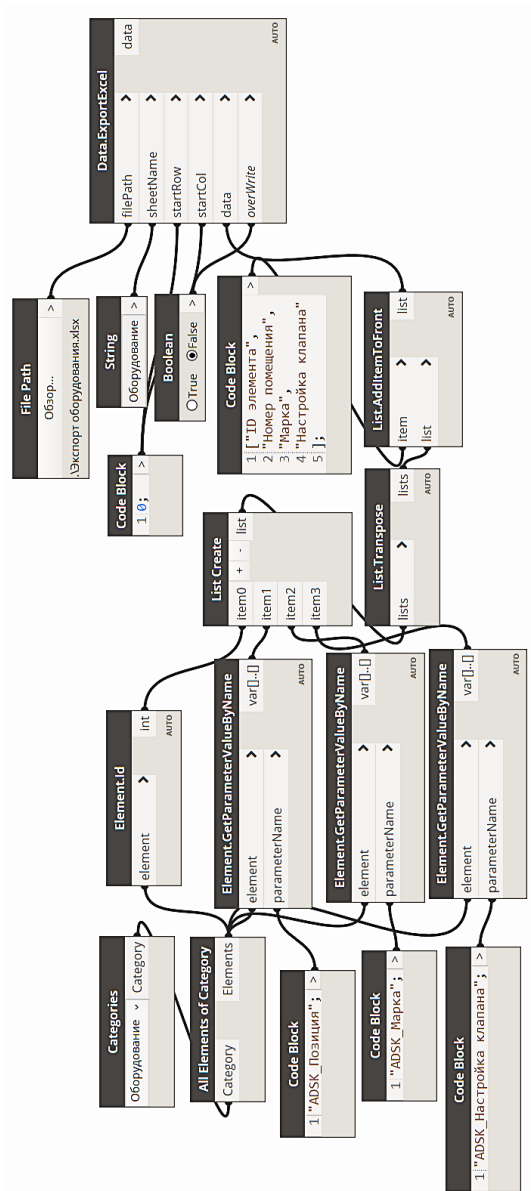


Рис. 2. Скрипт для создания и экспорта таблицы Excel

	A	B	C	D
1	ID элемента	Номер помещения	Марка	Настройка клапана
2	960639	1.1	CV 22 550 x 900	0
3	962048	1.2	CV 22 550 x 900	0
4	962088	1.3	CV 22 550 x 900	0
5	962116	1.4	CV 22 550 x 900	0
6	962144	1.5	CV 22 550 x 900	0
7	962172	1.6	CV 22 550 x 900	0

Рис. 3. Исходная таблица Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Арматура СО											
2	Сис	Тип	Помещение	Символ	dn	Настройка	ФНЛ	M	Q	kv	Др	
3		ар.			мм		Вт	kg/c	л/мин	м3/ч	Па	
4			1.1	TR-N	15	6	1200	0,018	1,1	1,465	208	
5			1.2	TR-N	15	5	1200	0,018	1,1	1,465	213	
6			1.3	TR-N	15	4	1200	0,018	1,1	1,465	209	
7			1.4	TR-N	15	4	1200	0,018	1,1	1,465	209	
8			1.5	TR-N	15	3	1200	0,018	1,1	1,521	189	
9			1.6	TR-N	15	2	1200	0,018	1,1	1,521	189	
10												

Рис. 4. Пример расчётных параметров

D2

:

✕
✓
fx

=ВПР(B2;Данные!\$D\$4:\$G\$9;4;0)

	A	B	C	D
1	ID элемента	Номер помещения	Марка	Настройка клапана
2	960639	1.1	CV 22 550 x 900	6

Рис. 5. Пример формулы ВПР в Excel для сопоставления данных



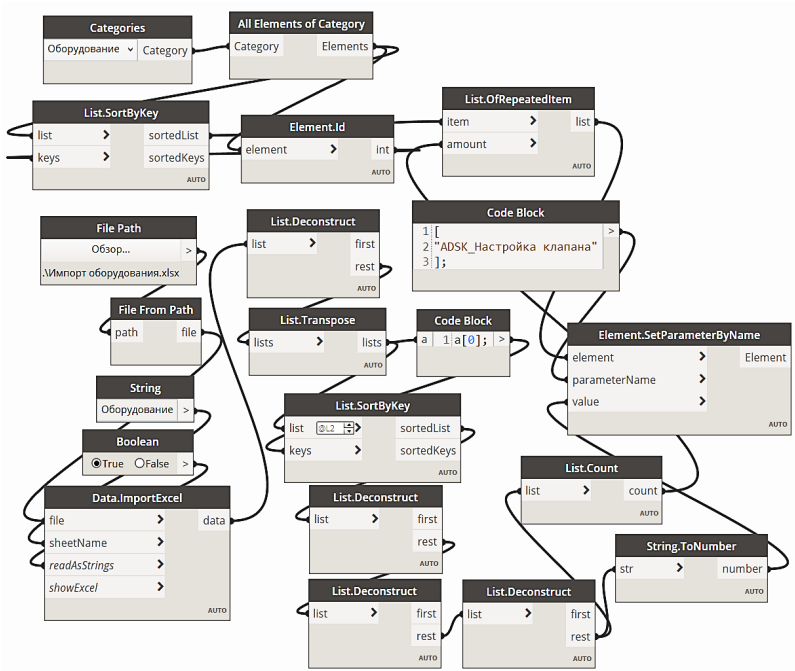


Рис. 6. Скрипт для импорта данных из Excel в Revit

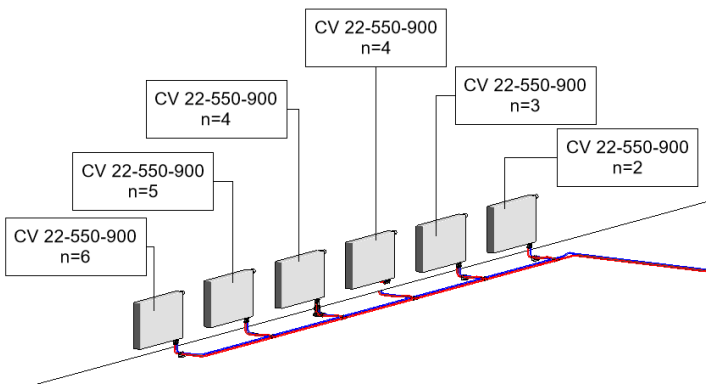


Рис. 7. Результат работы Дупано-скрипта

В этой статье было показано, как автоматизация процессов с помощью Дупато в Revit может снизить трудоемкость. Для примера можно рассмотреть 20-ти этажную офисную башню с 100 внутриспольными конвекторами. Общее количество отопительных приборов составит 2000 штук, на добавление параметра настройки клапана для одного отопительного прибора вручную понадобится 5 секунд, на все здание 2,78 часа, коэффициент трудоемкости составит 0,00139 человеко-часы/штуки. В случае применения Дупато скрипта понадобится 10 минут или 0,167 часа, коэффициент трудоемкости составит 0,0000835 человеко-часы/штуки. Таким образом, скрипт Дупато увеличивает производительность в 16,65 раз.

Можно с уверенностью заявить, что данное решение снизит количество ресурсов и время на подготовку проектной документации инженерных систем, сделав процесс проектирования более эффективным и экономичным, повысив при этом точность за счет устранения ошибок ручного ввода, которые часто возникают при использовании традиционных методов.

#### **Литература**

1. Дивин Н.В., Дьяков С.Ф., Савченко А.В. Программирование как метод автоматизации ПК Revit // ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: матер. IV Междунар. научно-практ. конф. Под общ. ред. А. А. Семенова. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 127–133. DOI: 10.23968/ВМАС.2021.016. EDN: VJDQOH.
2. Георгиев Н.Г., Шумилов К.А. О комплексном применении пакетов визуального программирования в ВМ // ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: матер. IV Междунар. научно-практ. конф. Под общ. ред. А. А. Семенова. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 106–112. DOI: 10.23968/ВМАС.2021.013. EDN: ICKQVX.
3. Блог Вадима Муратова. URL: <http://dzen.ru/media/muratovbim/dynamo-instrukciia-dlia-novichkov-5e58e91c11b0ea436ee2e185> (дата обращения: 19.02.2023).
4. Официальный сайт Dynamo. URL: <http://dynamobim.org> (дата обращения: 19.02.2023).
5. URL: <https://primer.dynamobim.org/> (дата обращения: 24.02.2023).

УДК 721.02

DOI: 10.23968/ВІМАС.2023.041

**Горбачева Юлия Анатольевна**, студент  
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)  
E-mail: [gorbacheva.yulia@mail.ru](mailto:gorbacheva.yulia@mail.ru)

Gorbacheva Yulia Anatolyevna, student  
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

## **ЭКСПЕРТИЗА ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, РАЗРАБОТАННОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

### **THE EXPERT REVIEW OF DESIGN DOCUMENTATION WITH USING BIM TECHNOLOGIES**

В статье рассмотрена тема применения BIM-технологий в строительной отрасли РФ и экспертизы проектной документации, разработанной с использованием технологий информационного моделирования. Перечислены основные нормативно-правовые акты, регулирующие применение технологий информационного моделирования в РФ. Рассмотрен процесс прохождения экспертизы BIM-модели на примере строительной отрасли города Москвы в части строительства объектов, реализуемых в рамках Адресной инвестиционной программы города Москвы. Отмечены требования государственной экспертизы к цифровой информационной модели. Произведен анализ исследований и статистических данных. Определены основные проблемные вопросы при прохождении экспертизы BIM-модели.

*Ключевые слова:* BIM-технологии, технологии информационного моделирования, экспертиза проектной документации, информационное моделирование зданий, цифровая информационная модель, строительство.

The article discusses the topic of the use of BIM technologies in the construction industry of the Russian Federation and the expert review of design documentation with using information modeling technologies. The main regulatory legal acts regulating the use of information modeling technologies in the Russian Federation are listed. The process of passing the BIM-model expert review is considered by example of the construction industry of Moscow in terms of the construction of facilities implemented within the framework of the Targeted Investment Program of Moscow. The requirements of the state expert review to the digital information model are noted. The analysis of research and statistical data is carried out. The main topical issues of the expert review of the BIM model are identified.

*Keywords:* BIM technologies, building information modeling, expert review of design documentation, information modeling of buildings, digital information model, construction.

Непрерывная модернизация строительной отрасли и внедрение в нее информационных технологий приводят к появлению новых вопросов и проблем, требующих поиска решений.

На основании Постановления Правительства РФ от 5 марта 2021 года № 331 применение технологий информационного моделирования на объектах государственного заказа стало обязательным для всех объектов капитального строительства по договорам, заключенным после 1 января 2022 года.

Данное решение ведет к необходимости перестройки существующего порядка работы различных структур – от технического заказчика и проектировщика до экспертизы проектной документации.

Количество выдаваемых заключений государственной экспертизой достигает десятков тысяч. Согласно данным Единого государственного реестра заключений экспертизы проектной документации объектов капитального строительства в 2022 году было выдано 21 864 заключения, из них 21 549 – положительные [1]. В связи с этим, вопрос проведения экспертизы ВІМ-моделей становится крайне актуален.

Целью данного исследования является анализ процесса разработки и экспертизы ВІМ-модели, а также определение проблемных вопросов, возникающих при прохождении экспертизы информационной модели.

Внедрение ВІМ (Building Information Modeling) в строительную отрасль, является предметом обсуждения и исследований многих ученых.

Основные преимущества и недостатки ВІМ-моделирования в России рассмотрены в исследовании А. С. Соловьевой [2]. Отмечено, что на начальном этапе перехода к информационному моделированию требуется значительное увеличение материальных затрат. Высокая потребность в квалифицированных кадрах и недостаток необходимых программных продуктов оказывают значительное влияние на распространение и доступность ВІМ-технологий.

В своем исследовании Р. Р. Аминов рассмотрел нормативное регулирование ВІМ при прохождении государственной экспертизы проектной документации. Несмотря на широкое распространение информационных технологий в строительной отрасли и многократное использование термина «информационная модель» в нормативных актах, конкретные требования к составу и формату информационной модели не утверждены законодательством РФ и формируются органами государственной власти в каждом регионе [3].

В статье В. Д. Мицевича исследованы барьеры для применения технологий информационного моделирования в РФ. Отмечено,

что менее 10 % строительных организаций в РФ используют BIM, а ключевым препятствием является увеличение объема необходимых инвестиций [4].

Несмотря на большое количество научных исследований на тему использования технологий информационного моделирования, вопрос экспертизы проектной документации, разработанной с применением BIM, в настоящий момент раскрыт недостаточно.

Акцент в данной статье сделан на особенности внедрения BIM в РФ, в частности в части объектов, реализуемых в рамках Адресной инвестиционной программы города Москвы.

Внедрение информационного моделирования стало основанием для внесения изменений в нормативно-правовую базу РФ.

В целях закрепления BIM на законодательном уровне были внесены изменения в том числе в Градостроительный кодекс РФ. Федеральным законом от 27.06.2019 № 151-ФЗ было введено понятие «информационная модель объекта капитального строительства».

Изменения, внесенные в нормативные документы и правовые акты, оказали значительное влияние на экспертизу проектной документации.

В 2021 году по 21 объекту, финансируемому за счет Адресной инвестиционной программы города Москвы, было получено заключение государственной экспертизы с применением информационных технологий. К концу 2022 года было запланировано прохождение экспертизы с применением BIM по 67 объектам, 15 объектов находились на стадии строительно-монтажных работ, и 2 объекта на стадии эксплуатации [5].

С каждым годом количество объектов, требующих прохождения экспертизы информационной модели, будет расти.

На сегодняшний день прохождение основной экспертизы проектной документации организовано в прежнем порядке. Экспертиза BIM-модели производится в качестве дополнительной услуги как экспертное сопровождение формирования и ведения информационной модели объекта.

Подготовка требований к цифровым информационным моделям, предоставляемым для экспертизы, производится органами исполнительной власти субъектов РФ на основании существующих нормативных документов.

Разработка информационной модели ведется с использованием различного программного обеспечения, такого как Autodesk Revit или отечественных аналогов Renga Software или Model Studio CS. Загрузка модели в экспертизу производится в едином формате – IFC, разработанном для упрощения взаимодействия в строительной отрасли.

При заключении договора между техническим заказчиком и проектировщиком требования к информационной модели объекта капитального строительства включаются в задание на проектирование.

В Москве информационная модель объекта выполняется в соответствии с Приказом от 09.09.2020 № МКЭ-ОД/20-45. В формате цифровой модели представляются следующие проектные решения: планировочная организация земельного участка, архитектурные решения, конструктивные решения, инженерные системы и оборудование здания (см. рис.).

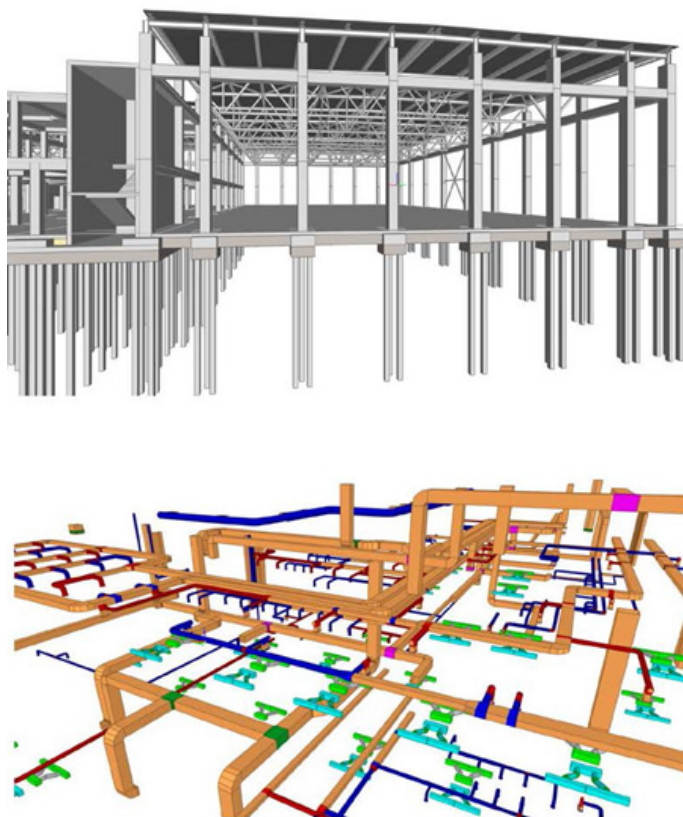


Рис. 1. Информационная модель разделов КР и ОВиК по объекту «Спортивный комплекс по адресу: ул. Остафьевская, к. «Г» в г. Москве

Пример обозначения цифровых информационных моделей для прохождения экспертизы представлен ниже (см. табл.).

**Цифровые информационные модели по объекту  
«Физкультурно-оздоровительный комплекс по адресу:  
ул. Павла Корчагина, вл. 7» в г. Москве**

№ ЦИМ	Обозначение	Описание
1	0002-22_K01_C0_БФ_R22.rtv	Базовый координационный файл
2	0002-22_K01_C0_АР_П_R22.ifc	ЦИМ архитектурно-планировочных решений
3	0002-22_K01_C0_КР_П_R22.ifc	ЦИМ конструктивных объемно-планировочных решений
4	0002-22_K01_C0_ВВ_П_R22.ifc	ЦИМ внутренних систем водоснабжения и водоотведения
5	0002-22_K01_C0_ОВ_П_R22.ifc	ЦИМ вентиляции и кондиционирования воздуха
6	0002-22_K01_C0_О_П_R19.ifc	ЦИМ системы отопления и теплоснабжения

Состав моделей может варьироваться в зависимости от объекта, его наполнения и общей площади.

Главное преимущество экспертизы BIM-модели – это определение коллизий. Их выявление на этапе проектирования повышает эффективность строительно-монтажных работ и снижает риск возникновения непредвиденных затрат.

На сегодняшний день разделы по наружным инженерным сетям и сводный сметный расчет не включаются в информационную модель при прохождении экспертизы. Также не осуществляется привязка календарного графика строительно-монтажных работ. Поэтому несмотря на обязательное использование BIM при проектировании объектов государственного заказа, переход к 4D и 5D-моделированию не осуществлен.

Получение дополнительного заключения по BIM-модели увеличивает стоимость договора на проектно-изыскательские работы в соответствии с методическими рекомендациями по расчету стоимости проектирования объектов капитального строительства МРР-12.1.02-22. Однако

данное повышение стоимости незначительно, из чего следует, что необходимость увеличения человеческих ресурсов и времени на разработку документации на начальном этапе перехода к информационному моделированию не учитываются.

При завершении строительного-монтажных работ и корректировке проектной документации для получения заключения о соответствии построенного объекта проектной документации и разрешения на ввод объекта в эксплуатацию, необходимо повторное прохождение экспертизы не только проектной документации, но и ВІМ-модели.

В результате проведенного исследования следует выделить несколько проблемных вопросов, возникающих при разработке и экспертизе информационной модели.

1. Полноценная разработка проектной документации с ВІМ требует соответствующего программного обеспечения. В настоящий момент отечественного программного обеспечения недостаточно, поэтому нередко проектные организации используют зарубежные программные продукты.

2. Обязательное условие по разработке информационной модели в задании на проектирование уменьшает востребованность в участии проектировщика в конкурсе на разработку проектной документации по объектам государственного заказа в связи с незначительным увеличением стоимости контракта.

3. Недостаточность квалифицированных кадров.

4. Отсутствие детально проработанной нормативно-правовой базы в части разработки ВІМ-модели.

5. Включение неполного перечня разделов проектной документации в цифровую информационную модель. Наружные инженерные сети не входят в состав необходимых разделов для разработки ВІМ-модели в задании на проектирование и не рассматриваются в экспертизе. В настоящий момент геоподоснова выдается в формате 2D, в связи с чем технический заказчик не может выдать проектировщику исходные данные в ином формате, поэтому разработка документации по данным разделам в ВІМ не производится.

6. Необходимость дублирования работы проектировщиком в части подготовки проектной документации согласно постановлению Правительства РФ от 27.05.2022 № 87 и разработки информационной модели.

По состоянию на начало 2023 года ведется активная работа по внедрению и применению ВІМ-технологий в строительной отрасли РФ и закреплению на законодательном уровне. Однако, данный процесс находится на начальном этапе.



Работа проведена в рамках реализации проекта «Инновационная методика формирования цифровых профессиональных компетенций обучающихся и специалистов строительной отрасли» на базе Федеральной инновационной площадки ФГБОУ ВО СПбГАСУ.

### Литература

1. Единый государственный реестр заключений экспертизы проектной документации объектов капитального строительства. URL: <https://egrz.ru/organisation/geestr/latest> (дата обращения: 17.02.2023).
2. Соловьева А.С. BIM технологии в России // Инновации. Наука. Образование. 2020. № 22. С. 180–186. EDN: VIAEEW.
3. Аминов Р.Р. Нормативное регулирование BIM-технологий, прохождение Госэкспертизы // Инженерный вестник Дона. 2021. № 2(74). С. 20–28. EDN: AMDCIV.
4. Мицевич В.Д. Барьеры для применения BIM-технологий в РФ // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2021. № 6. С. 164–166. DOI: 10.23672/u7598-1987-0597-k. EDN: DPGUND.
5. MOS ТИМ-Форум. Технологии, бизнес, государство. Презентационный материалы спикеров. URL: <https://amethystgroup.ru/page31904829.html> (дата обращения: 13.02.2023).

УДК 721.02

DOI: 10.23968/BIMAC.2023.042

**Гусьяков Даниил Игоревич**, студент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail: danilgoosee@gmail.com*

Gusyakov Daniil Igorevich, student

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

## **ПРИМЕНЕНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА И РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ**

### **THE USE OF BIM TECHNOLOGIES IN THE ORGANIZATION OF MAJOR REPAIRS AND RECONSTRUCTION OF BUILDINGS**

Статья посвящена анализу использования BIM-технологий в работах по капитальному ремонту и реконструкции зданий. В ходе исследования были сформулированы и обоснованы основные преимущества информационных технологий при проведении работ в конкретном направлении строительства, а также выполнен анализ нормативных документов по заявленной теме исследования. Особое внимание было уделено возможностям перспективной технологии 4D-моделирования. Были затронуты основные проблемы внедрения BIM-технологий, а в заключении сформулирована и обоснована необходимость дальнейшего развития BIM-технологий в России.

*Ключевые слова:* BIM, информационные технологии, реконструкция, капитальный ремонт, 3D-модель, 4D-модель.

The article is devoted to the analysis of the use of BIM technologies in the work on capital repairs and reconstruction of buildings. In the course of the study, the main advantages of information technologies were formulated and justified when carrying out work in a specific direction of construction, as well as an analysis of regulatory documents on the stated research topic was carried out. Special attention was paid to the capabilities of the promising 4D modeling technology. The main problems of the introduction of BIM technologies were touched upon, and in conclusion, the need for further development of BIM technologies in Russia was formulated and justified.

*Keywords:* BIM, information technology, reconstruction, overhaul, 3D model, 4D model.

На данный момент одним из основных векторов развития сферы строительства является направление BIM-моделирования. Building Information

Modeling (BIM) – информационное моделирование зданий – является технологией в сфере проектирования, по своему замыслу основанной на создании виртуальной 3D-модели объекта строительства из заранее выполненных семейств, которые представляют собой компоненты объекта, несущие в себе различную информацию, такую как геометрические параметры, стоимость, производителя и другие.

Вопрос о применении BIM-технологий в строительной отрасли до сих пор имеет множество предметов изучения. Так, например, если целесообразность внедрения BIM-моделей в новое капитальное строительство давно сформулирована, однако, тем не менее, продолжает становиться предметом исследования, то вопрос о применении информационных технологий при организации капитального ремонта и реконструкции объектов требует дальнейшего изучения.

Так, К. В. Чубарова в своем совместном исследовании с Д. М. Тальниковым [1], поднимает вопрос целесообразности внедрения BIM при проведении работ по капитальному ремонту и реконструкции зданий. Автор отмечает, что BIM-технологии, при всей неоднозначности их применения к уже существующим объектам строительства, помогают в определении рентабельности капитального ремонта, а также служат удобным инструментом отображения дефектов и визуализации выполненных работ.

О других возможных проблемах, связанных с внедрением BIM конкретно в Российской Федерации, упоминает в своей работе Д. Е. Новик [2]. По его мнению, основанному на логических рассуждениях, переход на информационное моделирование гораздо более сложный процесс, нежели просто замещение инструментов классической разработки строительной документации. Этот процесс завязан на куда более глобальных процессах, например, адаптации работников отрасли и потребности в больших финансовых средствах.

Однако, несмотря на серьезные барьеры, в разной степени осложняющие повсеместное внедрение BIM-моделирования, государство ведет активную работу в этом направлении. В подтверждении этого тезиса в работе З. У. Кужаковой [3] была проанализирована вся нормативная база в области информационного моделирования. Автором был сделан вывод о динамичном развитии с 2017 года законодательной базы, целью которой является создание подосновы для дальнейшего развития строительной отрасли в нашей стране.

BIM-технологии пришли в Россию из-за границы, где начали свое развитие гораздо раньше. Поэтому важно рассмотреть перспективы, которые в будущем лишь предстоит прочувствовать отечественному бизнесу.

Этим вопросом в своей статье задается В. В. Ильинова. На основе мирового опыта можно утверждать, что внедрение информационного моделирования позволяет уменьшить стоимость проектов на 5–10 %, количество допущенных ошибок на 40 %, а времени на проектирование от 20 до 50 %. Эти цифры говорят о перспективности ВІМ и должны мотивировать бизнес на более активные действия, для достижения показателей западных коллег [4].

Возвращаясь к вопросу о применении ВІМ в конкретном направлении строительства, нельзя не остановиться на научной работе Т. В. Кочетковой [5]. В данной работе были сформулированы инструменты и их преимущества, за счет которых можно добиться практической пользы информационного моделирования при проведении работ по капитальному ремонту и реконструкции объектов. Такими инструментами являются набирающие популярность наземные сканеры и шумевшие «беспилотники». С их помощью открывается возможность к снижению погрешности в измерениях при обмерных работах, на основе данных которых выполняется проектная документация. Это приводит к минимизации изменений при осуществлении строительно-монтажных работ, что в свою очередь приводит к экономии денежных средств.

Несмотря на наличие научных исследований по сформулированной теме, остаются вопросы, которые необходимо рассмотреть более подробно.

Мощнейшим толчком, стимулировавшим начало внедрения ВІМ-технологий в России, стало Постановление Правительства РФ № 331. Этот документ предполагал обязательное использование информационных моделей для объектов, финансируемых за счет государства. Он распространял свое действие не только на объекты нового капитального строительства, но и на реконструкцию зданий. Вследствие чего многие даже небольшие компании были вынуждены приобретать лицензированные инструменты ВІМ, самым популярным среди которых стал Autodesk Revit. Однако из-за тяжелой экономической ситуации в стране, его окончательное введение неоднократно переносилось. Это обстоятельство сыграло свою роль, и малые коллективы, например, не имеющие достаточного опыта в работе с новыми технологиями, предпочли не отходить от «классического» 2D-проектирования, во избежание больших экономических проблем помимо уже потраченных средств на покупку официальных версий программного обеспечения.

На данный момент в нашей стране формирование проектной документации осуществляется на основе требований, изложенных

в Постановлении правительства РФ от 16.02.2008 N 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию». После чего, во многих случаях, документация проверяется государственной экспертизой. Так, например, «Центр государственной экспертизы» г. Санкт-Петербурга, осуществляет и такие услуги и, более того, в 2015 году первым заявил о готовности полного перехода на BIM. Этот факт говорит о возможности успешной работы в информационной среде.

В противовес этому стоит отдельно упомянуть требования технических заданий и на разработку проектов и по капитальному ремонту, и СТО фондов, согласно которым сдавать на проверку документацию необходимо в формате dwg, что ставит под вопрос рентабельность и удобство выполнения таких работ с помощью 3D-моделирования.

Для обоснования целесообразности дальнейшего развития существующих нормативных актов для применения BIM-моделей при разработке проектов по реконструкции и капитальном ремонте стоит подробнее остановиться на возможностях, которые открываются специалистам строительной отрасли активно их использующих.

Не секрет, что при создании проектов с целью экономии времени, при условии возможности их использования, проектировщики стараются использовать уже готовые, наработанные конструкции и узлы к ним. Поэтому важным моментом является подсчет материалов, которые при стандартном 2D-проектировании чаще всего осуществляется вручную, что приводит к частым ошибкам в объемах, вызванные человеческим фактором. Именно поэтому, часто при начале строительно-монтажных работ, выясняется несоответствие разработанных на стадии проекта ведомостей объемов работ.

Инструменты BIM-моделирования, в свою очередь, позволяют автоматизировать этот процесс, сведя возможные ошибки к минимуму, а также позволяя точнее формировать сметы. Кроме того, разработав часто встречающиеся конструкции в качестве файлов семейства проекта (расширение RFA), добавление их в новый проект (расширение RVT), даже при условии необходимости их редактирования, не составляет труда, что также облегчает и ускоряет процесс выполнения работ. С этой целью крупными производителями строительных материалов и конструкций были созданы семейства или даже плагины, включающие в себя множество компонентов для самых популярных BIM-программ. При выборе между несколькими равными по техническим характеристикам материалами предпочтение, конечно, будет отдано уже готовым.

Другой полезной функцией как на этом этапе, так и на протяжении разработки всего проекта является возможность проверки всей модели на коллизии. Это особенно актуально при проектировании инженерных систем или производства работ в районе их расположения.

Рассматривая современные информационные технологии в строительстве, нельзя не остановиться подробнее на технологии 4D-моделирования, которая также может с пользой применяться для проектов реконструкции и капитального ремонта. 4D является новой, только пробившейся на рынок технологией. Она представляет собой синтез 3D-модели и календарно-сетевое графика работ, открывая тем самым четвертое – временное измерение.

Стоит обратить внимание, что работы по реконструкции и капитальному ремонту, как правило, проводятся в стесненных условиях городской застройки и почти всегда осложняются постоянным потоком жителей и пользователей объекта. Кроме того, легко подчеркнуть возможности, открываемые благодаря использованию 4D-технологий, на примере социально значимых объектов. При проведении работ по капитальному ремонту школьных учреждений, больниц и т.п. важную роль играют сроки работ и грамотное размещение временного городка, склада материалов и кранов.

Сейчас календарные графики производства работ, включенные в раздел ПОС при реконструкции, и ПОКР при капитальном ремонте, как правило, не отражают действительность, составляется неточно и оформляются в среде AutoCAD или Excel, которая не позволяет раскрывать при этом всей точности составленного плана работ.

С этой задачей, благодаря визуализации процесса проведения строительно-монтажных работ, отлично справляется предложенный инструмент. Кроме того, помимо возможности поиска оптимальных организационных и управленческих решений, которым обладает инструмент 4D-моделирования, он способен к вычислению пространственно-временных коллизий и постоянном мониторинге действующих опасных зон.

Внедрение ВМ-технологий осложняется множеством различных факторов, основными из которых являются: высокие инвестиции внедрения при отсутствии понимания и проблемах выявления экономического эффекта, сложность перехода, малое количество специалистов. Отдельно хочется затронуть сложившуюся экономическую ситуацию конкретно в нашей стране, которая, несомненно, сильно ударила по ВМ-отрасли, значительно увеличив срок достижения планируемых до кризиса результатов.

С другой стороны, она позволила обратить внимание российских пользователей на отечественные разработки, которые в условиях открытой конкуренции с мировыми лидерами стояли на втором плане.

Говоря о целесообразности внедрения BIM в проекты на стадии эксплуатации объекта, то, конечно, они уступают в эффективности новому строительству, так как плюсы автоматизации хорошо видны при больших объемах. Однако даже те немногие преимущества, рассмотренные в рамках этого исследования, могут стать причиной внедрения информационного моделирования с целью получения экономической выгоды. Как мы видим, количество проектов, реализованных в BIM-среде, растет с каждым годом и становится общей тенденцией развития строительства по всему миру, обрастая примерами использования в том числе в проектах по реконструкции и капитальному ремонту, в которых, на первый взгляд, использовать их нецелесообразно. Стоит отметить, что примеров успешной реализации проектов по капитальному ремонту и реконструкции с последующим их изучением и систематизацией результатов мало, что говорит о необходимости дальнейшего изучения этого вопроса. Но несмотря на это, по уже реализованным объектам, можно судить о положительных результатах использования современных информационных технологий.

#### Литература

1. Чубарова К.В., Тальников Д.М. Перспективы использования BIM при капитальном ремонте и реконструкции зданий // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Матер. IV Междунар. научно-практ. конф. Под общ. ред. А. А. Семенова. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 419–425. DOI: 10.23968/VIMAC.2021.052. EDN: CRYYSK.
2. Новик Д.Е. Проблемы внедрения BIM в России // Актуальные вопросы строительства: взгляд в будущее: Сб. науч. статей по матер. Всеросс. научно-практ. конф. Красноярск: СФУ, 2022. С. 259–264. EDN: PZEMSK.
3. Кужакова З.У., Байбурун А.Х. Обзор нормативной документации в области BIM-моделирования в Российской Федерации // Вестник ЮУрГУ. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Т. 20, № 3. С. 70–79. DOI: 10.14529/build200309. EDN: TJIHUS.
4. Ильинова В.В., Мицевич В.Д. Международный опыт использования BIM-технологий в строительстве // Российский внешнеэкономический вестник. 2021. № 6. С. 79–93. DOI: 10.24412/2072-8042-2021-6-79-93. EDN: XWHWUJ.
5. Кочеткова Т.В. Информационное моделирование при реконструкции, технологическом перевооружении и капитальном ремонте объектов капитального строительства // Современные инновации. 2020. № 3(37). С. 59–61. EDN: IDNZTO.

**УДК 698+004.94**

**DOI: 10.23968/BIMAC.2023.043**

**Евсыгина Валерия Александровна**, магистрант

(Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова)

*E-mail: vaevsyagina@gmail.com*

**Дмитриева Наталья Николаевна**, канд. архит., доцент

(Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова)

*E-mail: kelcha@yandex.ru*

Evsyagina Valeria Alexandrovna, Master's degree student

(Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

Dmitrieva Natalia Nikolaevna, PhD in Arch., Associate Professor

(Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

## **ПРОВЕРКА ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА СООТВЕТСТВИЕ НОРМАТИВНЫМ ДОКУМЕНТАМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

### **VERIFICATION OF PROJECT DOCUMENTATION FOR COMPLIANCE WITH REGULATORY DOCUMENTS USING DIGITAL TECHNOLOGY**

С развитием цифровых технологий в строительстве происходит развитие систем автоматизации проектирования и сетевой интеграции, позволяющей координировать потоки ресурсов для осуществления текущих строительных проектов и обеспечивать наиболее эффективные режимы эксплуатации зданий и сооружений в течение ближайших десятилетий. В работе рассматривается разработка алгоритма проверки проектируемого объекта на соответствие нормативным документам, что является важной составляющей процесса проектирования. Необходимо проводить постоянный контроль процесса проектирования для устранения ошибок и недочетов, которые в будущем могут повлиять на положительное заключение экспертизы и непосредственный процесс строительства объекта. Сделаны выводы, что за счет использования плагина (дополнения) к программам для проектирования будет реализован процесс проверки проектной документации на соответствие цифровой модели нормативным документам. Организация данного процесса и пополнение информационных баз данных на основе оптимальных проектно-технологических и управленческих решений позволит повысить эффективность процесса создания цифровой модели здания (сооружения) и нахождения в ней ошибок на этапе проектирования.

*Ключевые слова:* строительство, проверка, нормативные документы, система управления, проектирование, алгоритм, BIM, цифровая модель, процесс.



With the development of digital technologies in construction, the development of design automation and network integration systems takes place, to coordinate resource flows for ongoing construction projects and to provide the most efficient facilities management regimes in the coming decades. The article considers development of algorithm of testing of the planned object for compliance with normative documents, which is an important component of the design process. Continuous monitoring of the design process is required to address errors and deficiencies that may affect the future approval of the expertise and the immediate construction of the facility. It is concluded that by using the plugin (add-on) to the software for design the process of verification of the project documentation for compliance of the digital model with normative documents will be realized. The organization of this process and the replenishment of information databases on the basis of optimal design and technological and management solutions will allow to increase the efficiency of the process of creation of a digital model of a building (construction) and its detection of errors at the design stage.

*Keywords:* construction, verification, regulatory documentation, management system, design, algorithm, BIM, digital model, process.

Современную жизнь человека XXI века трудно представить без цифровых технологий [1]. Строительная отрасль не является исключением. В данной сфере большое количество компаний старается внедрить новые методы проектирования и автоматизировать процессы.

Одним из важных этапов является разработка объекта на стадии проектной документации, когда встает выбор, какими строительными нормами и правилами необходимо руководствоваться. На этапе проектирования принимаются основные решения, которые необходимо проверять на корректность использованных данных, чтобы исключить ошибки, влияющие в результате на качество и безопасность конечного продукта строительства.

Строительный объект обычно характеризуется геометрическими размерами, техническими показателями и некоторыми другими элементами, определяющими конкретные требования, которым он должен соответствовать. Поэтому на стадиях проектирования для создания правильной модели объекта и отслеживания ошибок проектировщики и строительные компании прибегают к использованию системы BIM-технологий [2]. Использование BIM-технологий позволяет существенно облегчить координацию управления материальными и информационными потоками при проектировании и строительстве объекта.

Существуют стандарты проектирования, которым должен соответствовать объект строительства. Они декларируются для каждого типа и размера возводимого объекта. Из-за большого количества

строительных норм существуют разные требования, которые могут иметь одинаковое значение, в частности, в таких сводах правил (СП), как СП 54.13330.2022 и СП 1.13130.2020 (эти нормативные документы являются одними из главных при проектировании жилых зданий). Например, при проектировании ограждений в лестничной клетке шириной 1,05 м, в СП 54.13330.2022 п.6.4.5. сказано следующее: «Лестничные марши и площадки внутренних лестниц должны иметь ограждения с поручнями высотой не менее 0,9 м, а при наличии зазора между маршами или ограждениями лестниц более 0,12 м (в свету по горизонтали) – 1,2 м.», а в пункте 4.3.5 СП 1.13130.2020: «... В зданиях с возможным пребыванием детей, при наличии просвета между маршами лестниц 0,3 м и более, а также в местах опасных перепадов (1 м и более) высота указанных ограждений должна предусматриваться не менее 1,2 м». То есть, в данном случае происходит противопоставление нормативных документов, и в этот момент проектировщику приходится тратить достаточно много времени, чтобы найти и принять решение, какой СП стоит использовать.

На основе появления новых нормативно-правовых документов, стандартов, регламентирующих схожие требования, в архитектурных бюро/компаниях создаются и дополняются наборы параметров для проектирования, которые дописываются программистами и проектировщиками. Последствия этого отражаются в низком качестве работы, а итоговый проектный продукт содержит множество коллизий, которые приводят к частым изменениям уже в процессе непосредственного строительства объекта.

Поэтому, с целью сокращения времени поиска, получения и применения необходимой информации из строительных норм, может быть разработан алгоритм проверки проектной документации на соответствие стандартам. Он поможет корректировать процесс проектирования на каждом этапе, обеспечивая соответствие принятым строительным нормам и стандартам.

Внедрение системы проверки проектной документации на соответствие нормативным документам с использованием цифровых технологий имеет ряд преимуществ:

1. Снижение времени на проверку соответствия нормативным документам.
2. Нахождение необходимых документов для соответствующего типа и размера проектируемого объекта.

3. Своевременное обнаружение несостыковок в проектной документации.

4. Улучшение координации работы специалистов различных групп в проектной организации.

5. Нахождение внутренних или внешних отклонений, которые могут уменьшить количество потенциальных переделок на различных этапах проектирования [3].

В настоящее время для проектирования зданий и сооружений используется большое количество программных продуктов. Большую распространенность имеет Revit, но часть архитектурных бюро работает с ArchiCAD. Это связано с тем, что данное программное обеспечение от компании Graphisoft имеет сильные позиции как на российском, так и на международном рынках.

Разработав алгоритм проверки (например, в виде дополнения к программе ArchiCAD) цифровой модели на этапе проектирования строительного объекта на соответствие нормативным документам и проводя постоянный контроль для устранения ошибок и недочетов, можно добиться результатов, которые в будущем способны повлиять на положительное заключение экспертизы проектной документации и непосредственный процесс строительства. Для этого необходимо сформировать требования к проверке цифровой модели проектируемого объекта на соответствие нормативным документам. Чтобы определить необходимый перечень требований к построению и содержанию информационной модели [4, 5], необходимо обратиться к стандартам, которые регламентируют область цифрового строительства и использовать их для осуществления процесса проверки цифровой модели здания (сооружения) на стадии проектирования (см. рис.).

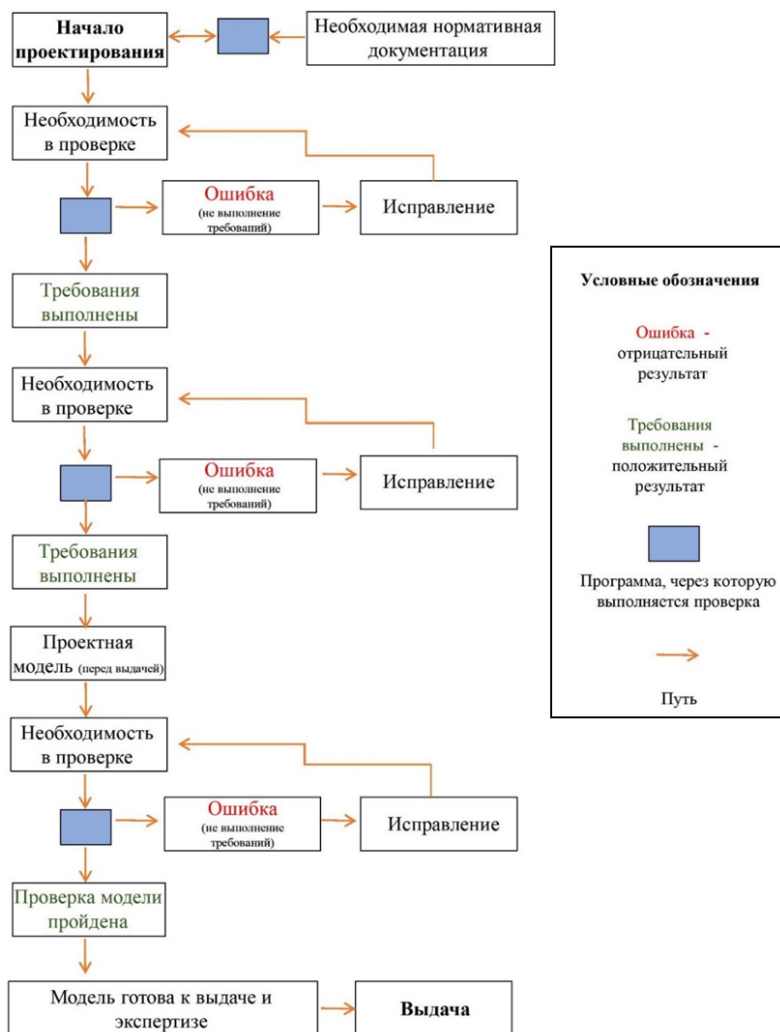
Контроль цифровой модели объекта на каждом этапе проектирования объекта должен проверяться по следующим критериям: архитектурным, конструктивным, инженерно-технологическим и многим другим.

Для того, чтобы данный алгоритм смог работать корректно, необходимо:

1. Постоянно осуществлять проверки цифровой модели на наличие ошибок на всех этапах проектирования.

2. Разработать стандарты внутри компании для создания автоматизированного алгоритма проверки и внесения изменений в цифровую модель.

3. Разработать формат отчетной информации, подтверждающей необходимость и легитимность вносимых изменений [6].



Алгоритм проверки цифровой модели здания (сооружения) на стадии проектирования

Для успешного функционирования алгоритма проверки цифровой модели проектируемого объекта первоначально предполагается

сформировать базу данных на основании нормативных документов. Это поможет значительно сократить количество проверок при помощи загрузки цифровой модели для выявления ошибок. Внедрение плагина (дополнения) к программному обеспечению также обусловит систематизацию библиотек нормативных документов, что позволит существенно облегчить работу проектировщиков, положительно повлиять на сроки и качество разработки проектной документации.

### Литература

1. Симонова С.С. Влияние популяризации цифрового пространства на современного человека // Научные записки молодых исследователей. 2021. Т. 9, № 5. С. 64–70. EDN: XUYWTC.
2. Талапов В.В. Основы BIM. Введение в информационное моделирование. Саратов: Профобразование, 2017. 392 с. EDN: ZGKAKN.
3. Макиша Е.В., Мочкин К.А. Состояние и перспективы применения систем проверки информационных моделей строительных объектов // Строительство: наука и образование. 2021. Т. 11, № 4. С. 70–86. DOI: 10.22227/2305-5502.2021.4.6. EDN: PLCXYK.
4. Лапидус А.А., Абрамов И.Л., Мартянова А.А. Внедрение цифровых технологий в строительную отрасль // Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы – 2019: Сб. матер. Всеросс. научно-практ. конф. М.: НИУ МГСУ, 2019. С. 326–330. EDN: VRQGTC.
5. Сунцов А.С., Симченко О.Л., Толкачев Ю.А. и др. Анализ зрелости BIM-решений как инструмента обеспечения жизненного цикла здания // Construction and Geotechnics. 2020. Т. 11, № 3. С. 41–53. DOI: 10.15593/2224-9826/2020.3.04. EDN: MIQPTL.
6. Кузина О.Н. Верификация информационной модели здания на этапе перехода от проектной стадии к строительству (от D-BIM к C-BIM) // Интернет-журнал Науковедение. 2017. Т. 9, № 6. С. 156. EDN: YSAJES.

**УДК 004.9+697.4+697.9**

**DOI: 10.23968/ВІМАС.2023.044**

**Ковальчук Ирина Дмитриевна**, студент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail: missis.kovalchuk@yandex.ru*

**Айбедулов Тимур Русланович**, студент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail: timur.foxneo@yandex.ru*

**Суханов Кирилл Олегович**, канд. техн. наук, доцент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail: suhanov.kirill1993@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9180-1895*

Kovalchuk Irina Dmitrievna, student  
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Aibedulov Timur Ryslanovich, student  
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Sukhanov Kirill Olegovich, PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

## **ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ЗДАНИЯ**

### **INFORMATION MODELING OF THE HEATING AND VENTILATION SYSTEMS OF THE EXISTING BUILDING**

В последние годы из-за внедрения технологий информационного моделирования в строительстве стала популярна тема о создании эксплуатационных моделей зданий. Для создания модели инженерных систем существующего объекта капитального строительства необходимо выполнить его обследование, так как фактическая модель часто отличается от проектной. В данной статье приведены результаты обследования систем отопления и вентиляции существующего исторического здания, расположенного в Санкт-Петербурге. По результатам обследования создана информационная модель систем отопления и вентиляции здания. Полученную модель можно использовать в качестве основы при создании эксплуатационной модели.

*Ключевые слова:* информационная модель здания, эксплуатационная модель, системы отопления, системы вентиляции, ВІМ-технологии.

In recent years, due to the introduction of information modeling technologies in construction, the topic of creating operational models of buildings has become popular.

To create a model of engineering systems of an existing capital construction object, it is necessary to perform its survey, since the actual model often differs from the design. This article presents the results of a survey of heating and ventilation systems of an existing historical building located in St. Petersburg. The resulting model can be used as a basis for creating an operational model.

*Keywords:* building information model, operating model, heating systems, ventilation systems, BIM-technologies.

Последние несколько лет в России в сфере строительства совершается переход на технологии информационного моделирования (BIM) [1–4]. Применение BIM-технологий происходит как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации. Поэтому стало актуально создавать информационные модели эксплуатируемых зданий [5–7].

Возможности информационного моделирования.

1. Создание единой цифровой информационной модели, которая будет содержать в себе проектную, строительную и эксплуатационную информацию в виртуальной среде.

2. Данную модель можно корректировать на протяжении всего жизненного цикла здания одновременно специалистам разных разделов.

3. Модель может работать в комплексе с мониторинговыми программами (системой BMS), которые связывают программу и оборудование, что дает понимание о реальном потреблении ресурсов и круглосуточное снятие данных без ручной проверки счетчиков. BMS – это система управления зданием, которая осуществляет постоянный мониторинг, контроль и управление всей инфраструктуры здания (включая системы отопления и вентиляции) [8].

4. При применении специализированных программ можно разработать меры по энергосбережению [9].

5. BIM-модель позволяет контролировать расходы во время капитальных ремонтов и создать смету с высокой точностью.

Перед тем как создать эксплуатационную модель здания, необходимо создать информационную модель объекта. Системы отопления и вентиляции после монтажа часто отличаются от проекта. Поэтому перед созданием модели систем необходимо выполнить их обследование.

В качестве объекта принято историческое шестизэтажное административное здание, расположенное по адресу ул. Серпуховская, д. 10. Информационная модель создается по имеющейся проектной документации и по результатам обследования, выполненного студентами СПбГАСУ различных направлений подготовки. Разработка модели выполнена в программном обеспечении Autodesk Revit.

Работа над информационной моделью происходит в нескольких связанных файлах, основой для которых служит архитектурная модель [10] (рис. 1).

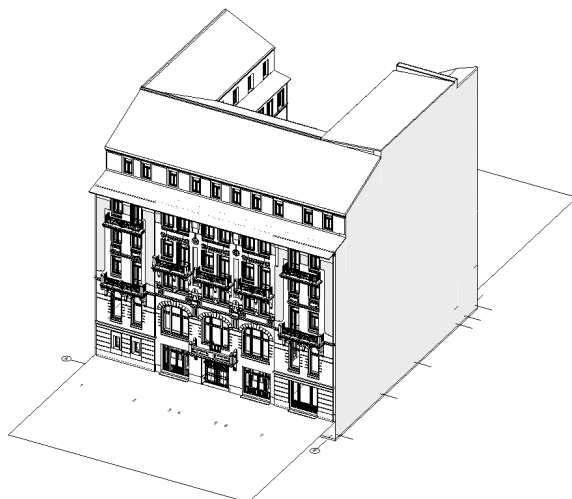


Рис. 1. Архитектурная информационная модель здания

После разработки архитектурной модели к работе приступают специалисты смежных направлений. Каждый создает свой файл и использует архитектурную подоснову, которую наполняет конструкциями или инженерными системами и оборудованием.

По результатам обследования создается информационная модель систем отопления и вентиляции здания. Для проектирования разрабатываются необходимые «семейства» (рис. 2), соответствующие элементам, размещенным на объекте, и наполняются необходимой информацией.

В результате была создана информационная модель систем отопления (рис. 3) и вентиляции (рис. 4) обследуемого здания.

По завершении моделирования специалистам необходимо отследить изменения в архитектурной модели. Затем нужно проверить модель на коллизии между смежными компетенциями и, при необходимости, устранить их.

В результате моделирования создано 19 систем приточной вентиляции, 39 систем вытяжной вентиляции и 14 ветвей системы отопления.



Полученная модель может быть наполнена любой информацией, необходимой для эксплуатации объекта.

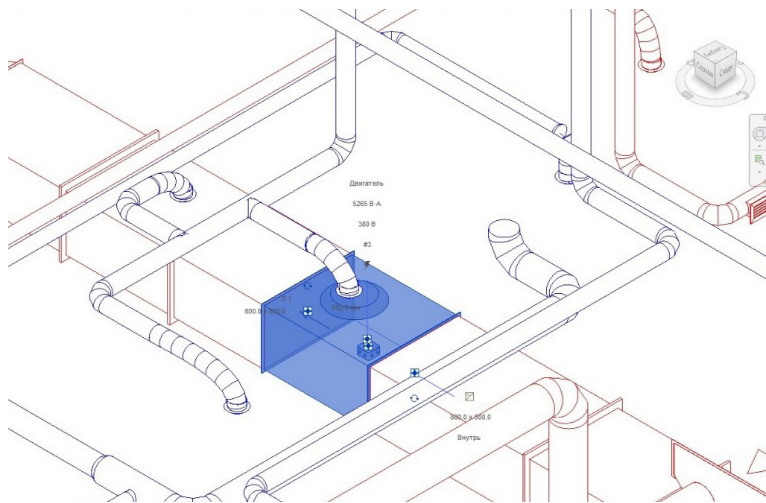


Рис. 2. Семейство вентилятора

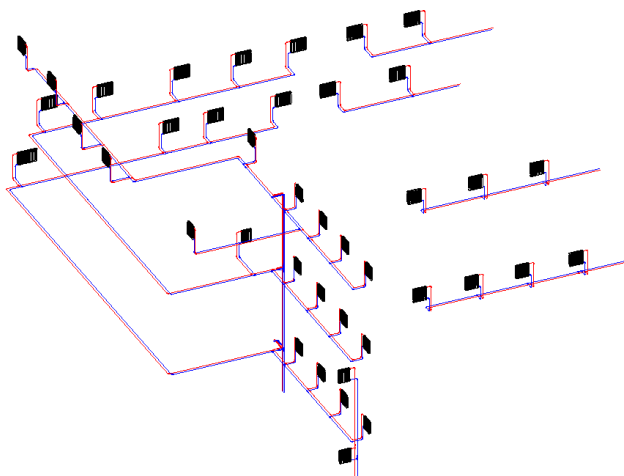


Рис. 3. Информационная модель системы отопления

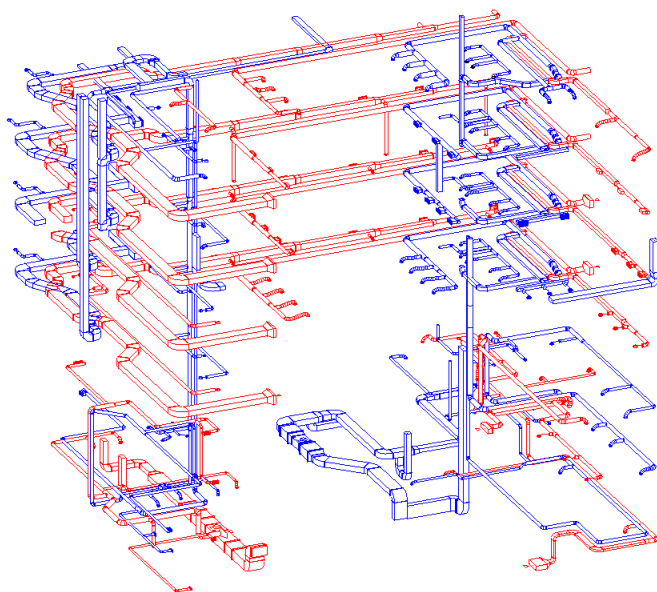


Рис. 4. Информационная модель системы вентиляции

При разработке информационной модели обнаружено, что в ряде мест реальное расположение оборудования отличается от проектных данных. При обследовании здания было выявлено, что проектный типоразмер отопительных приборов в ряде случаев не соответствует фактическому. В информационной модели все радиаторы соответствуют реально расположенным в помещениях исследуемого корпуса.

Здание имеет два антресольных этажа при различной отметке пола в левом и правом корпусе. Необходимо было проложить трассу так, чтобы обеспечивались нормируемые расстояния для прохода и монтажа.

Объемно-планировочное решение несколько раз претерпевало изменения. Архитектор сообщал информацию об изменениях и размещал актуальную модель в облачном хранилище. Необходимо было отредактировать расположение оборудования и трассировку систем в помещениях в соответствии с измененной архитектурной моделью, а также исправить коллизии со всеми смежными разделами.

В результате проведенной работы была получена реальная информационная модель систем отопления и вентиляции существующего здания,

которая может быть использована для текущего обслуживания систем и как основа для эксплуатационной модели.

Работа проведена в рамках реализации проекта «Инновационная методика формирования цифровых профессиональных компетенций обучающихся и специалистов строительной отрасли» на базе Федеральной инновационной площадки ФГБОУ ВО СПбГАСУ.

### Литература

1. Семенов А.А., Суханова И.И. Проект BIM-ICE – интеграция BIM в высшее и профессиональное образование // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: матер. III Междунар. научно-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2020. С. 372–378. DOI: 10.23968/BIMAC.2020.048. EDN: ZDWPDS.
2. Указ Президента РФ от 9 мая 2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы». СЗ РФ. 2017. № 20, ст. 2901.
3. Шеина С.Г., Петров К.С., Федоров А.А. Исследование этапов развития BIM-технологий в мировой практике и России // Строительство и техногенная безопасность. 2019. № 14(66). С. 7–14. EDN: QJNHWP.
4. Рыбакова А.О., Харитонов Д.С. BIM-сопровождение для эффективности проектирования и строительства // Наука и бизнес: пути развития. 2019. № 6(96). С. 109–111. EDN: OWQENO.
5. Талапов В.В. Университет Минстроя НИИСФ РААСН, доклад BIM 065. BIM на этапах жизненного цикла объекта, связанных с его эксплуатацией. URL: <https://youtu.be/1PZDPUO-p3I> (дата обращения: 15.02.2023).
6. Бачурина С.С., Владимирова И.Л., Каллаур Г.Ю. Требования к цифровой модели здания на эксплуатационной фазе жизненного цикла // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: матер. II Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 49–53. DOI: 10.23968/BIMAC.2019.008. EDN: LAVQUP.
7. ГОСТ Р 57311-2016 Моделирование информационное в строительстве. Требования к эксплуатационной документации объектов завершеного строительства. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200142711>. (дата обращения: 15.02.2023).
8. BELTEL. URL: <https://beltel.ru/solutions/automation-and-control-systems/> (дата обращения: 15.02.2023).
9. Integrated Environmental Solutions, Ltd. «VE 2017». URL: <http://www.ieseve.com>. (дата обращения: 15.02.2023).
10. Горовой Н.В., Хмельницкая М.К., Плетнева К.Г., Волков А.В. Организация работы специалистов при создании эксплуатационных информационных моделей исторических зданий // Вестник гражданских инженеров. 2022. № 6(95). С. 65–74. DOI: 10.23968/1999-5571-2022-19-6-65-74. EDN: BSJFMG.

УДК 69.059.35

DOI: 10.23968/ВІМАС.2023.045

**Колчев Александр Александрович**, магистрант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail: a.a.kolchev@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3883-2403*

**Петровский Максим**, магистрант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail: petrovsky.maximus@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-7124-2723*

Koltchev Alexandr Alexsanrovich, Master's degree student  
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Petrovskiy Maxim, Master's degree student  
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОЙ  
ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТОВ  
КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ  
ПРОЕКТОВ ПО РЕМОНТНО-РЕСТАВРАЦИОННЫМ  
РАБОТАМ И ЭФФЕКТИВНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ЗДАНИЙ**

**APPLICATION OF DIGITAL INFORMATION MODEL  
TECHNOLOGY OF CULTURAL HERITAGE OBJECTS  
FOR THE IMPLEMENTATION OF REPAIR AND  
RESTORATION PROJECTS AND EFFICIENT OPERATION  
OF BUILDINGS**

В статье сформирован список предложений по использованию цифровой информационной модели (ЦИМ) в сфере производства работ и эксплуатации на объектах культурного наследия (ОКН). Рассмотрен вопрос создания реестра оцифрованных ОКН для увеличения объема финансирования с привлечением частных средств. Выявлены основные инструменты оцифровки объектов и создания ЦИМ. На основе анализа современных технологий строительства предложена схема создания, передачи и использования ЦИМ эксплуатирующими организациями. Проведено исследование и сформировано предложение по закреплению ЦИМ на законодательном уровне в сфере ОКН. Проведен анализ источников финансирования мероприятий по восстановлению ОКН, а также оценена актуальность и преимущества внедрения технологии для участников рынка.

*Ключевые слова:* ТИМ, ЦИМ, информационное моделирование, объекты культурного наследия, эксплуатация.

The article has compiled a list of proposals for the proposal of digital information models in the field of work and operation at cultural heritage sites (CHS). The issue of creating a register of digitized windows to increase the amount of funding with the involvement of private funds is considered. The main tools for digitizing objects and creating BIM have been identified. Based on the analysis of modern construction technologies, a scheme for the creation, transfer and use of BIM by operating organizations is proposed. A study has been conducted and a proposal has been formed to consolidate the BIM at the legislative level in the field of CHS. The analysis of the sources of financing for the restoration of the window was carried out, as well as the relevance and advantages of the introduction of technology for market participants were assessed.

*Keywords:* BIM, digital information model, information modeling, cultural heritage objects, exploitation.

На данный момент в Санкт-Петербурге под охраной находится 8983 ОКН, часть из этих объектов не используется в хозяйственной деятельности города из-за аварийного состояния или требуемой реставрации. Многие объекты не приспособлены под современное использование, а их приспособление требует больших финансовых и временных ресурсов заинтересованных инвесторов, потенциальных арендаторов. Свободных площадок для строительства в центре Санкт-Петербурга почти не осталось, следовательно, редевелопмент исторических зданий является одним из основных способов создания жилых и коммерческих помещений в центре города.

Текущая ситуация с воспроизводством недвижимости культурного наследия осложняется высокой ролью государственного участия и недостатком бюджетного финансирования, с одной стороны, и отсутствием благоприятного инвестиционно-строительного климата и возможностей для привлечения иных видов ресурсов в воспроизводство данных объектов, с другой [1]. При существующей динамике развития на рынке недвижимости остаются тысячи квадратных метров неиспользуемого пространства в историческом центре города.

Для исследования ресурсного потенциала данных объектов предлагается применить технологию информационного моделирования (ТИМ). Использование ТИМ для создания цифровой модели позволяет качественно анализировать объекты ОКН и принимать решения об участии в инвестиционных проектах. Схема использования ЦИМ представлена на рис. 1.

Создание цифровой информационной модели здания позволяет снизить издержки по его управлению, улучшить процесс эксплуатации (например, увеличить срок службы инженерных систем, снизить расходы на его обеспечение и в то же время повысить качество предоставляемых услуг) [2].

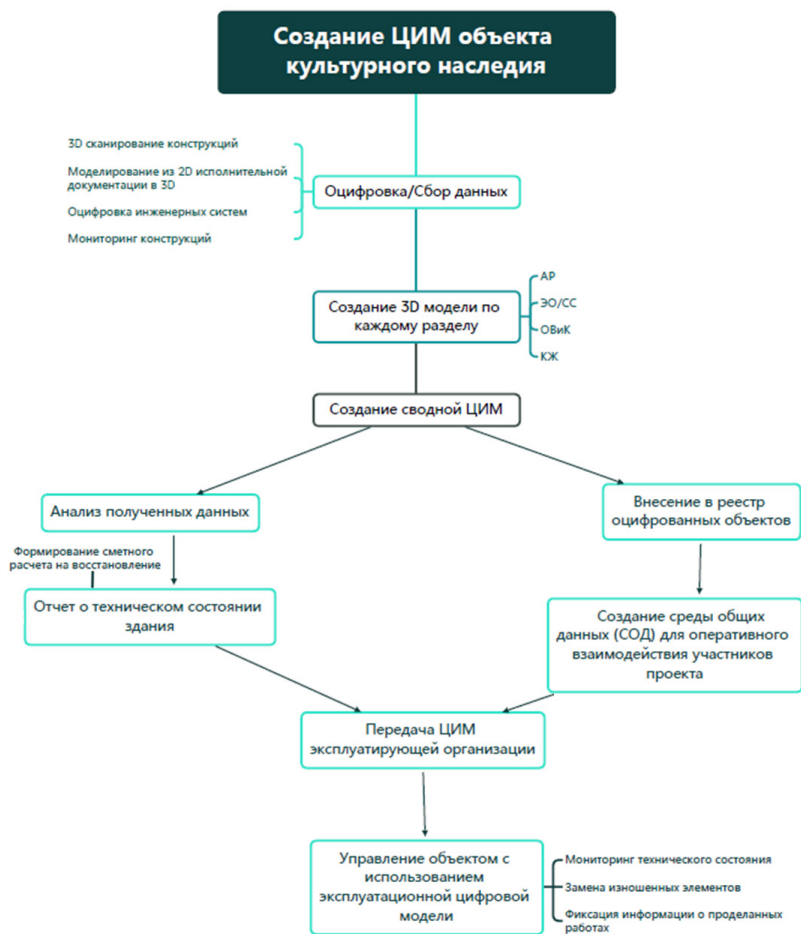


Рис. 1. Схема создания ЦИМ в проектах ОКН

Оцифровка объекта осуществляется с помощью технологии 3D-сканирования, моделированием конструкций и инженерных систем из исполнительной документации. Также необходимо перевести все архивные материалы и исторические справки в цифровой формат.

Объединение ЦИМ по всем разделам позволит создать сводную информационную модель для проверки недопустимых технологических

пересечений и возможных пространственных коллизий при проектировании. Сводная информационная модель передается в редактируемом формате для дальнейшего проектирования и эксплуатации объекта.

На основе информации из сводной ЦИМ будет произведен выпуск отчета о техническом состоянии здания. В свою очередь, редактируемый цифровой формат позволит точно и в автоматизированном режиме создать сметный расчет на восстановление поврежденных элементов.

Сводная модель и отчет будут находиться в открытом доступе для анализа инвесторами. Доступность ЦИМ для анализа технического состояния позволит участникам рынка точно оценить техническое состояние объекта и, следовательно, объем капитальных вложений в него. Если у эксплуатирующей организации несколько объектов в использовании, то система общих данных позволит эффективно управлять комплексом объектов в среде общих данных.

Для эффективного использования цифровой модели при эксплуатации объекта необходимо вносить всю информацию по проводимым работам, изменениям в инженерных системах, в том числе характеристики оборудования, паспорта качества, сертификаты и акты. Помимо информации, вносимой в процессе производства работ, планируется добавление данных о изменениях конструктивных элементов и инженерным систем по результатам периодических обследований. Запись данных планируется осуществлять с помощью среды общих данных (СОД) в реестре оцифрованных моделей. Использование СОД позволит корректировать информацию о состоянии объекта только зарегистрированным и допущенным сотрудникам эксплуатирующей организации. Таким образом эксплуатирующая организация повышает степень детализации эксплуатационной модели и может более точно оценить объем работ при проведении ремонтных, пусконаладочных и других работ. Эффективная эксплуатация сложных технических систем, к которым относятся здания и сооружения, их инженерное оснащение, невозможна без налаженной системы планирования мероприятий по управлению их техническим состоянием, учета и анализа эксплуатационной информации [3].

Плюсы использования данной технологии:

1. Сбор базы данных по каждому объекту для дальнейшей эксплуатации.
2. Исключение пространственных коллизий при проектировании инженерных систем.
3. Ускорение выдачи и согласования проектной документации, а, следовательно, сокращение сроков предпроектной подготовки.

4. Своевременная замена изношенных элементов и узлов предотвращает аварии.

5. Мониторинг технического состояния и более точное прогнозирование бюджета на ремонт.

Для эффективной реализации вышеперечисленных плюсов в проекте предлагаем сформулировать их в предложения, и в будущем закрепить на законодательном уровне. Например, пункт 6 статьи 20 «Ведение реестра объектов культурного наследия» в Федеральном законе от 25.06.2002 N 73-ФЗ [4] целесообразно дополнить пунктом в следующей редакции: «6) информационная модель объекта в редактируемом формате». Правила формирования и ведения модели ОКН должны быть сформулированы отдельным правовым актом [5]. Законодательное регулирование позволит организовать объединенную базу отчетов о техническом состоянии и реестр ЦИМ для ОКН. При проведении работ в будущем модель может быть предоставлена в качестве актуальных исходных данных [6].

Для подробного рассмотрения вопроса актуальности применения ЦИМ в проектах по сохранению ОКН приведена официальная статистика КГИОП (Комитета по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и культуры) [7] (рис. 2).

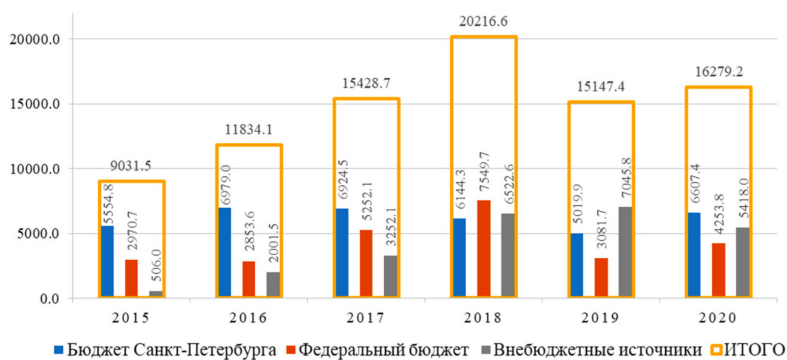


Рис. 2. Объем финансирования мероприятий по восстановлению ОКН в Санкт-Петербурге, млн руб. [7]

Анализируя данную статистику, можно прийти к выводу, что внебюджетные источники финансирования увеличиваются из-за роста количества льготных программ, которые привлекают инвесторов к реставрации ОКН. Поддержание дальнейшего воспроизводства памятников истории



и культуры необходимо проводить с привлечением средств частных инвесторов, так как объем средств, выделяемых в программах государственной поддержки на содержание ОКН, является недостаточным и приводит к тому, что дальнейшее воспроизводство памятников невозможно.

Подводя итог, можно сказать, что трудозатраты по внедрению данной технологии будут компенсироваться снижением издержек на проектирование и эксплуатацию в будущем, а создание ЦИМ и реестра оцифрованных ОКН позволит увеличить привлекательность данных объектов для инвесторов и улучшить городскую среду в исторических районах города. Привлечение капитальных вложений в приспособление ОКН под современное использование позволит быстрее развивать внедрение ТИМ в данной отрасли строительства.

### Литература

1. Абакумов Р.Г. Особенности и инструменты воспроизводства объектов недвижимости культурного наследия // Научные технологии и инновации (XXIV научные чтения): Сб. докл. Междунар. научно-практ. конф. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2021. С. 97–103. EDN: ТКРҮМХ.
2. Гурьева Ю.А., Козлова Е.М. Российский опыт использования BIM-технологий на этапе эксплуатации объектов недвижимости // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Матер. V Междунар. научно-практ. конф. Под общ. ред. А. А. Семенова. СПб.: СПбГАСУ, 2022. С. 28–41. DOI: 10.23968/VIMAC.2022.004. EDN: KUZEQS.
3. Репин С.В., Засыкин А.В. Информационные технологии в управлении эксплуатацией зданий и сооружений // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Матер. Всеросс. научно-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 57–62. EDN: YUNCLQ.
4. Федеральный закон «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» от 25.06.2002 N 73-ФЗ. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_37318/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_37318/) (дата обращения: 13.02.2023).
5. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 30.12.2020). URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_51040/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/) (дата обращения: 15.02.2023).
6. Кононова П.С. Синтез традиций и новейших технологий: использование BIM-моделирования при осуществлении деятельности по сохранению объектов культурного наследия // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Матер. IV Междунар. научно-практ. конф. Под общ. ред. А. А. Семенова. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 504–511. DOI: 10.23968/VIMAC.2021.064. EDN: EENFIR.
7. Гергега Д.А. Исследование рынка реставрационных работ в Санкт-Петербурге и направлений его развития // Современные проблемы менеджмента в строительстве: Матер. Всеросс. научно-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2022. С. 156–161. EDN: RXREFB.

**УДК 721.011.12**

**DOI:** 10.23968/BIMAC.2023.046

**Логачев Егор Сергеевич**, студент

(Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин))

*E-mail:* [logachevegor354@gmail.com](mailto:logachevegor354@gmail.com)

**Калпакова Юлия Альбертовна**, студент

(Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин))

*E-mail:* [yuliya.kalpakova@mail.ru](mailto:yuliya.kalpakova@mail.ru)

**Бурило Надежда Александровна**, ст. преподаватель,

директор «Сибстрин-инновация»

(Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин))

*E-mail:* [itc@sibstrin.ru](mailto:itc@sibstrin.ru)

Logachev Yegor Sergeevich, student

(Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin))

Kalpakova Yulia Albertovna, student

(Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin))

Burilo Nadezhda Alexandrovna, Senior Lecturer, Director of “Sibstrin-Innovation”

(Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin))

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОПАРКОВ ВО ВРЕМЕННОМ КОНТЕКСТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ BIM**

### **MODELING THE TRANSFORMATION OF ARCHITECTURAL SOLUTIONS OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY PARKS IN A TEMPORARY CONTEXT USING BIM**

Рассматриваются вопросы эскизного архитектурного проектирования генерального плана промышленных технопарков и функционального насыщения таких территорий, гармоничного и безопасного ориентирования функционального зонирования по отношению к внешним факторам вне участка проектирования. Оцениваются возможные взаимосвязи объектов между собой, а также вариативность их изменяемости во временном контексте. Анализируется адаптивная трансформация пространств различного назначения. Предлагается определенный методологический подход при эскизном проектировании генплана территории для архитекторов, который состоит из вышеперечисленных действий. В составе

предложенного алгоритма используются BIM технологии, оптимизирующие процесс при выполнении необходимых задач.

*Ключевые слова:* промышленный технопарк, эскизное проектирование, BIM, BIMCloud, вариативное проектирование.

The issues of preliminary architectural design of the general plan of industrial technoparks and functional saturation of such territories, harmonious and safe orientation of functional zoning in relation to external factors outside the design site are considered. The possible interrelationships of objects with each other, as well as the variability of their variability in a temporal context, are evaluated. The adaptive transformation of spaces for various purposes is analyzed. A certain methodological approach is proposed for the preliminary design of the general plan of the territory for architects, which consists of the above actions. The proposed algorithm uses BIM technologies that optimize the process when performing the necessary tasks.

*Keywords:* industrial techno park, preliminary design, BIM, BIMCloud, variable design.

В настоящее время наблюдается потребность городов и пригородных территорий в крупных, целостных промышленных технопарках, где создается возможность комбинирования смежных производств по различным критериям, а также ставятся задачи по организации передовых отраслевых направлений, импортозамещение и т.п. На сегодняшний день, часто встречается ситуация в промышленной отрасли, когда этот подход положительно влияет на производства лишь до тех пор, пока функционируют все его составляющие. С течением времени происходит непредвиденный момент, какая-то часть выходит из функционального состава, либо заменяется другой смежной функцией. Вследствие этого, территории часто простаивают или развиваются хаотично при внедрении новых производителей. Чтобы избежать данных проблем необходим комплексный систематичный подход к проектированию подобных кластеров, который сможет спрогнозировать либо предусматривать трансформации без пагубного влияния [1].

При проектировании планировки территории у таких объектов есть особенности по сравнению с классическим моделями промышленных территорий. Современные потребности требуют насыщение перспективных отраслей промышленности научно-исследовательской деятельностью, торговой, образовательной, экспозиционной площадкой и т.п. [2]. Но при всем этом совмещение таких функций на территории требует проведения четкой границы между производственной зоной и общественно-административной частью. Одновременно с этим необходимо добиться грамотной взаимосвязи сотрудников предприятия с такими зонами.

Произведя сравнительный анализ подходов в реализации промышленности по видам деятельности и доходам управляющих компаний, можно увидеть обоснование соответствия типологии промышленного технопарка существующим на сегодняшний день потребностям (рис. 1). Заметна ориентация соответствующей типологии не на узкую конкурентную аудиторию (как в классических моделях промышленности), а на возможное многообразие запросов потребителя и коллективное ведение отрасли.



Рис. 1. Сравнительный анализ

При применении типологических моделей промышленных технопарков в контексте застройки производственных территорий, необходимо выявить закономерности построения границ между общественной и производственной частями.

Предложены варианты компоновки функциональных блоков в зависимости от особенностей их ориентации на участке проектирования (рис. 2). Факторами, влияющими на эту зависимость, являются: доступность транспортной инфраструктуры по поставке сырья и отправке готовой продукции, расположение транспортной инфраструктуры в контексте общественной части, местоположение экспозиционной и коммерческой части участка, необходимые площадные характеристики для производственной части и территории общего пользования, конфигурация условной границы между производственной и общественной зонами.

В этом блоке алгоритма необходимо проанализировать окружающий контекст индивидуально для каждого участка проектирования с учетом нормативных потребностей размещения соответствующих объектов.

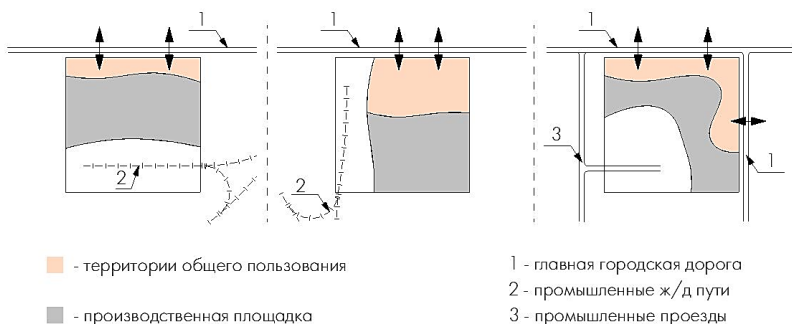


Рис. 2. Варианты размещения функциональных зон

После получения конфигурации и площадных характеристик обобщенных функциональных зон, подбираются подходящие типологические схемы объектов. Используя полученные данные по участку из первого блока алгоритма, необходимо использовать соответствующие задачкам пятна застройки. Пятна застройки, благодаря использования типов элементов «Зона» в Archicad, содержат необходимую информацию (площадь, функциональное назначение, высота, доп. информация для заполнения), которая выносится в спецификации для сверки объема с техническим заданием на проектирование. Далее можно производить необходимые корректировки, а информация в спецификациях автоматически пересчитывается [3].

Следующий блок алгоритма отвечает за связь пятен застройки между собой. Здесь учитываются нормативные пожарные разрывы, типы встраивания и пристраивания объектов, привязка к необходимым наружным площадкам (рис. 3). Важно изначально задать правильную структуру территории для благоприятного дальнейшего развития.

Завершающий блок алгоритма демонстрирует возможность работу типологических схем при изменении функциональной наполненности территории (рис. 4).

Также благодаря использования «BIM cloud» работу по комплексному проектированию при эскизном проектировании можно удаленно делить на несколько человек (рис. 5). В алгоритме предусматривается принцип деления работы по секторам на участке (рис. 6), где каждый из членов команды работает над своей областью и одновременно имеет возможность запрашивать данные у своего коллеги для совместного проектирования [4, 5].

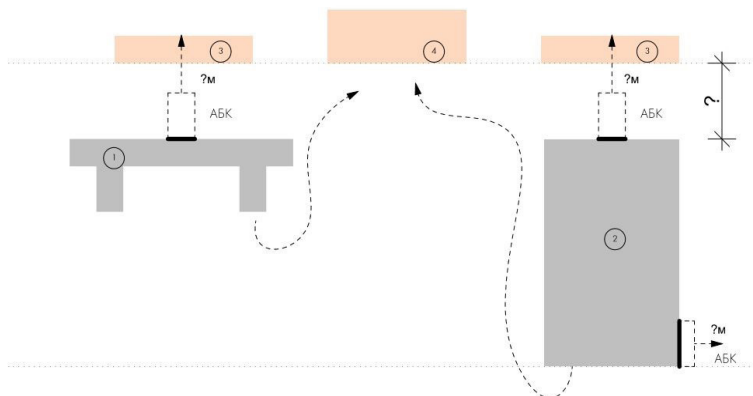


Рис. 3. Связи пятен застройки на участке

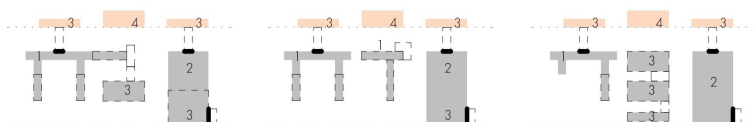


Рис. 4. Моделирование изменений во временном контексте поэтапно

⚙️ Активность

Все Типы ▾ Все размеры ▾ Все пользователи ▾ Все проекты Teamwork ▾

Последние 50 записей ▾ 🔍

Тип	Размер	Пользователь	Проект	Время ↑
🔄 Образ Проекта Teamwork Automatic backup	47.1 МБ	server	арХИКАД ДЛЯ СХЕ...	20.02.2023. 14:16
➔ Отправка	15.3 КБ	Egor Logachev	арХИКАД ДЛЯ СХЕ...	20.02.2023. 01:54
⬇️ Зарезервировать		Egor Logachev	арХИКАД ДЛЯ СХЕ...	20.02.2023. 01:54
⬅️ Получение	32.6 КБ	Egor Logachev	арХИКАД ДЛЯ СХЕ...	20.02.2023. 01:54
➔ Отправка	69.0 КБ	Egor Logachev	арХИКАД ДЛЯ СХЕ...	20.02.2023. 00:53
➔ Отправка		Юлия	арХИКАД ДЛЯ СХЕ...	20.02.2023. 00:15
➔ Отправка		Юлия	арХИКАД ДЛЯ СХЕ...	20.02.2023. 00:14

Рис. 5, начало. BIM cloud

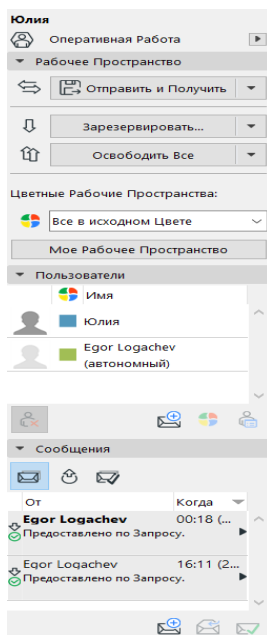


Рис. 5, окончание

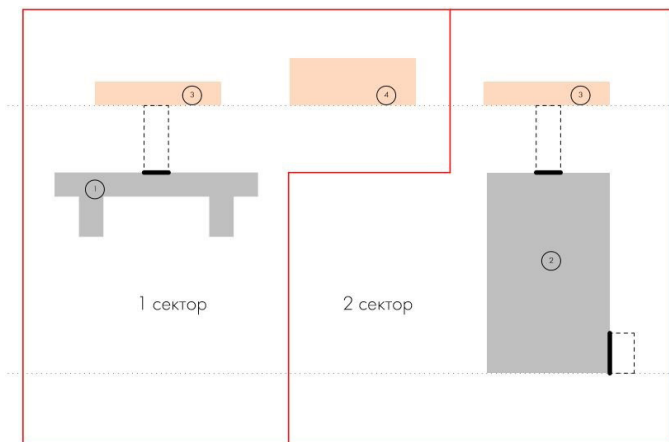


Рис. 6. Сектора проектирования

Итогом алгоритма станет схема организации земельного участка промышленного технопарка, содержащая необходимую информацию для дальнейшего проектирования благодаря ВМ.

Предложена методология применения существующих типологических моделей в промышленных технопарках, благодаря которой на этапе эскизного проектирования можно учесть необходимые функциональные взаимосвязи на территории, связать их с окружающим контекстом и спрогнозировать дальнейшее развитие в коллективном освоении определенной промышленной отрасли на территории. Немаловажную значимость в предложенном методе играет информационное моделирование и способ использования ВМCloud, благодаря чему осуществляется командная работа над проектом, насыщение простых графических объектов соответствующей информацией, ее комфортное получение и передача между коллегами.

В перспективе планируется внедрить в проектный алгоритм автоматизированный блок для расчета необходимых площадей и вывода их в спецификации.

#### **Литература**

1. Чернова Л.Е., Войццкий Д.Д. Концептуальные основы архитектурного проектирования технопарков // Вестник Приднестровской государственной академии строительства и архитектуры. 2014. № 6(195). С. 45–52. EDN: TNIGIP.
2. Бочарникова А.В., Ольховикова С.В. Проектирование территории промышленного города // Стратегии развития социальных общностей, институтов и территорий: матер. V Междунар. научно-практ. конф. В 2 т. Т. 1. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. С. 16–20. EDN: IQEYFM.
3. Гура Т.А., Гасанов А.О. Ускоренное проектирование генерального плана с мгновенным внесением изменений в ВМ // Научные труды КубГТУ. 2018. № 2. С. 322–335. EDN: UPFOFA.
4. Гришина Н.М., Мицко Д.И. Разработка и внедрение ВМ-стандарта: исследование методов управления в строительстве // Известия КГАСУ. 2017. № 3(41). С. 266–276. EDN: ZHJPNP.
5. Современные программные комплексы в инженерной практике: Методические указания. Ч. 1. Сост.: Ф.Г. Ахмадиев, Ф.Г. Габбасов, И.В. Маланичев. Казань: КГАСУ, 2014. 47 с.



УДК 69.05

DOI: 10.23968/ВІМАС.2023.047

**Павлов Валерий Дмитриевич**, магистрант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail: valerypavlov76@gmail.com*

Pavlov Valeriy Dmitrievich, Master's degree student  
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ MULTI-D ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ**

### **APPLYING MULTI-D TECHNOLOGY FOR LIFECYCLE MANAGEMENT OF COMPLEX ENGINEERING PROJECTS**

В данной статье рассматриваются вопросы, связанные с управлением жизненным циклом сложных инженерных объектов. Выявлены потенциальные трудности их реализации на примере атомной электростанции. Проанализирована возможность применимости интегрированной технологии управления жизненным циклом сложных инженерных объектов Multi-D. Выполнен анализ линейки цифровых продуктов Multi-D, обозначены их преимущества и ключевые возможности. Оценены пути дальнейшего внедрения технологии в строительстве. По результатам исследования сделан вывод о том, что применение интегрированных технологий управления жизненным циклом объекта сокращает производственные издержки и позволяет реализовывать технически сложные проекты в установленные сроки и с требуемым уровнем качества.

*Ключевые слова:* информационное моделирование в строительстве, управление жизненным циклом строительного объекта, платформа Multi-D, система управления информацией, управление ресурсами, объекты атомной энергетики.

This article deals with issues related to life cycle management of complex engineering facilities. Potential difficulties in the implementation of complex engineering projects on the example of a nuclear power plant are identified. The applicability of Multi-D integrated technology for managing the lifecycle of complex engineering facilities has been analyzed. The analysis of Multi-D digital product line is performed, their advantages and key features are outlined. Ways of further implementation of the technology in construction are assessed. According to the results of the study, the conclusion was made that the use of integrated technologies for lifecycle management reduces production costs and allows the implementation of technically complex projects in the set cost, time and with the required level of quality.

*Keywords:* building informational modeling (BIM), lifecycle management of a building project, Multi-D platform, information management system, resource management, nuclear power facilities.

В настоящее время в условиях постоянного роста уровня цифровизации и распространения информационных технологий для решения задач в строительной отрасли широко используются BIM-технологии (от англ. Building Information Model или Modeling). При этом большинство из них ограничиваются лишь работой с графическими 3D-моделями объектов [1]. Практический потенциал и возможности BIM-технологий, обеспечивающие функции обмена информацией BIM-моделей и другие преимущества для строительных организаций применяются редко [2].

Процесс реализации многих строительных проектов связан со значительным количеством информации по инженерным изысканиям, проектированию, выполнению строительного-монтажных, пуско-наладочных работ, управлению закупками, поставками, обеспечению ресурсами и эксплуатации. Ведение строительных проектов без информационной модели объекта существенно затрудняет этот процесс. Информационная модель технически сложных инженерных объектов не должна ограничиваться созданием только трехмерной модели. Помимо формирования геометрической 3D-модели, информационные модели таких объектов могут включать в себя пространственно-временное (4D), финансовое управление (5D), а также управление объектом в процессе эксплуатации (6D).

Жизненный цикл строительного объекта не должен быть реализован произвольно и бесконтрольно, необходимы диагностика и мониторинг выполнения каждого этапа жизненного цикла для оценки соответствия возведения строительного объекта модели проектного решения [3]. Это создает необходимость в использовании методов системного анализа на протяжении всех стадий жизненного цикла сложных инженерных объектов.

Объекты атомной энергетики относятся к числу особо опасных и технически сложных [4]. Это обусловлено тем, что они обладают отличительными особенностями и сложностью в проектировании и строительстве, связанными с большим количеством входных требований по безопасности, более продолжительным сроком возведения по сравнению с другими объектами капитального строительства, значительным количеством монтируемых элементов и оборудования, специфическими процессами транспортирования и монтажа отдельного оборудования с использованием уникальных грузоподъемных механизмов.

В результате этого на протяжении всего жизненного цикла атомной электростанции приходится иметь дело с огромным количеством информации и документации, которая должна быть сохранена, систематизирована и доступна на заключительном этапе [5].

Использование отдельных платформ для решения данного ряда задач создает сложности с формированием единого информационного пространства для всех участников проекта.

Решением данной проблемы может стать применение в проекте технологии Multi-D, которая является разработкой инжинирингового дивизиона госкорпорации «Росатом», предназначенной для создания и поддержки актуальной информационной модели, как для объектов атомной энергетики, так и других сложных инженерных объектов.

Целью данной работы является анализ возможностей системы Multi-D, выявление ее преимуществ и применимости использования для управления жизненным циклом сложных инженерных объектов вне отрасли атомной энергетики.

Multi-D – это интегрированная технология управления жизненным циклом сооружения сложных инженерных объектов, предназначенная для реализации в заданные сроки, стоимость и с требуемым качеством [6].

Платформа Multi-D включает в себя линейку цифровых продуктов:

*Система управления информацией (Multi-D Information Management System)* – это продукт, предназначенный для формирования общего информационного пространства по управлению жизненным циклом проекта. Система формирует общую информационную среду для всех участников проекта, накапливает и управляет данными об объекте от этапа проектирования до эксплуатации. Multi-D IMS имеет модули управления требованиями, конфигурацией и изменениями в проекте, а также позволяет производить обмен данными и технической документацией по объекту.

*Система объединенных календарно-сетевых графиков (Multi-D Unified Time Schedule)* представляет собой комплексное решение для управления различными аспектами проекта и дает возможность сводить календарные графики объекта воедино для создания единого графика проекта. Система поддерживает импорт данных из MS Project, Oracle Primavera или MS Excel. Ключевыми особенностями данной системы являются: загрузка и хранение детальных графиков 3-го уровня, выявление конфликтов между графиками, рисков срыва сроков, последствий и источников проблем, в т.ч. на основе реализации предыдущих проектов, управление доступом по ролям, функциям и проектам, а также формирование сводной аналитики по проекту.

Система позволяет анализировать наложения и рассогласования в различных графиках и предпринимать решения по их устранению. Пример схемы взаимосвязей календарно-сетевых графиков для АЭС (см. рис.) [7] демонстрирует охват системой различных областей деятельности в проекте.

*Система управления сооружением (Multi-D Project)* предназначена для создания и оптимизации графиков строительно-монтажных работ 4 уровня и план-фактного анализа выполнения работ.

*Система электронного документооборота (Multi-D Docs & Resources)* служит для организации документооборота и ресурсного планирования.

Также платформа Multi-D имеет инструментарий для разработки дополнительных информационных систем в области управления жизненным циклом строительных объектов. Для этого используются принципы low-code, что позволяет снизить требуемый объем знаний по программированию, необходимый пользователю для разработки сервисов и приложений.

Инструменты платформы Multi-D находят свое применение и за рамками атомной отрасли. Платформа Multi-D используется в горной промышленности, тяжелой металлургии, сталелитейном производстве и других объектах, где сочетаются факторы крупных объектов, потенциально опасных объектов и объектов, жизненный цикл которых должен быть длительным, и, соответственно, куда должны быть заложены инструменты осовременивания этого объекта на протяжении цикла жизнедеятельности [8]. Отдельные продукты платформы также использовались в управлении сроками реализации проекта высокоскоростной железнодорожной магистрали «Москва-Казань» [9].

Ключевыми трудностями более широкого применения в строительной отрасли единой цифровой платформы являются отсутствие нормативной и законодательной базы для прохождения экспертиз при использовании данных технологий, а также проблема унификации баз оборудования, строительных конструкций и других элементов, применяемых для проектирования [10]. Решение данных вопросов даст возможность расширить область применения платформы интегрированного управления жизненным циклом и на другие крупные объекты промышленности, энергетики и транспортной инфраструктуры.

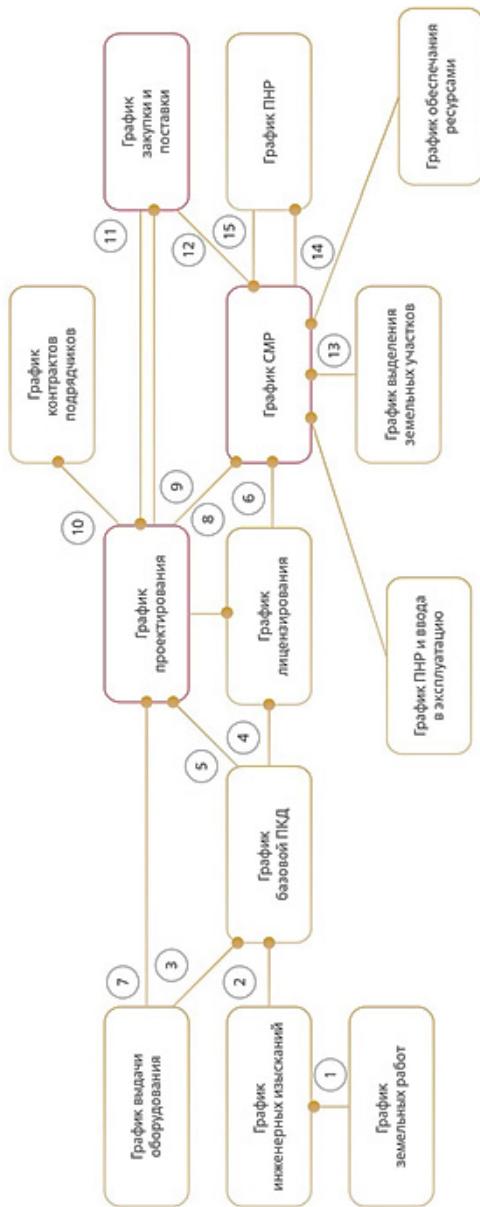


Схема взаимосвязей графиков проекта [7]

Применение платформы Multi-D для управления жизненным циклом сложных инженерных объектов позволяет создать единое информационное пространство для всех участников строительного проекта, существенно сократить срок строительства за счет более детального планирования и оптимизации последовательности работ, избежать ошибок при монтаже за счет моделирования комплексных операций, а также получить информационную модель объекта строительства для использования на этапе эксплуатации.

### **Литература**

1. Oraee M., Hosseini M.R., Edwards D.J., Li H., Papadonikolaki E., Cao D. Collaboration barriers in BIM-based construction networks: A conceptual model // International Journal of Project Management. 2019. Vol. 37, No. 6. P. 839–854. DOI: 10.1016/j.ijproman.2019.05.004.
2. Куракова О.А., Макеева Х. Использование BIM-технологий на стадии эксплуатации объектов недвижимости // Недвижимость: экономика, управление. 2018. № 2. С. 55–59. EDN: UZGLDE.
3. Коротков Д.Ю., Чулков В.О. Жизненный цикл строительного объекта // Научный интернет журнал «Мир науки». 2013. № 1. С. 18TMN113.
4. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 19.12.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 03.02.2023). URL: <https://docs.cntd.ru/document/901919338> (дата обращения: 12.02.2023).
5. Дубровский В.Б., Лавданский П.А., Енговатов И.А. Строительство атомных электростанций. 2-е изд., испр. и доп. М.: Изд-во АСВ, 2010. 363 с.
6. Линейка цифровых продуктов Multi-D. URL: <https://ase-ec.ru/products-and-services/multi-d/> (дата обращения: 16.02.2023).
7. Мульти-Д Объединенный график. Multi-D Unified Time Schedule. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:Мульти-Д\\_Объединенный\\_график\\_\(Multi-D\\_Unified\\_Time\\_Schedule\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:Мульти-Д_Объединенный_график_(Multi-D_Unified_Time_Schedule)). (дата обращения: 17.02.2023).
8. Российское интернет-издание «Полит.ру». URL: [https://polit.ru/article/2013/06/17/lavrukhina\\_rel/](https://polit.ru/article/2013/06/17/lavrukhina_rel/) (дата обращения: 03.03.2023).
9. Технология мульти. Журнал «Вестник Атомпрома». URL: <https://atomvestnik.ru/2017/06/19/tehnologija-multi/> (дата обращения: 03.02.2023).
10. Сватаненко О.Н. Применение современных технологий проектирования, включая 3D проектирование, и создание цифровых моделей производственных объектов ОАО «Газпром» для применения на всех стадиях жизненного цикла // ГИАБ. 2013. № 9. С. 404–408. EDN: RLEDCH.

УДК [681.6-3+69.001.5]+691.32  
DOI: 10.23968/ВІМАС.2023.048

**Пантелеенко Лилия Дмитриевна**, магистрант  
(Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова)  
*E-mail: lilya.panteleenko@mail.ru*

**Коршикова Ксения Сергеевна**, магистрант  
(Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова)  
*E-mail: korshikova00@mail.ru*

Panteleenko Lilya Dmitrievna, Master's degree student  
(Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov)  
Korshikova Ksenia Sergeevna, Master's degree student  
(Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov)

## **ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ 3D-ПЕЧАТИ И ОПТИМИЗАЦИЯ ВНУТРЕННЕЙ ТОПОЛОГИИ**

### **3D CONSTRUCTION PRINTING TECHNOLOGY AND TOPOLOGY OPTIMIZATION**

В статье выделены основные перспективы и преимущества применения аддитивных технологий в строительной отрасли в сравнении с традиционными методами, обозначена одна из проблем, препятствующих внедрению 3D-печати в строительство, предложена концепция аппаратно-программной технологии строительной печати, позволяющей автоматизировать и упростить процесс подготовки к печати, а именно создание параметризированной информационной модели, соответствующей пользовательским параметрам и адаптированной под строительную печать, также приведены основные методы оптимизации топологии и изучены актуальные на сегодняшний день решения для внутренней топологической решетки.

*Ключевые слова:* строительная печать, 3D-печать, аддитивные технологии, оптимизация топологии, топология, аддитивное, аддитивное производство.

The article highlights the main prospects and advantages of using additive technologies in the construction industry in comparison with traditional methods, identifies one of the problems hindering the introduction of 3D printing in construction, proposes the concept of hardware and software technology of construction printing, which allows automating and simplifying the process of preparing for printing, namely the creation of a parameterized information model corresponding to user parameters and adapted for construction printing, The main methods of topology optimization are also given and the solutions relevant to date for the internal topological lattice are studied.

*Keywords:* construction printing, 3D printing, additive technologies, topology optimization, topology, additive, additive manufacturing.

В последние годы в мире произошел информационно-технологический прогресс, который принес в нашу повседневную жизнь не только цифровые гаджеты, но и новые возможности. И конечно, цифровая трансформация не могла не коснуться одной из важнейших отраслей, как строительная. Наряду с информационным моделированием с каждым годом набирает свою популярность и строительная печать. Сейчас это перспективная технология, позволяющая увеличить скорость строительства в 3–4 раза, при этом уменьшив расходы примерно в 2 раза. Кроме того, современная технология экологичнее и безопаснее традиционных способов строительства. Позволяет печатать большой спектр бетонных и железобетонных изделий, малых архитектурных форм и конструкций сложной геометрической формы.

На сегодняшний день во многих отраслях промышленности наблюдается широкое применение систем автоматизации и роботизации производства, внедрение инновационных технологий, способствующих увеличению производительности труда, повышению качества продукции и минимизации человеческого фактора, и несмотря на свой консерватизм, строительная отрасль не является исключением.

Одним из таких активно развивающихся современных инновационных технологий в строительстве является применение строительной печати позволяющая создавать строительные конструкции, изделия, каркасы зданий и сооружений аддитивно-модульным путем, т.е. послойной укладкой бетона с помощью специального устройства, называемого строительным принтером.

Перспективы и преимущества применения аддитивных технологий в строительстве в сравнении с традиционными методами, такими как вычитающее (субтрактивное) производство (механическая обработка) и формообразующее производство (литье, штамповка) [1] уже не раз отмечались многими авторами в их работах [2–7], а именно:

- низкая трудоемкость за счет частичной замены физического труда на стройплощадке на интеллектуальный (для осуществления процесса строительной печати минимально необходимы две рабочие силы: оператор строительного принтера, который контролирует, загружает модели, и человек, который занимается обслуживанием принтера, загрузкой строительной смеси);

- сокращение сроков возведения здания, сооружения, конструкции (в среднем производительность строительного 3D-принтера колеблется от 0,5 до 4 куб. м/ч);



- экономия на материалах за счет безотходного производства, отсутствия опалубки или других подпирающих конструкций;
- снижение логистических расходов за счет печати объекта непосредственно на строительной площадке;
- уменьшение влияния человеческого фактора на качество работ;
- ресурсоэффективность внутреннего объема конструкции;
- возможность создания сколь угодно сложных криволинейных поверхностей, ограничение составляют лишь поверхности, при печати которых свежееуложенный бетон разрушается под собственным весом (угол наклона касательной к поверхности менее 30 градусов).

Но несмотря на множество достоинств аддитивных технологий, проблема фактической реализации в строительной отрасли до конца не решена, в частности существует нехватка информации и исследований относительно внутренней топологии конструкции, которая обеспечивала бы энергоэффективность и ресурсоэффективность строительной конструкции, а также незрелость программного обеспечения цифровой префабрикации и G-кодирования поверхности криволинейных сооружений для строительной печати.

На практике для осуществления процесса строительной 3D-печати необходимо провести ряд подготовительных работ:

- ручное создание информационной модели с использованием платформ 3D-моделирования (ArchiCAD, Revit, Tekla, Renga и др.) и специального программного обеспечения;
- расчет нагрузок в программно-расчетном комплексе (ЛИРА-САПР, SCAD и др.);
- загрузка объекта в специальное ПО для 3D-печати – слайсер (самым популярным для этого форматом файла является STL-формат);
- преобразование STL-файла в G-код – управляющий код для принтера, содержащий команды для печати каждого слоя модели и последовательность их применения.

Все эти этапы требуют достаточно больших временных затрат и высокой квалификации.

В связи с этим была поставлена задача разработать такую аппаратно-программную технологию строительной печати, которая позволила бы в автоматизированном режиме формировать информационные модели, осуществлять цифровую префабрикацию, оптимизировать топологию структуры и формировать управляющий строительной печатью G-код сложных пространственно-криволинейных сооружений.

Так в процессе проектирования создается информационная модель конструкции, которая предполагает определение топологии строительной конструкции, ее геометрии и параметров элементов. Под топологией понимается предопределение узлов и способ их соединения между собой для образования геометрически неизменяемой конструкции. В качестве шаблона внутренней топологии представлена треугольная решетка, в которой менялось число панелей (рис. 1).

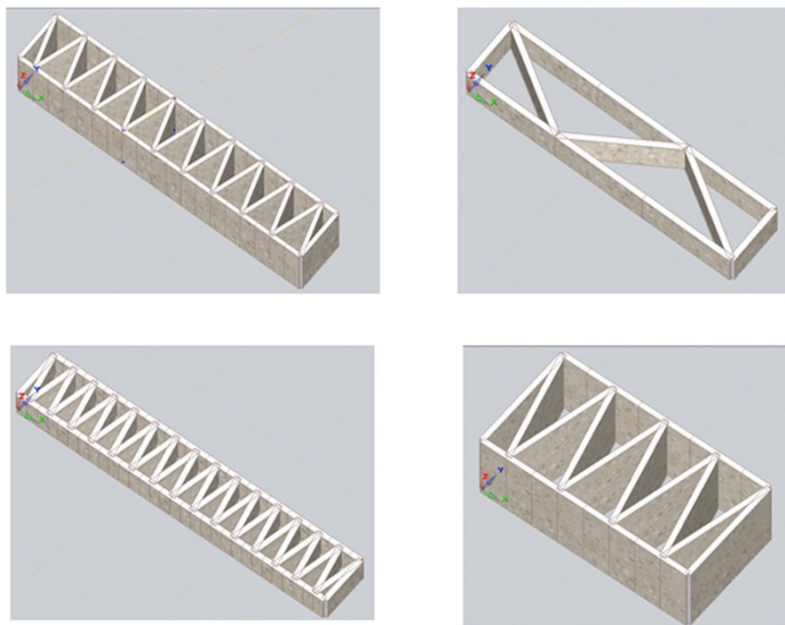


Рис. 1. Процесс создания внутренней топологии на примере треугольной решетки с варьируемым числом панелей

Использование информационных моделей позволяет существенно ускорить работу по подготовке расчетных моделей. За счет автоматического перестроения геометрии моделей, время проектирования конструкции заметно снижается, и работа сводится к внесению исходных параметров. Распределение материала по областям с высоким напряжением на основе биометрических принципов позволит максимизировать структурные характеристики при минимизации веса конструкции.

Неотъемлемые качества аддитивного производства, такие как его способность создавать сложные геометрические формы с высоким уровнем точности и автоматизации строительства, делают его идеально подходящим для производства энергоэффективных строительных конструкций. При использовании таких моделей проектировщик получает информацию об определении усилий, воспринимаемых конструкцией, теплотехническом расчете конструкции, наиболее удачном геометрическом расположении элементов конструкции.

На сегодняшний день топологическая и геометрическая оптимизация не является чем-то новым и используется во многих отраслях, таких как машиностроение, авиационная и ракетно-космическая промышленность. Но остается актуальным вопрос упрощения алгоритмов, ускорения расчетов и автоматизации. Существуют различные алгоритмы автоматизации топологии, включая эволюционную структурную оптимизацию (ESO), двунаправленную эволюционную оптимизацию (BESO) и твердую изотропную микроструктуру со штрафами (SIMP), которые позволяют отыскивать рациональное распределение материала с учетом многочисленных функциональных ограничений. Целью работы является изучение наиболее подходящих методов и применение их для процесса строительной печати.

Трудность состоит в том, что на данный момент нет четких рекомендаций и общепринятой эффективной внутренней топологии напечатанной строительной конструкции. Применяются как треугольные (рис. 2), квадратные, так и синусоидальные внутренние решетки. На рис. 3 представлены различные конструкционные решения компании ApisCor, которые схожи для большинства реализуемых конструкций в других проектах, свидетельствующие о многофункциональности каждого из напечатанных рядов стены [8].

Конечным результатом работы является создание завершенных закрытых алгоритмов, в которых в качестве входящей информации используются параметры габаритного размера конструкции, а также учитываются параметры температурного и силового нагружения. Кроме того, пользователь при необходимости может добавлять в уже готовый алгоритм и другие существенно важные характеристики, обеспечивая тем самым актуальность, полноту и целостность вводимых данных.

Итогом работы является создание модели, адаптированной под заданные критерии, отвечающей требованиям строительной 3D-печати и имеющей оптимизированную ресурсоэффективную топологическую структуру. Такая энергоэффективная решетка при прочих равных условиях,

при сравнении с любой другой возможной решеткой, является менее материалоемкой, более прочной и обладающей минимальным коэффициентом теплопроводности.



Рис. 2. Процесс печати отдельного блока стены с внутренней треугольной топологией (лаборатория БГТУ им. В. Г. Шухова)

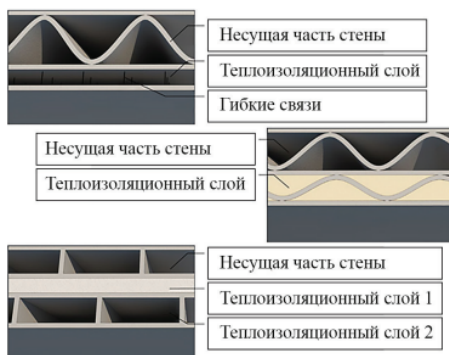


Рис. 3. Типы и функциональность конструктивных решений ApisCor [8]

### Литература

1. ГОСТ Р 57558-2017/ISO/ASTM 52900:2015 «Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. Часть 1. Термины и определения».
2. Горбач П.С., Шустов П.А., Левчук С.С. Аддитивные методы производства в строительной отрасли // Вестник Ангарского государственного технического университета. 2016. № 10. С. 174–177. EDN: XVFRIZ.
3. Золотарева С.В. Развитие и применение 3D технологий в строительстве // Сборник трудов VIII Международного молодежного форума «Образование, наука, производство». Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016. С. 1033–1037. EDN: YNANDA.
4. Гуроров Н.Ю., Чепенко А.С., Науменко Н.А., Павленко О.А. Аддитивные технологии и современные технологии строительства // Молодежь и научно-технический прогресс: Сб. докл. X Междунар. научно-практич. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых: в 4 т. Т. 3. ООО «Ассистент плюс», 2017. С. 85–87. EDN: ZBJJYV.
5. Матюхина А.А., Никифорова Н.А., Никулина А.С., Дементьева Ю.А., Лесниченко Е.Н. Преимущества аддитивных технологий и пути совершенствования 3D строительства // Сборник трудов Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2017. С. 2185–2189. EDN: XQPWZF.
6. Лунева Д.А., Кожевникова Е.О., Калошина С.В. Технология 3D-печати с использованием метода послойного экструдирования в строительстве // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2017. Т. 2. С. 251–261. EDN: RSSXOT.
7. Duballet R., Baverel O., Dirrenberger J. Classification of building systems for concrete 3D printing // Automation in Construction. 2017. Vol. 83. P. 247–258. DOI: 10.1016/j.autcon.2017.08.018.
8. Иноземцев А.С., Королев Е.В., Зьонг Тхань Куй. Анализ существующих технологических решений 3D-печати в строительстве // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13, № 7(118). С. 863–876. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.7.863-876. EDN: XUWKRV.

**УДК 72.04.012.6+004.9**

**DOI: 10.23968/ВМАС.2023.049**

**Парамонова Валерия Романовна**, студент

(Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета)

*E-mail: lerysik.par@yandex.ru*

**Горожанина Полина Леонидовна**, студент

(Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета)

*E-mail: chipa62@bk.ru*

**Трофимова Евгения Алексеевна**, старший преподаватель

(Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета)

*E-mail: iveearch@gmail.com*

Paramonova Valeria Romanovna, student  
(Ryazan Institute (branch) of Moscow Polytechnic University)  
Gorozhanina Polina Leonidovna, student  
(Ryazan Institute (branch) of Moscow Polytechnic University)  
Trofimova Evgenia Alekseevna, Senior Lecturer  
(Ryazan Institute (branch) of Moscow Polytechnic University)

## **СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ СОХРАНЕНИЯ ПАМЯТНИКОВ ДЕРЕВЯННОГО ЗОДЧЕСТВА НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ В Г. РЯЗАНИ**

### **MODERN WAYS OF PRESERVING MONUMENTS OF WOODEN ARCHITECTURE ON THE EXAMPLE OF OBJECTS IN RYAZAN**

В статье рассматривается проблема сохранения памятников деревянного зодчества на примере обмерной практики, а также анализ современных технологий в сфере реставрации на примере 3D сканирования и выстраивания элементов по облаку точек. Сохранение объектов деревянного зодчества – актуальная тема для Рязани, исторический центр которой состоит из частной деревянной застройки. Сохранившиеся объекты деревянного зодчества создают исторический образ. А сохранить ее в более точном и удобном формате помогают современные способы обмеров и сканирования. Здесь приводится сравнительный анализ традиционных обмеров и лазерного сканирования, выявляется превосходство современных методов в удобстве над ручными обмерами и рассматривается внедрение сканирования в учебный процесс.

*Ключевые слова:* памятники деревянного зодчества, проблема сохранения, 3Dсканирование, лазерное сканирование, обмеры, облако точек, Pilot-BIM.

The article deals with the problem of preserving monuments of wooden architecture on the example of measurement practice, as well as the analysis of modern technologies in the field of restoration on the example of 3D scanning and building elements on a cloud of points. Preservation of objects of wooden architecture is an urgent topic for Ryazan, the historical center of which consists of private wooden buildings. The preserved objects of wooden architecture create a historical image. And modern methods of measurement and scanning help to save it in a more accurate and convenient format. Here is a comparative analysis of traditional measurements and laser scanning, the superiority of modern methods in convenience over.

*Keywords:* monuments of wooden architecture, conservation problem, 3D scanning, laser scanning, measurements, point cloud, Pilot-BIM.

Одним из ярких исторических памятников города является его древняя застройка – деревянное зодчество. Деревянные постройки передают дух того времени, по ним можно узнать, как жили наши предки, чем занимались и, в целом, увидеть, как город выглядел в прошлом. Очень важно сохранить ручные чертежи, объемные макеты и чертежи в электронном виде. Классический способ сохранения деревянного зодчества – это натурные обмеры.

В рамках летней практики проводились обмеры наличников и деревянного декора зданий на исторических улицах г. Рязани – ул. Введенской и ул. Полевой. Улица Полевая одна из немногих в Рязани, на которой сохранилось много объектов деревянного зодчества (рис. 1).



Рис. 1. Окно и фасад дома 48, ул. Полевая, г. Рязань

Введенская улица в восточной части города была очень богата храмами, церквями и колокольнями, на улице сохранилось некоторое

количество построек деревянного зодчества, которые, к сожалению, утратили свой презентабельный вид и нуждаются в реконструкции (рис. 2).



Рис. 2. Окно и фасад дома 132, ул. Введенская г. Рязани

Обмеры объектов проводились вручную, с помощью рулеток, дальномеров, отвесов. Декоративные элементы снимались с помощью кальки. Также проводилась качественная фотофиксация всех элементов здания. После проведенных обмеров и создания по ним кроков, размеры переносятся на чертеж в масштабе [1]. Таким образом, после проведенной работы удастся сохранить внешний облик деревянных зданий в чертежах, которые можно передать архитектору-реставратору. Подобный опыт реставрации объектов деревянного зодчества уже существует в Рязани.

После большой проведенной работы по обмерам создаются электронные чертежи в ArchiCAD для более удобного и доступного хранения (см. табл.).

Однако при проведении классических обмеров можно выделить определенное количество недостатков:

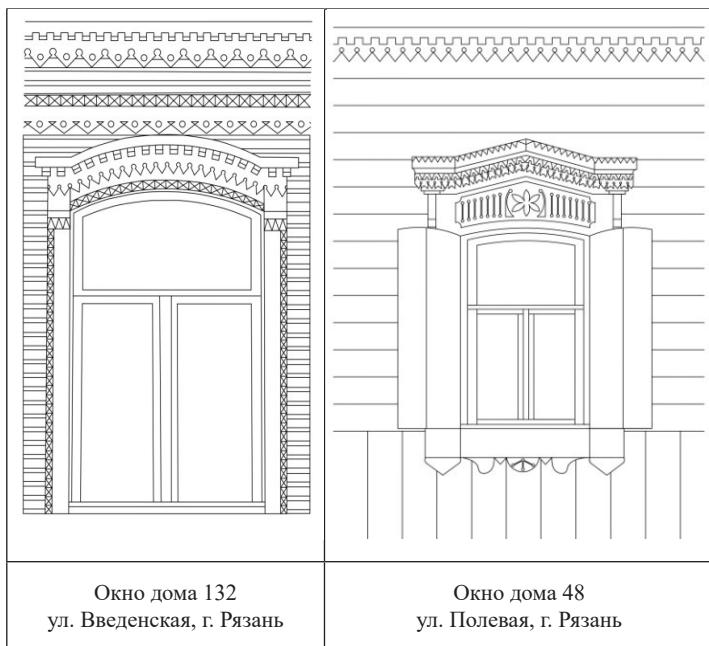
- как правило, здания находятся в аварийном состоянии и при обмерах можно получить травму;
- существует вероятность погрешности в обмерах, так как оборудование, которым пользуются при ручных обмерах, не всегда позволяет снять размеры точно;
- чтобы произвести обмеры и их обработать, уходит достаточно много времени [5].

На помощь ручным обмерам пришли современные автоматизированные способы измерения и сохранения памятников деревянного зодчества, например – 3D-сканирование [3]. Данный метод сканирования был опробован и проанализирован на историческом доме Овсянникова,



который находится на ул. Семинарская, д. 14, г. Рязань. В ходе исследования были получены следующие данные, которые были перенесены на компьютерные чертежи (рис. 3).

### Электронные чертежи в ArchiCAD



Лазерное сканирование существует достаточно давно, но в учебной методике совсем не используется. Внедрение современного способа обмеров позволит приобрести огромный опыт для студентов и практику для будущей работы. В архитектурных бюро используются именно современные способы обмеров, а студенты с практикой ручных обмеров могут испытать трудности, выходя на работу в бюро после обучения.

Во время геодезических изысканий создается облако точек с пространственными координатами – они составляют объемное изображение. У данного метода выявлены следующие достоинства:

- 1) малая вероятность погрешности;
- 2) благодаря миллионам точек можно получить большое количество информации об измеряемом объекте;

- 3) не требуется дополнительная обработка данных;
- 4) возможность производить съемку в труднодоступных местах;
- 5) процесс сканирования полностью автоматизирован [5].



Рис. 3. Сканирование облаком точек д. 14, ул. Семинарская, г. Рязань

Этот метод хорошо применим к объектам деревянного зодчества, так как многие сооружения находятся в аварийном состоянии и в труднодоступных местах. Он позволяет минимизировать риск травмы при проведении обмеров, и при этом получить точные измерения. Единственный существенный недостаток у 3D-лазера – неустойчивость к низким температурам [4].

Нельзя не упомянуть существующее программное обеспечение по обработке облака точек компании Autodesk. Выводить точки можно из Microsoft Excel, из файла STEP или IGES. Программа Inventor

позволяет размещать точки автоматически, но также есть возможность установить их вручную на панели форматирования.

Рассматривая возможности улучшения и повышения качества сканирования и обработки данных при обмерах, проанализирован механизм работы с объектом с помощью Pilot-BIM.

Облако точек формируется следующим образом: луч сканера измеряет угол направления и расстояние до каждой точки поверхности, систематизирует её по цвету. Далее важно правильно сегментировать облака точек, потому что идеально подготовить площадку к сканированию невозможно. Делить, чистить, оставлять только нужное, скрывать лишнее. Сегментировать можно с помощью таких программ, как AutoCAD, Revit. После сегментации, можно настраивать пространство чертежа и визуализировать облако точек. Затем полученные данные записываются как координаты вершин в файлы форматов .LAZ или .LAS. Далее файлы помещаются в папку проекта и Pilot-BIM, читая их, координирует массив точек с моделью и располагает на 3D-сцене все точки облака [3].

Благодаря новой версии Pilot-BIM – среде общих данных BIM-проектов для автоматического формирования и коллективной экспертизы консолидированной модели, возможно визуально представить не только сам объект, но и контекст застройки и ландшафта, в которых он находится [4].

Рассматривая оба способа проведения обмеров в данной статье, была выявлена потребность внедрения лазерного сканирования для обмеров в учебный процесс. Особенно это актуально для объектов деревянного зодчества, которые скоро пропадут с улиц наших городов. Конечно, традиционные обмеры должен уметь делать каждый архитектор, но технологии шагают вперед и позволяют собрать намного больше информации об измеряемом здании. Также, при использовании сканера для обмеров минимизируется человеческий фактор. С помощью рассматриваемых методов сканирования можно получить огромное количество информации не только об измеряемом объекте, но и о его ландшафтном окружении. Время, затрачиваемое на сканирование и обработку данных несравнимо меньше, чем при традиционных обмерах, а получаемая информация – больше. Даже самые лучшие ручные обмеры не сравнятся в точности с теми, которые высчитал аппарат. Внедрение сканирования при обмерах в учебный процесс обеспечит получение актуальных знаний и навыков при натурном обследовании зданий, что безусловно положительно скажется на востребованности будущих выпускников на рынке труда.

### **Литература**

1. Надырова Х.Г. Методические указания к обмерно-ознакомительной практике. Архитектурные обмеры. Казань: КГАСУ, 2016. 28 с.
2. Герасимова С.Г., Ибрагимов М.Б., Петров М.В. Перспективы создания 3D кадастра в России // Электронный журнал по геодезии картографии и навигации «Геопрофи». 2013. № 3. С. 5–8.
3. Киямов И.К., Мингазов Р.Х., Музафаров А.Ф., Ибрагимов Р.А., Сибгатуллин И.А. Объемное проектирование с использованием технологии лазерного сканирования // Ученые записки Альметьевского государственного нефтяного института. 2014. Т. 12, № 3. С. 88–93. EDN: SAMHOD.
4. Лустина О.В., Бикбаева Н.А., Купчечков А.М. Использование ВМ-технологий в современном строительстве // Молодой учёный. 2016. Т. 2, № 15. С. 187–190. EDN: UBLBMN.
5. Шамарина А.А., Мезенина К.О. Методика наземного лазерного сканирования и обработки данных при обследовании объектов историко-культурного наследия // Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика. 2016. № 2. С. 45–62. DOI: 10.15593/2409-5125/2016.02.03. EDN: VZSOBF.

УДК 658.5:624.05

DOI: 10.23968/BIMAC.2023.050

**Петровский Максим**, магистрант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail: petrovsky.maximus@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-7124-2723*

**Лотова Екатерина Александровна**, магистрант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail: katylotova@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4628-3723*

Petrovskiy Maxim, Master's degree student

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Lotova Ekaterina Aleksandrovna, Master's degree student

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

## **4D-МОДЕЛЬ КАК КОНКУРЕНТНОЕ ПРЕИМУЩЕСТВО ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА**

### **4D MODEL AS A COMPETITIVE ADVANTAGE IN THE REALIZATION OF A CONSTRUCTION PROJECT**

В статье выявлены конкурентные преимущества применения 4D-моделирования и рассмотрены основные показатели, влияющие на эффективность реализации инвестиционно-строительного проекта при использовании данной технологии, такие как стоимость, качество и продолжительность. По результатам исследования авторами сделан вывод о том, что наглядность представления 4D-модели дает возможность оперативно вносить исправления в последовательность строительно-монтажных работ и проводить анализ различных организационно-технологических решений за счет динамичности модели во времени. Авторы считают, что визуализация строительства повышает уровень координации участников проекта и стейкхолдеров, позволяет эффективно управлять сроками, контролировать бюджет проекта, прогнозировать развитие проекта, выявляя слабые стороны, что снижает инвестиционные риски и положительно влияет на качество строительного проекта в целом.

*Ключевые слова:* BIM, визуализация строительства, 4D-модель, управление проектом, цифровизация, календарный график.

This article defines the competitive advantages were identified of using 4D modeling as well as discusses the main indicators that affect the effectiveness of the implementation of an investment and construction project by using this technology, such as cost, quality, duration. According to the results of the study, the authors concluded that the visibility of the presentation of the 4D model makes it possible to promptly make corrections to the sequence of construction and assembly works as well as analyze various organizational and technological

solutions due to the dynamics of the model in time. The authors believe that visualization of construction allows you to increase the level of coordination of project participants and stakeholders, effectively manage deadlines, control the project budget, predict the development of the project, identifying weaknesses, which reduces investment risks and positively affects the quality of the construction project as a whole.

*Keywords:* BIM, construction visualization, project indicator, 4D-model, digitalization, project schedule.

Развитие ВМ-технологий не стоит на месте. Информационное моделирование зданий в значительной мере облегчает процесс цифровизации строительства и управления строительными проектами. Применение 4D-моделирования при реализации проектов, несомненно, влияет на основные показатели эффективности проекта, к которым можно отнести продолжительность, стоимость и качество. На рис. 1 изображена 4D-модель строительства и реконструкции многофункционального офисного здания, разработанная в рамках ВМ-чемпионата СПбГАСУ 2022 года.

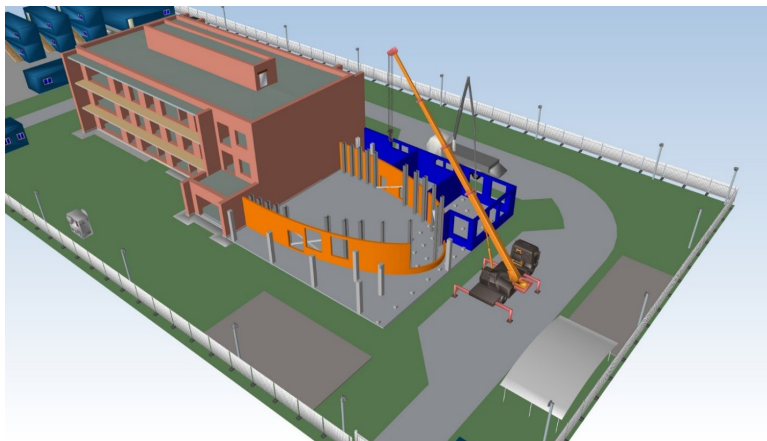


Рис. 1. 4D-модель строительства и реконструкции многофункционального офисного здания

Целью данной статьи является рассмотрение конкурентных преимуществ применения 4D-модели при строительстве жилых домов и промышленных зданий. Для достижения поставленной цели авторы ставят перед собой следующие задачи: провести анализ системы календарно-сетевго планирования, опросив представителей строительной отрасли Санкт-Петербурга, рассмотреть основные показатели проекта

(продолжительность, стоимость, качество), которые влияют на эффективность проведения строительно-монтажных работ (СМР), выявить необходимость использования данной технологии при строительстве крупных гражданских и промышленных объектов.

Получение полной информации об объекте, его текущем состоянии на разных стадиях жизненного цикла является основной задачей информационного моделирования [1]. Преимущество BIM технологий заключается в возможности определять коллизии и несоответствия, корректно рассчитывать сметы, сокращать материальные затраты и сроки строительства еще на этапе проектирования. Даже если какие-то ошибки будут допущены в дальнейшем, будет возможность для их оперативного и автоматизированного исправления.

Цифровизация организации строительства приводит к уменьшению продолжительности создания и повышению качества строительных объектов [2].

Планирование и контроль проекта при помощи визуализации строительства способствует:

- определению наиболее эффективных способов достижения целей проекта;
- координации участников проекта и заинтересованных сторон благодаря работе в единой информационной среде и созданию общей визуальной последовательности реализации всего проекта;
- правильному пониманию текущей ситуации на всех уровнях;
- прогнозированию развития проекта и выявлению слабых мест.

Основным инструментом управления сроками является календарный график, однако он становится неэффективным в том случае, когда содержит несколько тысяч работ. В рамках научного исследования был проведен анализ системы календарно-сетевое планирование путем опроса представителей застройщиков Санкт-Петербурга, работающих на руководящих должностях, в том числе руководителей проектов и специалистов по планированию. Опрос был проведен среди крупных девелоперских компаний, таких как ООО «Setl Group», ООО «Главстрой Санкт-Петербург», ПАО «ГК «Самолёт»» и др. Более 80 процентов опрошенных сотрудников считают, что такой объемный график сложно отслеживать и проверять на ошибки и несоответствия, вследствие чего на момент строительства он становится не актуальным. Кроме того, такой календарный план сложно проверить на взаимоувязку работ, отследить пространственно-временные коллизии, в том числе пересечение фронтов работ. В результате чего календарное планирование не помогает достигать лучших результатов при реализации строительных проектов – оно начинает мешать [3].

Благодаря 4D-моделированию календарные графики становятся «живыми» и наглядными. Наглядность представления выполняемых СМР на строительной площадке дает возможность оперативно оптимизировать календарный график и принимать решения в организационно-технологических вопросах, например, при строительстве в стеснённых условиях. План-фактный анализ, отображаемый на диаграмме Ганта и 4D-модели, дает возможность эффективно управлять сроками, оперативно выявляя проблемы и находя пути их решения без потери во времени и бюджете [4].

Для качественного управления стоимостью проекта в программном обеспечении SYNCHRO 4D Pro есть возможность создания графика показателей метода управления освоенным объемом путем назначения стоимостей на работы или ресурсы, как на материальные, так и на трудовые. Таким образом, программа автоматически формирует диаграмму основных параметров анализа освоенного объема с привязкой к календарному графику и, соответственно, к 4D-модели, что дает нам наглядное представление использования ресурсов и понимание в какой момент времени и на какие работы были затрачены денежные средства.

Динамичность 4D-модели позволяет спланировать материальные и технические ресурсы на каждом этапе СМР, а значит, в случае необходимости, сократить финансовые затраты исходя из аналитических данных, полученных из графика показателей метода управления освоенным объемом, а также за счет повышения управляемости и снижения простоев ресурсов и фронтов работ.

Всё это позволяет планировать и управлять финансовыми ресурсами, что даёт возможность инвесторам оценивать риски, принимать необходимые управленческие решения и показывать эффективность строительства объекта [1].

Повышение качества проекта заключается в повышении возможности реализуемости проекта. Это означает, что проведение анализа различных организационно-технологических решений позволит выбрать наиболее оптимальный и качественный вариант при реализации СМР.

Для повышения качества своих проектов крупные застройщики Санкт-Петербурга используют специализированные программные комплексы, которые позволяют отследить основные показатели инвестиционно-строительного проекта (ИСП).

Например, девелоперская компания ООО «Setl Group» для отслеживания эффективности строительных проектов использует программу АСИК (автоматизированная система инвесторского контроля). Данная программа позволяет следить за сроками, качеством и объемами строительства



на всех этапах жизненного цикла ИСП. Применение аналогичных программ на строительных площадках Санкт-Петербурга снижает инвестиционные риски и повышает качество планирования строительного проекта.

В настоящее время на строительных площадках Санкт-Петербурга преимущества технологии 4D-моделирования не используются в полной мере из-за специфики её применения при строительстве жилых домов. Использование данной технологии наиболее обоснованно при возведении каркаса здания или при строительстве в стеснённых условиях.

Максимальной эффективности применения 4D-технологии можно добиться при строительстве промышленных зданий и сооружений. Для снижения рисков при монтаже технологического оборудования в проектах строительства высокотехнологичных заводов возрастает необходимость в грамотной разработке организационно-технологической схемы строительства, а также увязке работ подрядных организаций во избежание простоя фронтов работ и строительной техники из-за высоких издержек и, как следствие, срыва сроков СМР. В статье В. А. Семенова, А. С. Аничкина, С. В. Морозова [5] отражена важность непрерывности потока работ. План-фактный анализ 4D-модели во время строительства позволит оперативно отследить недопустимое пересечение технологических процессов и правильно распределить ресурсы на фронтах работ.

На рис. 2 изображена 4D-модель монтажа технологического оборудования при реконструкции доменной печи в ПАО «ММК».

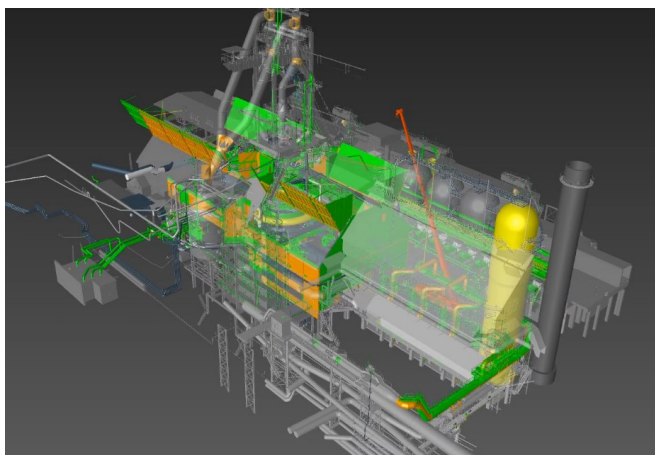


Рис. 2. 4D-модель монтажа технологического оборудования

Добавив привязку ресурсов к видам работ и календарному графику, строительная компания получит возможность точнее планировать бюджет и человеческий ресурс при реализации проектов.

### **Вывод**

В заключении можно отметить, что применение технологии 4D-моделирования позволяет при помощи наглядного представления строительной площадки решить множество организационно-технологических задач и предложить максимально эффективную организационную схему строительства, тем самым повысив качество реализации ИСП.

Еженедельное обновление данных по проекту, ресурсное планирование и отслеживание план-факта в 4D-модели помогает оперативно решать поставленные задачи не только на начальном этапе реализации проекта, но и во время строительства, а также дает возможность осуществлять мониторинг СМР в режиме реального времени, эффективно управлять сроками и контролировать бюджет проекта, что является основным конкурентным преимуществом при использовании технологии 4D-моделирования.

Работа проведена в рамках реализации проекта «Инновационная методика формирования цифровых профессиональных компетенций обучающихся и специалистов строительной отрасли» на базе Федеральной инновационной площадки ФГБОУ ВО СПбГАСУ.

### **Литература**

1. Кочетова К.Д., Хачиев Р.В., Касаткина А.И. Особенности внедрения ВІМ технологий в организацию строительного производства в России. В сб.: Технология и организация строительного производства. Материалы Всеросс. молод. научно-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 117–123. EDN: TTRNRY.
2. Бовтеев С.В. 4D-моделирование в строительстве. URL: <https://ppr48.ru/blog/4d-modelirovanie-stroitelstvo/> (дата обращения: 10.02.2023).
3. Бовтеев С.В. Применение 4D-моделирования в целях повышения эффективности календарного планирования строительства // ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Матер. III Междунар. научно-практ. Конф. СПб.: СПбГАСУ, 2020. С. 81–87. DOI: 10.23968/BIMAC.2020.009. EDN: EVWFOA.
4. Диско А.И. Применение продуктов SYNCHRO для комплексного управления строительством // ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Матер. V Междунар. научно-практ. конф. Под общ. ред. А. А. Семенова. СПб.: СПбГАСУ, 2022. С. 226–232. DOI: 10.23968/BIMAC.2022.028. EDN: RDSPFA.
5. Семенов В.А., Аничкин А.С., Морозов С.В., Тарлапан О.А., Золотов В.А. Комплексный метод составления расписаний для сложных промышленных программ с учетом пространственно-временных ограничений // Труды Института системного программирования РАН. 2014. Т. 26, № 1. С. 457–482. EDN: RUMXCZ.

УДК 658.5:624.05

DOI: 10.23968/ВІМАС.2023.051

**Погребной Арсений Александрович**, магистрант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail: arseniyaleksandrovich.pogrebnoy@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9351-9973*

**Петелин Михаил Евгеньевич**, магистрант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail: p.mikhail25@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-9493-4343*

**Фуртаева Анна Александровна**, магистрант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail: furtaeva.anyuta@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-5910-7206*

Pogrebnoy Arseniy Aleksandrovich, Master's degree student  
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Petelin Mikhail Evgenievich, Master's degree student  
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Furtayeva Anna Alexandrovna, Master's degree student  
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМАМ 4D-МОДЕЛИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

### **DEFINITION OF FUNCTIONAL AND TECHNICAL REQUIREMENTS FOR 4D MODELING SYSTEMS OF BUILDING PRODUCTION**

В данной статье обоснована актуальность применения 4D-моделирования в строительстве, а также рассмотрена необходимость в создании программного обеспечения отечественного производства, способного полностью заменить импортные аналоги. Сформулированы функциональные и технические требования к разрабатываемым системам 4D-моделирования строительного производства путем сбора информации из научно-технической литературы, интервьюирования специалистов по календарно-сетевому планированию в строительстве и синтеза полученных данных. Приведен сравнительный анализ наиболее известных российских программных продуктов, предназначенных для 4D-моделирования, уже существующих на сегодняшний день, но находящихся на стадии доработки.

*Ключевые слова:* ТИМ, 4D-моделирование, импортозамещение, программного обеспечение, визуализация строительства, календарно-сетевое планирование.

This article gives proof of the relevance for 4D modeling in construction. It considers the need to create domestically produced software that can fully replace imported counterparts. The functional and technical requirements for the developed systems for 4D modeling of construction production are formulated by collecting information from scientific and technical literature, interviewing specialists in scheduling and network planning in construction and synthesis of the obtained data. Here it is presented a comparative analysis of the most famous Russian software products designed for 4D modeling. They already exist today, but are still at the stage of completion.

*Keywords:* BIM, 4D modeling, import substitution, software, construction visualization, construction scheduling.

4D-моделирование – это относительно новое направление в строительной сфере, которое представляет из себя 3D-модель и календарный график строительства, объединенные в четырехмерную модель.

Такое представление позволяет упростить процесс поиска ошибок и неточностей в 3D-модели и календарном графике, визуально продемонстрировать все строительные этапы, принять более рациональные решения для конкретного случая, и, как следствие, снизить уровень неопределенности строительного проекта.

В связи с введением иностранными государствами санкций против Российской Федерации и последующим уходом из нашей страны многих зарубежных компаний, некоторые отрасли народного хозяйства столкнулись с определенными сложностями, в том числе и строительная. В частности, с рынка ушли, получившие в России наиболее широкое применение, программные продукты Navisworks (компания Autodesk) и SYNCHRO Pro (компания Bentley Systems) [1]. Однако еще до ухода данных программ с Российского рынка, одной из проблем, стоящих на пути активного внедрения технологий 4D-моделирования в строительную отрасль, являлось отсутствие качественного отечественного ПО [2].

Для того, чтобы визуальное планирование строительных процессов не ушло из РФ вместе с данными компаниями, и, более того, продолжило развиваться, необходимо создать отвечающее всем запросам планировщиков российское ПО. Целью данной статьи является формулирование функциональных и технических требований к разрабатываемым программным продуктам 4D-моделирования строительного производства. Для достижения данной цели необходимо выполнить анализ существующего ПО, выявить необходимые функциональные возможности, изучить требовательность программ к характеристикам ПК,

сформировать четкие требования и провести сравнительный анализ рассматриваемых продуктов.

На данный момент времени в разработке находятся несколько программных продуктов, наиболее известными из которых являются 7D Modeler, разрабатываемый ООО «Открытые ТИМ системы»; Plan-R, разрабатываемый ООО «Цифровые практики»; АДЕПТ: ВІМ, разрабатываемый ГК «АДЕПТ». Интерфейсы вышеперечисленных программ показаны на рис. 1, рис. 2 и рис. 3 соответственно.

Посредством анализа научно-технической литературы и существующих систем 4D-моделирования, интервьюирования планировщиков строительного производства, а также обобщения и синтеза собранной информации, были выявлены функциональные и технические требования к разрабатываемому ПО:

1. Наличие пользовательских визуальных профилей (типов задач), которые предусматривают такие опции как:

- a. симуляция роста 3D-элемента;
- b. выделение разным цветом различных работ, осуществляемых с одним 3D-элементом, например, установка опалубки, армирование, бетонирование, набор прочности, демонтаж опалубки;
- c. интерполяция прозрачности 3D-элемента (функция, показывающая завершенность рабочих операций при помощи уровня прозрачности элемента).

2. Инструментов объединения нескольких 3D-элементов в группы, что позволит показать направление строительных процессов.

3. Инструментов для создания простых 3D-элементов, например, для отображения временных зданий.

4. Инструментов для нарезки существующих 3D-элементов, в частности, для деления на захватки.

5. Возможности создания 3D-путей движения машин и механизмов и возможности назначения 3D-путей на ресурсы и работы, что позволит показывать движение техники по объекту во время выполнения строительных работ.

6. Возможности показа работ внутри объекта при помощи сечений или прозрачных наружных конструкций во время анимации.

7. Функции фильтрации 3D-элементов (3D-ресурсов) по разным параметрам и для разных целей [3, 4].

8. Инструментов для проведения пространственно-временных тестов, для выявления различных коллизий, в том числе пересечений рабочих пространств [5].

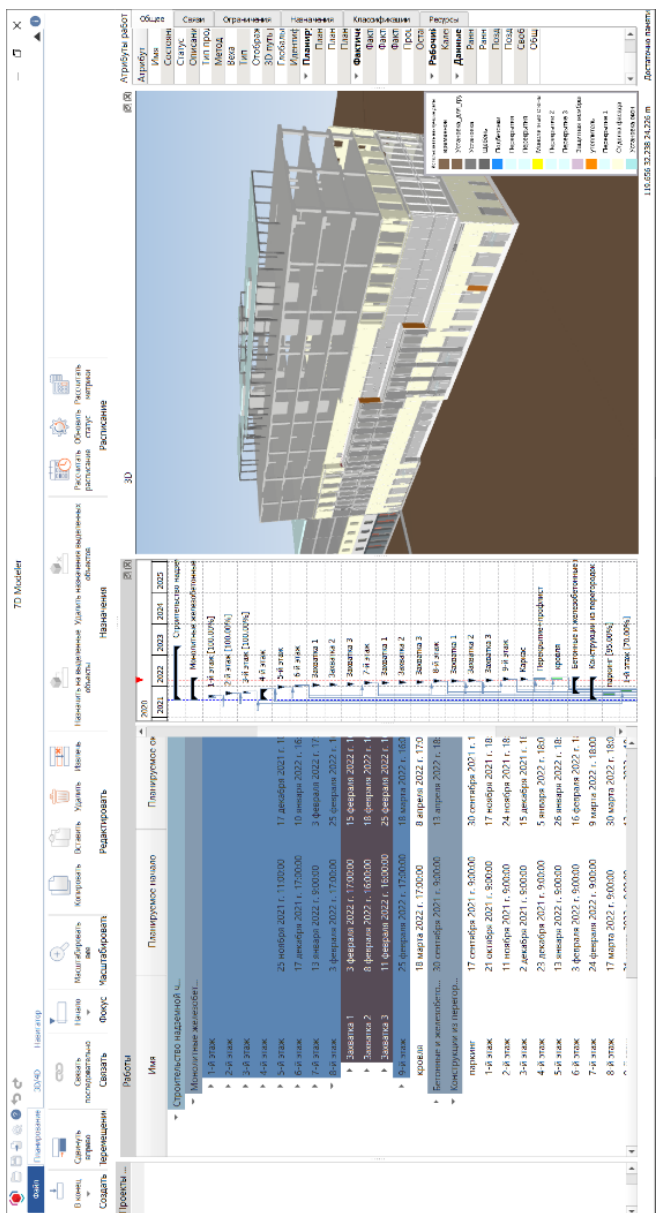


Рис. 1. Интерфейс программы 7D Modeler

9. Среды общих данных для совместной работы над проектом.
  10. Мобильного приложения, в частности, для доступа со стройплощадки [6].
  11. Функции объединения различных 3D-моделей в программе.
  12. Функции объединения отдельных 4D-моделей комплекса зданий в одном файле для планирования строительства данного комплекса в целом, которое может быть реализовано посредством создания ссылок на 4D-модели, что облегчит общую 4D-модель.
  13. Функции синхронизации с 3D-моделью и календарно-сетевым графиком, для возможности обновления составляющих 4D-модели без потери данных.
  14. Адекватной требовательности программы к характеристикам ПК, иными словами, ПО должно исправно работать на ПК, имеющем объем оперативной памяти 8 Гб, процессор с тактовой частотой 2,8 ГГц и графическую карту с пропускной способностью памяти 2 Гб.
- В таблице представлен сравнительный анализ программных продуктов SYNCHRO Pro, Navisworks, 7D Modeler, Plan-R и АДЕПТ: BIM на основании приведенных выше требований.

**Сравнительный анализ программных продуктов**

Порядковый номер требования		Наименование продукта				
		SYNCHRO Pro	Navisworks	7D Modeler	Plan-R	АДЕПТ: BIM
1	a	+	-	-	-	-
	b	+	+	+	+	+
	c	+	-	-	-	-
2		+	-	-	-	-
3		+	-	+	-	-
4		+	-	-	-	-
5		+	-	+	-	-

*Окончание таблицы*

Порядковый номер требования	Наименование продукта				
	SYNCHRO Pro	Navisworks	7D Modeler	Plan-R	АДЕПТ: BIM
6	+	–	–	–	–
7	+	+	+	+	+
8	+	+	+	–	–
9	+	+	–	+	–
10	+	+	–	+	–
11	+	+	–	–	+
12	–	–	–	–	–
13	+	+	–	–	–
14	+	+	+	+	+
Итого	15/16	8/16	6/16	5/16	4/16

Таким образом, исходя из требований, сформулированных в данной статье, можно сделать вывод, что в отечественных ПО реализованы не все функции, необходимые для создания качественной 4D-модели и удобной работы с ней.

Однако процесс совершенствования российских программных продуктов ведется. По результатам сравнительного анализа программ на момент написания статьи наибольшим функционалом обладает 7D Modeler. По оценке данных от разработчиков, при сохранении тенденции развития, перечисленные требования будут достигнуты уже к концу 2023 года.



The screenshot displays the BIM 360:// software interface. At the top, there is a 3D perspective view of a building model with a red roof structure. Below the model is a table with the following columns: Шифр (Code), Наименование (Name), Старт (Start), Факт (Actual), Прогноз (Forecast), Исполнитель (Executor), and Наименование ЭО (EO Name). The table lists various construction tasks such as 'Устройство канальной водосточной системы' and 'Монтаж системы наружной вентиляции'. To the right of the table is a 'ТАБЛИЦА ЗАПРОСОВ И ТУРНИРОВ' (Table of Requests and Tournaments) with columns for 'Выборка с сайта СМР-РД' and 'Дата выдачи приказа/разрешения'. At the bottom, there are sections for 'ПАРАМЕТРЫ' (Parameters) and 'ОБЕСПЕЧЕНИЕ' (Supply), including 'Наименование' (Name) and 'Шифр' (Code).

Шифр	Наименование	Старт	Факт	Прогноз	Исполнитель	Наименование ЭО
01.02.02	Устройство канальной водосточной системы	01.03.2021	02.03.2021	100	ООО "НасосСтарт-Ветра"	ЭО
01.02.03	Монтаж системы наружной вентиляции	27.02.2021	28.02.2021	100	ООО "НасосСтарт-Ветра"	ЭО
01.02.03	Устройство наружных канальных систем 1-го этажа	27.02.2021	28.02.2021	100	ООО "НасосСтарт-Ветра"	ЭО
01.02.03	Устройство внутренних канальных систем 1-го этажа	27.02.2021	28.02.2021	100	ООО "НасосСтарт-Ветра"	ЭО
01.02.03	Устройство канальной системы 1-го этажа	01.03.2021	02.03.2021	100	ООО "НасосСтарт-Ветра"	ЭО
01.02.03	Устройство канальной паропровода 1-го этажа	07.03.2021	08.03.2021	100	ООО "НасосСтарт-Ветра"	ЭО
01.02.03	Устройство наружных канальных систем 2-го этажа	10.03.2021	11.03.2021	100	ООО "НасосСтарт-Ветра"	ЭО
01.02.03	Устройство внутренних канальных систем 2-го этажа	10.03.2021	11.03.2021	100	ООО "НасосСтарт-Ветра"	ЭО
01.02.03	Устройство канальной системы 2-го этажа	12.03.2021	13.03.2021	100	ООО "НасосСтарт-Ветра"	ЭО
01.02.03	Устройство канальной паропровода 2-го этажа	18.03.2021	20.03.2021	100	ООО "НасосСтарт-Ветра"	ЭО
01.02.03	Устройство наружных канальных систем 3-го этажа	21.03.2021	22.03.2021	100	ООО "НасосСтарт-Ветра"	ЭО
01.02.03	Устройство внутренних канальных систем 3-го этажа	23.03.2021	24.03.2021	100	ООО "НасосСтарт-Ветра"	ЭО
01.02.03	Устройство канальной системы 3-го этажа	23.03.2021	24.03.2021	100	ООО "НасосСтарт-Ветра"	ЭО
01.02.03	Устройство канальной паропровода 3-го этажа	27.03.2021	28.03.2021	100	ООО "НасосСтарт-Ветра"	ЭО
01.02.04	Устройство внешних канальных систем 1-го этажа	27.03.2021	28.03.2021	100	ООО "Спрингарт-Бурлина"	ЭО
01.02.04	Устройство внутренних канальных систем 1-го этажа	27.03.2021	28.03.2021	100	ООО "Спрингарт-Бурлина"	ЭО
01.02.04	Устройство внешних канальных систем 2-го этажа	01.04.2021	02.04.2021	100	ООО "Спрингарт-Бурлина"	ЭО
01.02.04	Устройство внутренних канальных систем 2-го этажа	01.04.2021	02.04.2021	100	ООО "Спрингарт-Бурлина"	ЭО
01.02.04	Устройство внешних канальных систем 3-го этажа	27.03.2021	28.03.2021	100	ООО "Спрингарт-Бурлина"	ЭО
01.02.05	Устройство наружных систем канальной системы (ПТУ)	28.03.2021	29.03.2021	100	ООО "Спрингарт-Угличинка-ПТУ"	ЭО
01.02.05	Устройство внутренних канальных систем 1-го этажа (Ван)	03.04.2021	04.04.2021	100	ООО "Спрингарт-Угличинка-МБ"	ЭО
01.02.05	Устройство внутренних канальных систем 2-го этажа (Ван)	03.04.2021	04.04.2021	100	ООО "Спрингарт-Угличинка-МБ"	ЭО
01.02.05	Устройство внутренних канальных систем 3-го этажа (Ван)	29.03.2021	30.03.2021	100	ООО "Спрингарт-Угличинка-МБ"	ЭО
01.02.05	Обработка стеновых конструкций из стальных конструкций	05.04.2021	07.04.2021	100	ООО "Спрингарт-Пилла-обработка"	ЭО

Рис. 2. Интерфейс программы Plan-R

The screenshot displays the ADIT:VIM software interface. At the top, there is a menu bar with options like 'Файл', 'Вид', 'Редактирование', 'Вставка', 'Справка'. Below the menu is a toolbar with various icons for file operations, editing, and viewing. The main window is divided into several sections:

- 3D Model View:** A central 3D rendering of a building structure with a grid of columns and beams. A blue vertical bar is visible on the right side of the model.
- Structure 3D Model:** A panel on the right side of the 3D view showing a list of structural elements and their properties.
- Data Table:** A table at the bottom of the interface listing structural elements with columns for ID, Name, Volume (Кол. во), Area (Пл. поверх.), and Weight (Факт. вес).

№	И	Наименование работ	ЕН	Кол. во	Пл. поверх. м <sup>2</sup>	Факт. вес т	Факт. трн
1		полный фланг с привалкой к плите	П11	360 шт.	10489,24097	14764,2323	30
2		Сетка №1 "Сетка"	360 шт.	10489,24097	14764,2323		
3		Раздел "02-01-01-Свайные основания"	10 шт.	146,7610373	315111960,1		
4		Погружение железобетонных свай 120 мм диаметром длиной 10 до 18 м	10 шт.	170,6523	315111960,1	449	100 % / 3 410 280 руб.; 3 410 280 руб.;
5		Раздел "02-02-01-Подготовитель"	4 шт.	4 шт.	146,7610373	315111960,1	100 % / 7 901 руб.; 7 901 руб.;
6		Устройство опалубки под фундаменты свайбвенного	Р3	68,606	3,42 шт.	4 шт.	100 % / 14,708 руб.; 14,708 руб.;
7		Раздел "02-02-02-Подготовитель"	2 шт.	2 шт.	146,7610373	315111960,1	100 % / 14,708 руб.; 14,708 руб.;
8		Устройство опалубки под фундаменты железобетонного	Р3	30,8662	1,4 шт.	3 шт.	100 % / 5,148 руб.; 5,148 руб.;
9		Раздел "02-02-03-Подготовитель"	2 шт.	2 шт.	146,7610373	315111960,1	100 % / 7 901 руб.; 7 901 руб.;
10		Гидроизоляция стень. Фундаментов горизонтальная оклеивая в 2 слоя	Р2	343,318	1,7 шт.	2 шт.	100 % / 20,592 руб.; 20,592 руб.;
11		Раздел "02-02-04-Подготовитель"	2 шт.	2 шт.	146,7610373	315111960,1	100 % / 5,148 руб.; 5,148 руб.;
12		Устройство опалубки под фундаменты железобетонного	Р3	30,8662	1,4 шт.	2 шт.	100 % / 5,148 руб.; 5,148 руб.;
13		Раздел "02-03-01-Фундаментная плита"	6 шт.	6 шт.	146,7610373	315111960,1	100 % / 20,592 руб.; 20,592 руб.;

Additional information at the bottom of the table: Итого: 131,22022 Метров: 360 шт. Обозначение: 27.05.2024 Всего по плану: 681926 руб. Фланг №1

Рис. 3. Интерфейс программы АДІТ:ВІМ

### Литература

1. Диско А.И. Исследование истории развития BIM-технологий как инструмента комплексного управления инвестиционным проектом // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Матер. IV Междунар. научно-практ. конф. Под общ. ред. А. А. Семенова. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 491–497. DOI: 10.23968/BIMAC.2021.062. EDN: IDJJDR.
2. Трофимова Л.А., Трофимов В.В. Реализация стратегии инновационного развития строительной отрасли РФ на основе информационного моделирования промышленных и гражданских объектов // Современное строительство и архитектура. 2017. № 1(05). С. 31–35. DOI: 10.18454/mca.2017.05.1. EDN: XXBSSL.
3. Бовтеев С.В. Требования к функциональным возможностям программного обеспечения 4D-моделирования // Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве: Материалы V Международной научно-практической конференции. Екатеринбург: УрГАХУ, 2022. С. 12. EDN: YCONUZ.
4. Бовтеев С.В. Применение 4D моделей в строительстве // Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве: Матер. IV Междунар. научно-практ. конф. Екатеринбург: УрГАХУ, 2021. С. 32. EDN: QVOMPK.
5. Эльшейх А.М. 4D визуализация рабочих пространств в ходе строительства // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 276. EDN: RIOPTI.
6. Диско А.И. Применение продуктов SYNCHRO для комплексного управления строительством // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Матер. V Междунар. научно-практ. конф. Под общ. ред. А. А. Семенова. СПб.: СПбГАСУ, 2022. С. 226–232. DOI: 10.23968/BIMAC.2022.028. EDN: RDSPFA.

**УДК 698+004.94**

**DOI:** 10.23968/ВМАС.2023.052

**Пушкарев Иван Андреевич**, канд. техн. наук, доцент

(Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова)

*E-mail:* pial0no@mail.ru

**Евсыгина Валерия Александровна**, магистрант

(Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова)

*E-mail:* vaevsyagina@gmail.com

**Шанина Татьяна Сергеевна**, магистрант

(Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова)

*E-mail:* taniell@inbox.ru

Pushkarev Ivan Andreevich, PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

Evyagina Valeria Alexandrovna, Master's degree student  
(Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

Shanina Tatiana Sergeevna, Master's degree student  
(Kalashnikov Izhevsk State Technical University)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА И ВМ-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАСЧЕТЕ ЭЛЕМЕНТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

### **USE OF SOFTWARE COMPLEXES OF FINITE ELEMENT ANALYSIS AND BIM-TECHNOLOGIES IN THE CALCULATION OF BUILDING STRUCTURAL ELEMENTS**

Моделирование конструкций на основе программных комплексов конечно-элементного анализа и при использовании ВМ-технологий имеет ряд особенностей. На основе физической модели, полностью отражающей реальный объект, может быть получена конструктивная схема, которая служит основой для численной (конечно-элементной) модели элемента конструкции. С другой стороны, при использовании ВМ-технологий возможно расширение параметров расчетов, при этом расчет строительных конструкций производится с помощью наработанной базы типовых узлов и элементов. Это ускоряет процессы конструкторских расчетов и позволяет получить наглядное представление рассматриваемого элемента конструкции.

*Ключевые слова:* информационные технологии, ВМ-модель, элемент строительной конструкции, препроцессор, метод конечных элементов.

Modeling structures based on finite element analysis software systems and using BIM technologies has a number of features. On the basis of a physical model that fully reflects the real object, a structural scheme can be obtained, which serves as the basis for a numerical (finite element) model of a structural element. On the other side, when using BIM technologies, it is possible to expand the parameters of calculations, while the calculation of building structures is carried out using the established base of typical units and elements. This speeds up the processes of design calculations and allows you to get a visual representation of the considered structural element.

*Keywords:* information technology, BIM model, building element, preprocessor, finite element method.

Один из важнейших этапов проектирования зданий и сооружений – расчет строительных конструкций. Проектируемое здание или сооружение должно отвечать требованиям по надежности, которые регламентируются строительными нормами, в том числе Федеральным законом № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». Необходимый уровень надежности обеспечивается расчетными требованиями норм проектирования и зависит от методов расчета, принятой конструктивной схемы, вида соединений конструктивных элементов, правил конструирования, плана контрольных испытаний и условий приемки при изготовлении конструкций и монтаже здания [1].

С 19 июля 2018 года вступило в действие Поручение Президента РФ № 1235 «О первоочередных задачах по модернизации строительной отрасли и повышению качества строительства», содержащее требования о внедрении технологий информационного моделирования, использовании отечественного программного обеспечения для информационного моделирования зданий и сооружений, таким образом, ускорился переход от расчетов, выполняемых без применения информационных технологий к расчетам, которые производятся с использованием BIM-технологий [2].

Целью работы является сравнение процесса расчета элементов строительных конструкций на основе различных расчетных инструментов, таких как программные комплексы конечно-элементного анализа и BIM-технологии.

Автоматизация процессов проектирования позволяет ускорить процессы, повысить точность вычислений и расчетов, улучшить технико-экономические качества проекта. На рынке представлены следующие расчетные программные комплексы, основанные на методе конечно-элементного анализа: ЛИРА-САПР, ЛИРА 10, MSC Nastran, PTC Mathcad

Prime, Maple, Advance Steel, LinPro и др. [3, 4] в которых результаты расчетов представлены в графическом виде или в таблицах.

С другой стороны, использование ВМ-технологий позволяет расширить параметры расчетов. Возможно использование пре- и постпроцессоров, таких, как САПФИР и FEMAP и др. Так, доступный к использованию ПК САПФИР выполняет роль архитектурного препроцессора в составе расчетного ПК ЛИРА-САПР. При его использовании выполняются детализированные расчетные схемы. В то же время ПК САПФИР используется и в качестве постпроцессора, целью которого является решение задач проектирования элементов конструкции здания с учетом результатов конечно-элементного расчета [5].

Стоит отметить, что расчеты в программных комплексах построены на принципах строительной механики и их использование построено на глубоком понимании предмета. Для более детального сравнения методов, был выбран расчет железобетонной балки. Это обуславливается сложностью и востребованностью расчета [6]. В таблице представлено сравнение процесса расчета элементов строительной конструкции на базе конечно-элементного анализа и при использовании ВМ-технологий по выбранным критериям на основе анализа литературы по данному вопросу [2–6].

**Сравнение процесса расчета элементов строительной конструкции на основе конечно-элементного анализа и при использовании ВМ-технологий**

ПО Критерии	На основе программных комплексов конечно-элементного анализа	При использовании ВМ-технологий
Связь с цифровой моделью здания	Не предусмотрен в таких программных комплексах, как ЛИРА-САПР, ЛИРА 10, MSC Nastran, PTC Mathcad, Prime, Maple, Advance Steel, LinPro и др.	Реализация технологии ВМ позволяет интегрироваться с такими приложениями, как САПФИР, Revit, Tekla, AutoCAD, ArchiCAD, Allplan, и др. на основе DXF, MDB, STP, SLI, MSH, STL, OBJ, IFC и др. файлов

Окончание таблицы

Критерии \ ПО	На основе программных комплексов конечно-элементного анализа	При использовании BIM-технологий
Скорость расчетов	Геометрическая схема вычерчивается в отдельной программе, сбор данных проводится расчетчиком. Требуется выполнять расчеты отдельно для каждого элемента, при изменении условий требуется выполнять новые	Графический интерактивный ввод данных сложных пространственных конструкций производится при помощи естественных для инженера объектов, библиотеки и нормативные документы регулярно обновляются
Точность расчетов	Зависит от принятых допущений и иных факторов	Зависит от принятых допущений и иных факторов, по окончании расчета требуется анализ полученных данных специалистом
Модель элемента конструкции для расчетов	Численная на основе конструктивной модели	Архитектурная на основе результатов BIM-пакетов

Таким образом, расчет, выполненный на основе программных комплексов конечно-элементного анализа позволяет получить характеристики напряженно-деформированного состояния (перемещения, напряжения, усилия, результаты расчета на устойчивость и динамические воздействия и др.) без визуализации элемента. С другой стороны, BIM-моделирование позволяет ускорить процесс конструкторских расчетов, предусмотреть задание параметров в расчетах с учетом физической и инженерной нелинейностей и получить визуальное представление рассматриваемого элемента конструкции. Экспорт данных из BIM-модели и использование препроцессоров и постпроцессоров требует определенной оснащенности рабочего места и необходимых знаний в области информационного проектирования. В настоящее время инженеру-проектировщику необходимо в совершенстве владеть знаниями по расчету

элементов строительных конструкций как на основе программных комплексов конечно-элементного анализа, так и знаниями по конструкторским расчетам с использованием ВІМ-технологий.

### **Литература**

1. Левченко В.Н., Кротюк В.И., Водолазский С.Н., Овчаренко Д.В., Хомич В.И. Экономическое обоснование надежности и долговечности строительных конструкций зданий и сооружений // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2022. № 1(153). С. 91–98. EDN: QBUQZW.
2. Рыбин Е. Н., Амбарян С. К., Аносов В.В., Гальцев Д.В., Фахратов М.А. ВІМ-технологии // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019. Т. 9, № 1(28). С. 98–105. EDN: HLTTRU.
3. Соловьев Н.А., Семенов А.М., Паничев В.В., Горюнова А.М. Автоматизация процесса принятия решений в сфере организации ремонта зданий и сооружений // Научно-технический вестник Поволжья. 2019. № 4. С. 173–175. EDN: BQGSAN.
4. Шишкин Н.В., Щукин И.С. Применение ВІМ технологий при проектировании промышленных зданий // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2020. Т. 1. С. 172–176. EDN: MJBQX.
5. Барабаш М.С., Медведенко Д.В., Палиенко О.И. Программные комплексы САПФИР и ЛИРА-САПР – основа отечественных ВІМ-технологий. 2-е изд. М.: Изд-во Юрайт, 2013. С. 473–474. EDN: VTTVKJ.
6. Задорожная А.В., Трофимова В.М., Аксенов Н.Б. Особенности использования ВІМ технологий при расчёте железобетонных конструкций // Инженерный вестник Дона. 2019. № 7(58). С. 18. EDN: MFMZPU.



УДК 69.05

DOI: 10.23968/ВІМАС.2023.053

**Старикова Дарья Владимировна**, магистрант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail: dariastarikovapin@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4796-4910*

Starikova Daria Vladimirovna, Master's degree student  
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

## **ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ КОНТРОЛЯ ЗА ХОДОМ СТРОИТЕЛЬСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ УМНОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ**

### **CONTROL THE PROGRESS OF CONSTRUCTION USING SMART SITE TECHNOLOGIES**

Исследование перспектив применения технологий умной строительной площадки в сфере организации строительства вызывает значительный интерес в последние годы. В данной статье рассматривается вопрос контроля за ходом строительства зданий и сооружений и повышения качества выполнения строительно-монтажных работ. Проанализирован мониторинг сроков и качества выполнения строительно-монтажных работ. Определены цели данного вида мониторинга. В работе приведены технологии, позволяющие автоматизировать контроль за ходом строительства. В статье выделены преимущества применения технологий умной строительной площадки, которые позволяют эффективно производить контроль за ходом строительства.

*Ключевые слова:* организация строительства, BIM, мониторинг, лазерное сканирование, умная строительная площадка.

The study of the prospects for the use of smart construction site technologies in the field of construction management has attracted considerable interest in recent years. This article discusses the issue of monitoring the progress of construction of buildings and structures and improving the quality of construction and installation works. The monitoring of the timing and quality of construction and erection works was analyzed. The goals of this type of monitoring are determined. The paper presents technologies that allow to automate the control over the progress of construction. The article highlights the advantages of using smart construction site technologies, which allow you to effectively control the progress of construction.

*Keywords:* construction organization, BIM, monitoring, laser scanning, smart construction site.

Возведение зданий и сооружений – это достаточно сложный и трудоемкий процесс, который немислим без грамотного руководства и четкой организации. Необходимо уделять большое внимание вопросам осуществления контроля за ходом строительства. В данной статье описано применение технологий умной строительной площадки в этом направлении. Процесс перехода от данных со строительной площадки к их цифровой обработке позволяет более эффективно координировать строительство и соблюдать соответствие проекту и стандартам [1].

В Российской Федерации на период до 2030 года одним из стратегических направлений развития является цифровая трансформация строительной отрасли, городского и жилищно-коммунального хозяйства [2]. Это говорит о том, что развитие умной строительной площадки является приоритетной задачей.

Целью статьи является оценка применения технологий умной строительной площадки при контроле процесса строительства. Для достижения указанной цели решены следующие задачи:

1. Оценка метода мониторинга сроков выполнения и качества строительно-монтажных работ.
2. Описание технологий умной строительной площадки, которые применяются при контроле за строительством.
3. Определение преимуществ применения технологий умной строительной площадки, которые позволяют эффективно производить контроль за ходом строительства.

Анализ информационных источников показал, что цифровизация строительства имеет большой потенциал на этапе контроля за строительством и качеством выполнения строительно-монтажных работ. Одним из видов контроля является мониторинг.

### **Мониторинг строительства**

Мониторинг хода строительства – это система наблюдения за процессом строительства зданий и сооружений через равные промежутки времени с использованием ряда инновационных технологий [3].

Информация, собранная в ходе мониторинга, позволяет анализировать и оценивать обстановку на всей строительной площадке.

Цель мониторинга сроков выполнения и качества строительно-монтажных работ можно проследить из самого определения.

Мониторинг хода строительства осуществляется для:

- принятия оперативных и своевременных инженерных и управленческих решений;

- создания архива, полученного по ходу возведения объекта;
- создания баз данных, формируемых из информации о реальных объемах, фактических датах выполнения работ, соблюдения технологий и др.

Важность обеспечения сроков и качества строительства неоспорима. Срывы сроков производства и снижение качества строительно-монтажных работ ведут к увеличению затрат на реализацию строительных проектов.

Для автоматизации мониторинга сроков выполнения строительно-монтажных работ используют программное обеспечение (ПО), которое связано с календарным планированием. К таким ПО относятся Microsoft Project, Oracle Primavera, Powerproject, Spider Project и др.

Процесс строительства должен сопровождаться оперативным учетом фактического выполнения работ. Текущие данные по выполнению обычно фиксируются и вносятся в календарный план для актуализации и анализа выполнения проекта в целом.

Человеческий фактор часто является причиной отклонений от сроков и качества строительства. Для решения данной проблемы выделяют ряд основных технологий сбора данных со строительной площадки [4]. Среди них лазерное сканирование, радиочастотная идентификация (RFID) и видеокамеры с искусственным интеллектом.

### **Лазерное сканирование**

Лазерное сканирование – это метод получения 3D моделей объекта. При сканировании прибор вычисляет расстояние, горизонт и вертикальные углы до видимых точек объекта. Вследствие этого формируется трехмерное изображение в виде облака точек.

Виды лазерного сканирования:

- наземное, производится с земли путем наведения прибора на объект;
- мобильное, производится с транспортного средства в непрерывном режиме;
- воздушное, производится с помощью БПЛА и дронов.

У лазерного сканирования есть ряд недостатков, которые влияют на внедрение. К ним относят: большой объем файлов, сложность обработки и присутствие лишних элементов.

Лазерное сканирование строительной площади позволяет с высокой точностью выполнить текущий мониторинг состояния строительства.

Данные, полученные при проведении лазерного сканирования, используются для:

- разработки исполнительной документации;

- выявления и фиксации дефектов на каждом этапе строительных работ;
- наблюдения за безопасностью;
- осуществления авторского надзора;
- своевременного контроля строительно-монтажных работ с указанием временных сроков и объемов [5].

### Радиочастотная идентификация (RFID)

Радиочастотная идентификация (RFID) – способ идентификации объекта, в котором путем передачи радиосигналов считываются и передаются сведения, хранящиеся в RFID-метке [6].

Технология RFID имеет ряд явных преимуществ:

- отсутствие физического контакта с объектом для считывания данных по метке;
- наличие возможности одновременного считывания нескольких меток;
- отсутствие влияния на точность считывания данных;
- возможность размещения метки внутри объекта, что позволяет исключить повреждение метки.

Работа системы RFID может быть описана следующим образом (см. рис.). К объектам, которые необходимо регулярно отслеживать и регистрировать, прикрепляются метки, содержащие уникальный код или другую информацию, необходимую для точной идентификации.



Структура работы технологии радиочастотной идентификации (RFID)

Использование технологии RFID при строительстве не только позволяет контролировать происхождение конструкций, но и упрощает расчеты с поставщиками, поддерживает запасы на нужном уровне, сокращает время на инвентаризацию, позволяет быстрее находить необходимые элементы в местах хранения и автоматизирует отчетность там, где

это необходимо. Стоит также отметить, что при сдаче объектов в эксплуатацию с помощью данной технологии легче проверить, из каких именно элементов состоит здание.

### **Видеокамеры с искусственным интеллектом**

Визуальное наблюдение за строительной площадкой и её окрестностями осуществляется для обеспечения безопасности объекта, проверки наличия запасов материалов и контроля за рабочими. Видеокамеры с искусственным интеллектом используют компьютерные алгоритмы, которые анализируют весомые объемы данных в режиме текущего времени.

Задачи, которые решает интеллектуальное видеонаблюдение:

- контроль соблюдения техники безопасности;
- мониторинг хода работ;
- контроль дисциплины у рабочих;
- фиксация нештатных ситуаций и несчастных случаев на строительной площадке;
- контроль приемки и разгрузки материалов;
- осуществление пропускного режима на объект;
- предоставление информации о ходе строительства.

Также возможно использовать камеры с различными программными датчиками. Например, датчики температуры и открытого огня для выявления нарушений правил пожарной безопасности [7].

Несмотря на многочисленные сложности организационного и экономического характеров, можно рассчитывать на внедрение в скором времени многих технологий, описанных в статье в использование строительными организациями.

### **Выводы:**

1. Анализ мониторинга сроков выполнения и качества строительно-монтажных работ, показал, что есть ряд преимуществ его проведения. К ним необходимо отнести:

- выявление отклонений фактического состояния от проектной документации;
- оценку воздействия строительства на прилегающие территории и объекты;
- выявление участков строительства, которые отстают по срокам;
- сокращение сроков выполнения исполнительной документации.

2. В статье были описаны основные технологии умной строительной площадки, которые применяются при контроле за ходом строительства.

Использование данных технологий упрощает контроль, а также минимизирует издержки и предотвращает несчастные случаи.

3. К преимуществам применения технологий умной строительной площадки, которые позволяют эффективно производить контроль за ходом строительства, нужно отнести:

- продуктивное использование ресурсов;
- оперативное получение данных о статусе проекта, сокращение времени на реагирование и решение проблем;
- сокращение сроков получения информации о объемах выполненных работ;
- исключение неточностей из-за неактуальных данных со строительной площадки.

Работа проведена в рамках реализации проекта «Инновационная методика формирования цифровых профессиональных компетенций обучающихся и специалистов строительной отрасли» на базе Федеральной инновационной площадки ФГБОУ ВО СПбГАСУ.

#### **Литература**

1. Старикова Д.В., Шехмаметьева Д.А. Определение умной строительной площадки и ее элементов // ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: матер. V Междунар. научно-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2022. С. 265–272. DOI: 10.23968/ВІМАС.2022.034. EDN: NFXDYH.
2. Распоряжение Правительства РФ от 27 декабря 2021 г. № 3883-р «О стратегическом направлении в области цифровой трансформации строительной отрасли, городского и жилищно-коммунального хозяйства РФ до 2030 г.» URL: <http://government.ru/docs/all/138568/> (дата обращения: 25.01.2023).
3. Чакжиев И.М., Михеев А.П. Организация мониторинга в строительстве // Организация строительного производства: матер. III Всеросс. научно-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 156–163. EDN: WODGMB.
4. Мотылев Р.В. Абракова Ю.Л. Технологии информационного моделирования в вопросах организации строительного производства // Организация строительного производства: матер. III Всеросс. научно-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 104–126. EDN: ERVEEG.
5. Sanhudo L., Ramos N.M.M., Martins J.P., Almeida R.M.S.F., Barreira E., Simões M.L., Cardoso V. A framework for in-situ geometric data acquisition using laser scanning for BIM modelling // Journal of Building Engineering. 2020. Vol. 28. P. 101073. DOI: 10.1016/j.jobe.2019.101073.
6. Chen K., Lu W., Peng Y., Rowlinson S., Huang G.Q. Bridging BIM and building: From a literature review to an integrated conceptual framework // International Journal of Project Management. 2015. Vol. 33, No. 6. P. 1405–1416. DOI: 10.1016/j.ijproman.2015.03.006.
7. Исакова А.Ю. Использование систем видеоаналитики на строительных площадках // Передовые научно-технические и социально-гуманитарные проекты в современной науке. Сб. статей VI междунар. научно-практ. конф. М.: Научно-издательский центр «Актуальность.РФ», 2022. С. 38–39. EDN: UGFCXZ.

УДК 004.94+69

DOI: 10.23968/ВІМАС.2023.054

**Федухина Наталья Владимировна**, магистрант

(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

*E-mail: nfedukhina@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1955-8795*

**Астафьева Наталья Серафимовна**, канд. экон. наук, доцент

(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

*E-mail: astafieva\_ns@spbstu.ru, ORCID: 0000-0003-0386-1781*

Fedukhina Natalia Vladimirovna, Master's degree student

(Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University)

Astafieva Natalia Serafimovna, PhD in Sci. Ec., Associate Professor

(Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University)

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РОССИЙСКОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

### **COMPARATIVE ANALYSIS OF RUSSIAN SOFTWARE FOR INFORMATION MODELING OF BUILDINGS AND STRUCTURES**

Одной из главных тенденций развития строительной отрасли в настоящее время в Российской Федерации является внедрение технологии информационного моделирования (ВІМ), с использованием преимущественно отечественных программных продуктов. Причинами этого являются напряженная геополитическая ситуация в мире, а также санкционные ограничения со стороны западных стран. Ввиду такого направления развития строительной сферы, проектные организации сталкиваются с проблемой выбора программного обеспечения для интеграции в рабочие процессы компании. В статье рассмотрены основные российские инструменты для проектирования зданий и сооружений в рамках концепции информационного моделирования, проведен их сравнительный анализ и сделаны выводы о наиболее актуальных направлениях развития отечественных программных решений.

*Ключевые слова:* информационное моделирование зданий, ВІМ, ТІМ, программное обеспечение, импортозамещение.

One of the main trends in the development of the construction industry at present in the Russian Federation is the introduction of information modeling technology (BIM), using mainly domestic software products. The reasons for this are the tense geopolitical situation in the world, as well as sanctions restrictions by Western countries. In view of this direction in the development of the construction industry, design

organizations are faced with the problem of choosing software for integration into the company's work processes. The article considers the main Russian tools for the design of buildings and structures within the concept of information modeling, their comparative analysis is carried out and conclusions are drawn about the most relevant directions for the development of domestic software.

*Keywords:* building information modeling, BIM, TIM, software, import substitution.

Российская Федерация в настоящее время ведет активную работу по внедрению технологий информационного моделирования (BIM) в строительные организации. Для ускорения этого процесса было принято Постановление Правительства РФ от 05.03.2021 № 331, по которому формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства, финансируемых с привлечением бюджетов бюджетной системы РФ, является обязательным с 1 января 2022 года. Помимо этого, руководством страны ставится задача разработки и развития независимых и высокотехнологичных отечественных программных решений [1]. Совокупность этих факторов указывает на актуальность и перспективность вопроса импортозамещения зарубежных инструментов для BIM-проектирования зданий и сооружений.

Целью данной работы является анализ существующих отечественных программных решений для проектирования зданий и сооружений в рамках технологии информационного моделирования.

Одними из самых популярных российских ПО для BIM-проектирования являются Model Studio CS («CSoft Development»), nanoCAD («Нанософт»), а также Renga («Renga Software»).

При выборе ПО потребители, т. е. проектные компании и проектировщики, опираются на следующие критерии: функциональные возможности, реализация механизма совместной работы, следование концепции OpenBIM, поддержка формата IFC, интероперабельность с расчетными комплексами, а также открытый API.

Ниже представлена развернутая характеристика и сравнение выбранных программных решений согласно приведенным критериям.

**Функциональные возможности** рассматриваемых ПО схожи, но не идентичны. Все три программных комплекса применимы для промышленного и гражданского строительства, а также для проектирования линейных объектов. Для наглядности в табл. 1 сведены данные о возможности исследуемых ПК решать те или иные задачи архитектурно-строительного проектирования.

Model Studio CS и nanoCAD включают в себя отдельные программные решения, предназначенные для разработки различных инженерных разделов, в то время как Renga не имеет дополнительных модулей.



Таблица 1

Разделы, разрабатываемые в Model Studio CS, nanoCAD и Renga

ПО	Разрабатываемые разделы проекта										
	ГП	АР	КР	ОВиК	ВК	ЭС	СС	ГСН	ТХ	ПБ	ЛЭП
Промышленные и гражданские объекты строительства											
Model Studio CS	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
nanoCAD	+	+	+	+	+	+	+	+		+	
Renga		+	+	+	+	+	+	+	+		
Линейные объекты											
Model Studio CS	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
nanoCAD	+		+								
Renga			+	+	+	+	+	+			

Помимо создания информационной модели проектируемого объекта, рассматриваемые программные решения дают возможность пользователям проводить некоторые расчеты внутренними инструментами программ. Так, Model Studio CS «Трубопроводы» позволяет выполнять расчет нагрузок на опоры от веса трубопровода, а Model Studio CS «Отопление и вентиляция» позволяет выполнять расчет расходов и аэродинамических характеристик системы вентиляции [2–3].

ПК nanoCAD BIM «ВК» и ПК nanoCAD BIM «Отопление» осуществляют гидравлический расчет трубопровода, а ПК nanoCAD BIM «Электро» дает возможность провести расчёт освещения и расчет токов различными методами [3–4].

Для Renga существуют инженерные приложения, например, «УМНАЯ ВОДА» для расчета систем внутреннего водопровода и приложение от «САПР-АЛЬФА», определяющее электрические нагрузки [3, 5].

Организация процесса **совместной работы** является важной частью реализации BIM-проекта. С этой целью в Model Studio CS и в nanoCAD используется база данных CADLib, которая позволяет пользователям «клонировать» модели из среды общих данных, а затем переносить все новые изменения из локальной версии модели в общую. Но такой метод имеет существенный недостаток: изменять модель может только один

проектировщик, что может создать неудобства при работе над большими проектами.

При работе в Renga подобной проблемы не возникает. Данный программный комплекс реализует механизм совместной и одновременной работы с помощью специальной службы Renga Collaboration Server, исключая конфликтные ситуации между специалистами при внесении изменений в проект.

Все рассмотренные BIM-решения поддерживают концепцию **OpenBIM** [6]. Для обмена данными используется стандарт IFC. Для реализации данного подхода Model Studio CS и nanoCAD имеют встроенные средства, обеспечивающие импорт и экспорт моделей в форматы IFC 2×3 и IFC 4. Renga же поддерживает импорт IFC 2×3 и IFC 4, а экспорт только в IFC 4.

Под **интероперабельностью** понимают способность нескольких информационных систем к обмену информацией, а также к использованию информации, полученной в результате обмена [7]. Совместимость между различными программными комплексами позволит оптимизировать работу инженеров и автоматизировать процесс проектирования.

В Model Studio CS и nanoCAD решена задача прямой передачи аналитической 3D-модели для осуществления прочностного расчета конструкций методом конечных элементов в программных комплексах САПФИР, ЛИРА-САПР, ЛИРА-СОФТ и SCAD Office. Передача информационной модели из Renga в расчетные программы осуществляется через формат IFC. Однако, как уже говорилось ранее, в данной программе настроен экспорт в IFC 4. Не все ПО, применяемые в проектировании, могут правильно импортировать данные из IFC 4, вследствие чего появляются промежуточные шаги в процессе обмена данными. Например, для расчета конструкций в ПК ЛИРА-САПР, предварительно осуществляется экспорт модели из Renga в САПФИР через формат IFC. При этом появляются геометрические ошибки, которые необходимо вручную исправить перед выгрузкой модели в расчетный комплекс [7].

При проектировании возникает необходимость расширения функциональности программы. Эта проблема решается с помощью **открытого API** (Application Programming Interface), позволяющего разрабатывать собственные модули автоматизации без привлечения вендоров. Из рассматриваемых программных решений такую возможность обеспечивают nanoCAD и Renga. В открытом доступе API nanoCAD нет, однако пользователи могут получить доступ к нескольким его видам, вступив в Клуб разработчиков (<https://developer.nanocad.ru/>). Renga реализует возможность самостоятельной разработки модулей и приложений

через SDK (Software development kit), который предоставляет примеры кода и документацию по Renga API.

Данные о рассматриваемых ПО сведены в табл. 2.

Таблица 2

**Сравнительный анализ основных российских BIM-систем для проектирования**

	Model Studio CS	nanoCAD	Renga
Совместная и одновременная работа	нет	нет	да
Стандарты экспорта IFC	IFC 2×3, IFC 4	IFC 2×3, IFC 4	IFC 4
Импорт IFC	да	да	да
Прямая передача модели в расчетные комплексы	да	да	нет
Открытый API	нет	да	да

На основе всего вышеперечисленного можно сделать следующие выводы:

1. В отличие от Renga Model Studio CS и nanoCAD позволяют разрабатывать генеральный план и раздел пожарной безопасности.

2. nanoCAD дает возможность проводить наибольшее число инженерных расчетов без привлечения стороннего ПО.

3. Механизм совместной работы лучше организован в Renga, поскольку обеспечивает одновременную работу над моделью нескольких инженеров.

4. Все рассмотренные ПО поддерживают импорт и экспорт в IFC, однако в Renga настроен экспорт только в IFC 4, что вызывает трудности в процессе интероперабельности с расчетными комплексами. В то же время в Model Studio CS и в nanoCAD настроена прямая передача модели для расчета, что делает эти инструменты удобнее.

5. Самостоятельное расширение функционала реализовано только в nanoCAD и Renga, получить доступ к API Model Studio CS возможно через разработчиков.

Таким образом, каждое программное решение в области BIM из приведенных имеет свои достоинства и недостатки. Однако выбор применяемого ПО зависит от совокупных запросов каждой конкретной проектной

организации. Также стоит отметить, что в статье рассмотрены только основные параметры сравнения ПО без детального анализа инструментов и функциональных особенностей программных комплексов.

Существенным преимуществом отечественных ВМ-решений перед зарубежными аналогами является ориентированность под российские стандарты и нормы, наличие обширных каталогов производителей и сортаментов металлопроката, что значительно упрощает работу инженеров. Однако в части функциональных возможностей, скорости моделирования и автоматизации проектирования российские ПО уступают иностранным продуктам. Наиболее перспективными и важными для вендоров на данный момент представляются вопросы организации полноценной совместной работы и оптимизации механизма интероперабельности между различными программными комплексами, используемыми на разных стадиях проектирования строительного объекта, а также на всех этапах его жизненного цикла.

#### **Литература**

1. Указ Президента Российской Федерации от 30.03.2022 № 166 «О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» [Электронный ресурс]. Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Model Studio CS: официальный сайт. URL: <https://www.mscad.ru/programs/> (дата обращения: 02.02.2023).
3. Тимошенко Т.А., Клинг К.М. Обзор Российских систем автоматизации проектных работ (САПР), использующих разработки технологий информационной моделирования (ТИМ), заменяющих зарубежные аналоги // Университетская наука. 2022. № 1(13). С. 88–90. EDN: ВВУТОJ.
4. nanoCAD: официальный сайт. URL: <https://nanocad.csoftnw.ru> (дата обращения: 02.02.2023).
5. Renga: официальный сайт. URL: <https://rengabim.com> (дата обращения: 02.02.2023).
6. buildingSMART: официальный сайт. URL: <https://www.buildingsmart.org/about/openbim/openbim-definition/> (дата обращения: 02.02.2023).
7. Астафьева Н.С., Никашина А.С., Федухина Н.В. Изучение интероперабельности программных комплексов для ВМ-проектирования железобетонных конструкций // Неделя науки ИСИ: Сб. матер. Всеросс. конф. Ч. 2. СПб: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. № 2. С. 428–431. EDN: YLVWVWQ.

УДК 004.9+697.1

DOI: 10.23968/ВІМАС.2023.055

**Целищева Виктория Константиновна**, студент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail: victoria.tselishcheva@gmail.com, ORCID: 0009-0002-7306-2125*

**Якупова Алсу Шамилевна**, студент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail: alsu.shamilevna@gmail.com, ORCID: 0009-0005-8539-505X*

**Суханов Кирилл Олегович**, канд. техн. наук, доцент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail: suhanov.kirill1993@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9180-1895*

Tselishcheva Victoria Konstantinovna, student  
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Iakupova Alsu Shamilevna, student  
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Sukhanov Kirill Olegovich, PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЯ

### USING ENERGY MODELING TO IMPROVE THE ENERGY EFFICIENCY OF A BUILDING

В последнее время активно применяются процессы комплексного проектирования и эксплуатации энергоэффективных зданий в течение жизненного цикла на основе применения технологий энергетического моделирования. Использование энергетического моделирования позволяет предложить оптимальные инженерные решения и оценить их на этапе проектирования и эксплуатации здания. В работе на конкретном примере проведено сравнение результатов энергетического моделирования и фактического энергопотребления здания. Доказана адекватность энергетической модели. Даны рекомендации по работе систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, повышению энергоэффективности объекта.

*Ключевые слова:* энергетическое моделирование, BIM-технологии, BEM-технологии, «зеленое» строительство, энергопотребление, энергоэффективность, программный комплекс IES-VE.

In recent times, energy modeling technologies have been increasingly employed for integrated design and operation of energy-efficient buildings across their lifecycle.

Energy modeling enables proposing optimal engineering solutions and evaluating them during both the design and operation stages of a building. This article compares energy modeling results with the actual energy consumption of a building, using a specific example. The study demonstrates the adequacy of the energy model, and provides recommendations for enhancing the energy efficiency of the building's heating, ventilation, and air conditioning systems.

*Keywords:* energy modeling, BIM-technologies, BEM-technologies, “green” construction, energy consumption, energy efficiency, IES-VE software package.

В России уделяется большое внимание развитию «зеленого» строительства, которое получило широкое развитие во всем мире. Важный шаг в этом направлении был сделан в сентябре 2022 года, когда был утвержден ГОСТ Р 70346-2022 [1]. Данный стандарт, предназначенный для проектирования многоквартирных домов, разработан с учетом мировой международной практики и стандартов BREEAM, LEED, DGNB, которые регламентируют необходимые критерии для получения сертификации. Одним из этих критериев является энергоэффективность здания, оценка которой может производиться с помощью технологий энергетического моделирования (BEM – Building Energy Modeling) [2]. Это комплекс инженерных расчетов, демонстрирующий функционирование здания в течение года на уровне параметров, описывающих процессы потребления энергии. Энергетическое моделирование относится к разделу «BIM-Анализ» информационного моделирования здания [3]. Такой метод часто используется в мировой практике [4, 5].

Методами энергетического моделирования можно решить следующие задачи:

- разработка и выбор мероприятий по повышению энергоэффективности здания;
- целесообразность проведения энергосберегающих мероприятий;
- выбор наиболее подходящего тарифа на энергоресурс;
- определение годовой стоимости энергоресурсов здания.

В энергетической модели здания задаются параметры проектируемых или существующих систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха с подробными характеристиками всего оборудования и автоматики. В подходах энергетического моделирования используется погодный файл, содержащий такие данные как температура, влажность, облачность, скорость и направление ветра, интенсивность солнечной радиации, атмосферное давление. Использование данного файла позволяет создать модель работы всех систем в условиях, максимально приближенных к реальным.

В сфере энергетического регулирования хорошо зарекомендовал себя программный комплекс IES-VE [6]. Он состоит из следующих модулей:

- ModelIT – модуль для построения и обработки геометрии 3D модели объекта;
- SunCast – модуль, рассчитывающий затенение окружающими объектами и само затенение исследуемого объекта;
- Apache – модуль для задания теплофизических параметров исследуемого объекта, проведения расчетов энергетических нагрузок и непосредственно моделирования функционирования здания;
- ApacheHVAC – модуль для внедрения в модель систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха с подробными характеристиками всего оборудования и автоматики;
- MacroFlo – модуль, учитывающий перетекания воздуха между помещениями, а также для расчета естественной вентиляции;
- VistaPro – модуль для вывода результатов моделирования в виде таблиц, графиков и визуализаций.

В программном комплексе IES-VE выполнен энергетический анализ здания эксплуатируемой клинической больницы. Здание имеет 10 этажей, его площадь составляет 52 454 м<sup>2</sup>. Максимальная вместимость больницы – 1000 человек.

Для создания модели проведен анализ исходных данных здания: собраны сведения о количестве пациентов и режиме работы, проанализирован энергетический паспорт, выполнено обследование инженерных систем, проанализированы показатели счетчиков.

Разработана 3D-модель исследуемого здания (рис. 1). Модель разбита на зоны. В каждую зону входят помещения с одинаковыми параметрами нагрузок. Для каждой зоны заданы нагрузки от оборудования, освещение, плотность людей.

Пример зонирования первого этажа приведен на рис. 2. Каждый цвет зоны соответствует помещениям с определенными параметрами.

Программа позволяет выполнить настройку инженерных систем. В исследуемом здании запроектирована однотрубная система водяного отопления с верхней разводкой. Также предусмотрена система механической приточно-вытяжной вентиляции. В палатах работает механическая вытяжная система, а приток наружного воздуха осуществляется через окна. В некоторых кабинетах присутствует система кондиционирования воздуха. Источником теплоснабжения здания является котельная.

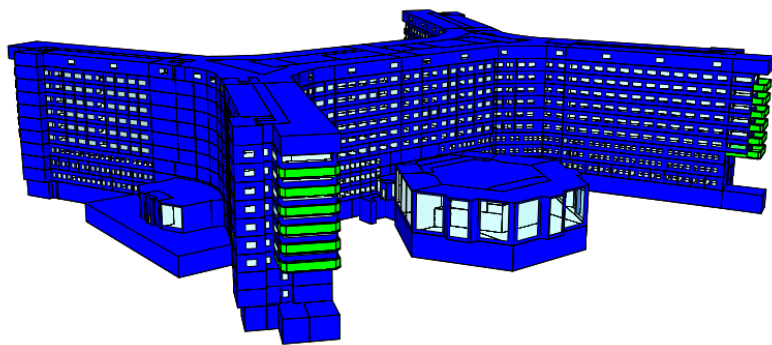


Рис. 1. 3D-модель здания

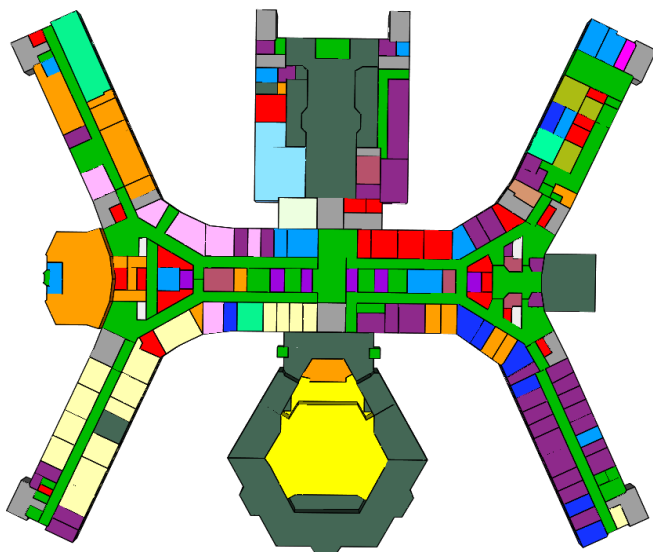


Рис. 2. Зонирование первого этажа

Одним из основных пунктов энергетического анализа является сравнение смоделированных результатов с фактическим потреблением энергии здания. Это дает возможность при проектировании использовать значения, приближенные к фактическим. В данном примере рассматривается вариант загрузки больницы на 40 % (см. табл.).



Сравнение результатов моделирования и показаний счетчиков

Месяц	Показания счётчиков				Результаты моделирования			
	Отопление, МВт	Вентиляция, МВт	ГВС, МВт	Электричество, МВт	Отопление, МВт	Вентиляция, МВт	ГВС, МВт	Электричество, МВт
Январь	606,39	1051,96	74,26	198,59	664,98	1061,82	69,37	218,43
Февраль	482,82	837,59	100,5	252,29	515,69	835,67	100,25	200,49
Март	362,41	628,71	102,74	221,21	379,94	625,88	110,99	220,53
Апрель	332,61	577	98,19	218,78	330,65	502,12	107,41	214,55
Май	158,46	274,89	87,61	168,5	174,71	304,45	92,49	227,77
Июнь	0	27,02	61,86	194,59	0	36,52	67,13	211,21
Июль	0	0	113,01	222,89	0	0	110,99	236,73
Август	0	0	87,73	227,26	0	0	92,49	249,45
Сентябрь	20,48	35,52	90,28	202,56	24,76	27,08	89,51	208,2
Октябрь	355,18	616,17	97,39	244,49	353,1	516,46	92,49	217,37
Ноябрь	435,53	755,56	101,64	250,19	430,51	699,67	107,41	212,79
Декабрь	444,58	771,25	116,75	265,02	450,83	726,58	110,99	219,26
Итого	3198,5	5575,7	1132,0	2666,37	3325,2	5336,3	1151,5	2636,78

На рис. 3 представлены результаты моделирования годового потребления тепловой энергии здания.

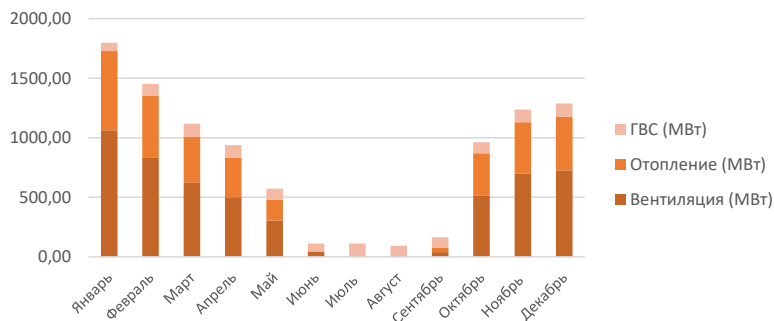


Рис. 3. Годовое потребление тепловой энергии

По итогам энергетического моделирования сделаны следующие выводы:

- увеличение числа пациентов до 700 потребует на 39 % больше энергии по сравнению с базовой загруженностью больницы в 400 пациентов;
- при использовании рекуперации при вентиляции здания экономия энергии составляет 21 %;
- внедрение системы управления комнатными радиаторами может сэкономить 5 % энергии.

Проведенные исследования позволили выделить ряд рекомендаций по повышению энергоэффективности объекта:

- управление производительностью вентиляторов по датчикам CO<sub>2</sub> повысит энергоэффективность здания на 10 %;
- установка стеклопакетов с низким пропусканием солнечной энергии и низкоэмиссионным покрытием может повысить энергоэффективность на 10–15 %;
- управление освещением по датчику освещенности может сэкономить до 30 % от потребления энергии, затрачиваемой на освещение;
- применение радиационного охлаждения и обогрева помещений повысит энергоэффективность здания на 7 %.

Работа проведена в рамках реализации проекта «Инновационная методика формирования цифровых профессиональных компетенций обучающихся и специалистов строительной отрасли» на базе Федеральной инновационной площадки ФГБОУ ВО СПбГАСУ.

### Литература

1. ГОСТ Р 70346-2022. «Зеленые» стандарты. Здания многоквартирные жилые «зеленые». Методика оценки и критерии проектирования, строительства и эксплуатации.
2. ММ-Технологии. URL: <http://mm-technologies.ru/energomodelirovanie-zdaniy> (дата обращения: 17.02.2023).
3. Гримитлин А.М., Денисихина Д.М. Энергетическое моделирование – инструмент повышения энергоэффективности зданий // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: матер. Всеросс. научно-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 93–97. EDN: YUUPLK.
4. Reinhart C.F., Cerezo Davila C. Urban building energy modeling – a review of a nascent field // Building and Environment. 2016. Vol. 97. P. 196–202. DOI: 10.1016/j.buildenv.2015.12.001.
5. ASHRAE/ANSI Standard 140-2011 – Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, INC., 2011. URL: [https://www.ashrae.org/File%20Library/Technical%20Resources/Standards%20and%20Guidelines/Standards%20Addenda/140\\_2007\\_b.pdf](https://www.ashrae.org/File%20Library/Technical%20Resources/Standards%20and%20Guidelines/Standards%20Addenda/140_2007_b.pdf). (дата обращения: 17.02.2023).
6. Суханов К.О., Самолетов М.В. Проблемы взаимодействия программных комплексов в процессе работы с информационной моделью здания // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: матер. II Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 184–188. DOI: 10.23968/BIMAC.2019.033. EDN: IHYOGZ.

**УДК 69:004.9**

**DOI:** 10.23968/BIMAC.2023.056

**Чупин Юрий Владимирович**, студент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail:* [chupin.yv@pmpetergof.ru](mailto:chupin.yv@pmpetergof.ru)

**Островская Надежда Владимировна**, канд. техн. наук, доцент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail:* [ostrovskaya.nv@yandex.ru](mailto:ostrovskaya.nv@yandex.ru), *ORCID:* 0000-0003-3544-3832

Chupin Yriy Vladimirovich, student

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Ostrovskaya Nadezhda Vladimirovna, PhD in Sci. Tech., Associate Professor

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

## **ПРИМЕНЕНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭНЕРГОВЫРАБАТЫВАЮЩЕГО ЖИЛОГО ЗДАНИЯ**

### **APPLICATION OF BIM TECHNOLOGIES IN DESIGNING POWER-GENERATING RESIDENTIAL BUILDING**

В статье приводятся этапы проектирования жилого здания, обеспечение которого энергией осуществляется за счет работы ветрогенерирующей установки. Разделы архитектурных и конструктивных решений были полностью выполнены с применением BIM технологий, в частности российского программного комплекса RENGA. Главной особенностью проекта было моделирование лопастей ветрогенерирующей установки. По итогам проектирования выделены основные преимущества и недостатки применения программного комплекса RENGA, что может быть полезно разработчикам данного продукта. Практическая ценность работы заключается в апробации ПК RENGA для создания нетривиального проекта здания, что может быть полезно студентам и инженерам-проектировщикам.

*Ключевые слова:* BIM технологии, проектирование жилого здания, энерговырабатывающее здание, ветрогенерирующая установка, RENGA.

The article describes the stages of designing a residential building, which is provided with energy through the operation of a wind generating plant. The sections of architectural and structural solutions were fully implemented using BIM technologies, in particular the Russian RENGA software complex. The main feature of the project was the modeling of the blades of the wind generating plant. Based on the design results, the main advantages and disadvantages of using the RENGA software complex are highlighted, which can be useful for the developers of this product. The practical value of the

work lies in testing the RENGA PC to create a non-trivial building design, which can be useful for students and design engineers.

*Keywords:* BIM technology, residential building design, power generating building, wind generating plant, RENGA.

**Введение.** Применение возобновляемых источников энергии для энергоснабжения зданий в современном мире уже давно воплощается в реальность, в частности, основные инновационные решения, существующие на сегодняшний день в области ветроэнергетики, приведены в работе [1].

Поэтому целью данного исследования было предложить проект жилого здания, в котором обеспечение энергией будет осуществляться за счет установки и работы ветрогенератора. Для реализации поставленной цели были решены следующие задачи: разработан проект уникального сооружения, в котором предусмотрена установка и использование ветрогенератора, а также спроектированы индивидуальные элементы ветрогенератора с применением технологий авиации последнего поколения. Главной задачей было обеспечение выработки ветрогенерирующей установки 50-70 % энергии требуемой для здания, что в свою очередь зависит от геометрии лопастей.

В результате проектирования было предложено следующее конструктивное решение – каркасно-ствольная система с расположением по центру железобетонного (ж/б) ядра жесткости, обшитая специально разработанными ЛВЛ брусками, что является эстетически привлекательными и экологичным решением для жилого здания. Здание имеет 6 жилых этажей, один главный вход и надстройку, которая обеспечивает возможность установки ветрогенератора и аэродинамические обводы для его работы.

При проектировании здания и лопастей ветрогенератора были использованы современные BIM технологии: архитектурное решение (АР) и конструктивное решение (КР) были разработаны в программном комплексе RENGA (ПК RENGA, <https://rengabim.com>) – российская BIM-система для комплексного проектирования [2–4]. Практическое применение BIM технологий стало возможным благодаря активному внедрению BIM моделирования в образовательный процесс строительных специальностей [5, 6].

Полученная информационная 3D модель здания была импортирована в расчетный программный комплекс SCAD (ПК SCAD, <https://scadsoft.ru>) [7, 8], в котором был проведен необходимый расчет готового проекта по двум группам предельных состояний.

**Описание проработки элементов архитектурного решения.** Подъем модели был начат с построения сетки координационных осей

и создания уровней по вертикали. В пространстве 3D модели были созданы несущие железобетонные (ж/б) стены и диафрагма жесткости, расположенная по центру здания. В качестве основного материала был принят бетон В25. Ж/б диафрагма жесткости создавалась с разными сечениями по высоте для более плавной передачи нагрузки на нижележащие элементы.

По внешнему контуру всего здания были разработаны ЛВЛ брус (Laminated Veneer Lumber – «пиломатериал из слоёного шпона»), между которыми были расположены вспомогательные деревянные брусья – рис. 1. Каждый элемент ЛВЛ бруса не превышал  $L = 25$  м и был выполнен в сборке и затем вставлен в 3D пространство, что обеспечило быстрое изменение всех элементов в модели при корректировке сборки. После создания деревянного каркаса при помощи того же инструмента были созданы элементы остекления. Так как каждое остекление имеет разные геометрические параметры, то после построения элемента были применены углы Эйлера для наклона каждого стекла для полной фиксации в проектное положение.

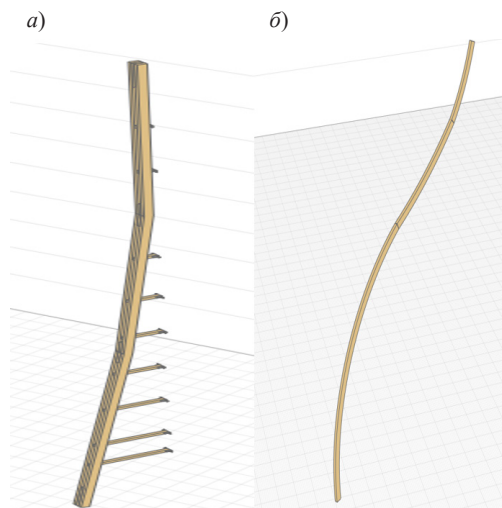


Рис. 1. ЛВЛ-брус: *а* – двойной;  
*б* – с деревянной вставкой

**Описание проработки элементов конструктивного решения.** После построения модели AP был разработан раздел КР, каждый из элементов

ж/б конструкций был армирован автоматическим армированием (фоновое армирование) согласно карте изополей и подбору арматуры, которая осуществлялась в ПК SCAD. Были созданы элементы усиления с учащённым шагом стержней при помощиборок и вставлены в элементы ж/б плит и стен. В каждый из стержней были внесены свойства по классу и диаметру арматуры, а также написаны формулы для корректного подсчета элементов армирования. П-образные элементы, расположенные по периметру плиты перекрытия, были выполнены в сборках и вставлялись на необходимый уровень. Обрамление технического отверстия было выполнено в сборках по усилению того или иного элемента согласно расчету.

Каждому рассматриваемому элементу было присвоено название, исходя из этажного расположения и количества элементов, что помогло вынести тот или иной объект в пространство листа при помощи инструмента *объект*. Были созданы фильтры, которые показывали аксонометрический вид рассматриваемых конструкций и их армирования.

В сборках были разработаны узлы для показа аксонометрического вида, при помощи элемента стена была создана ж/б стена, после вручную были подняты вертикальные и горизонтальные стержни. Данный узел и аксонометрия по армированию элементов здания приведены на рис. 2.

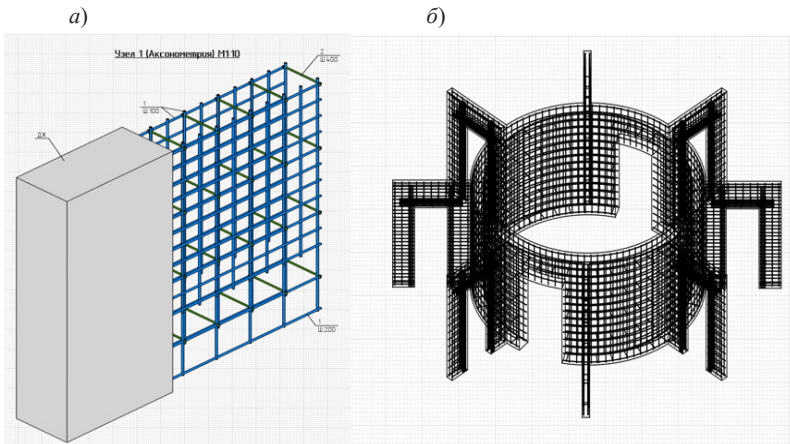


Рис. 2. Аксонометрия: а – ж/б стены; б – армирование

Особый интерес вызвало создание лопастей ветрогенерирующей установки в пространстве 3D. Так как данных геометрических форм

в программе не предусмотрено, пришлось создавать отдельные геометрические формы и корректировать их в процессе построения и соединения основных элементов. При создании узловых соединений были использованы фильтры и сечения, в качестве упрощения работы ненужные элементы были замазаны и откорректированы при помощи элементов линий.

Конечные результаты работы по проектированию энерговырабатывающего жилого здания представлены на рис. 3 и 4.

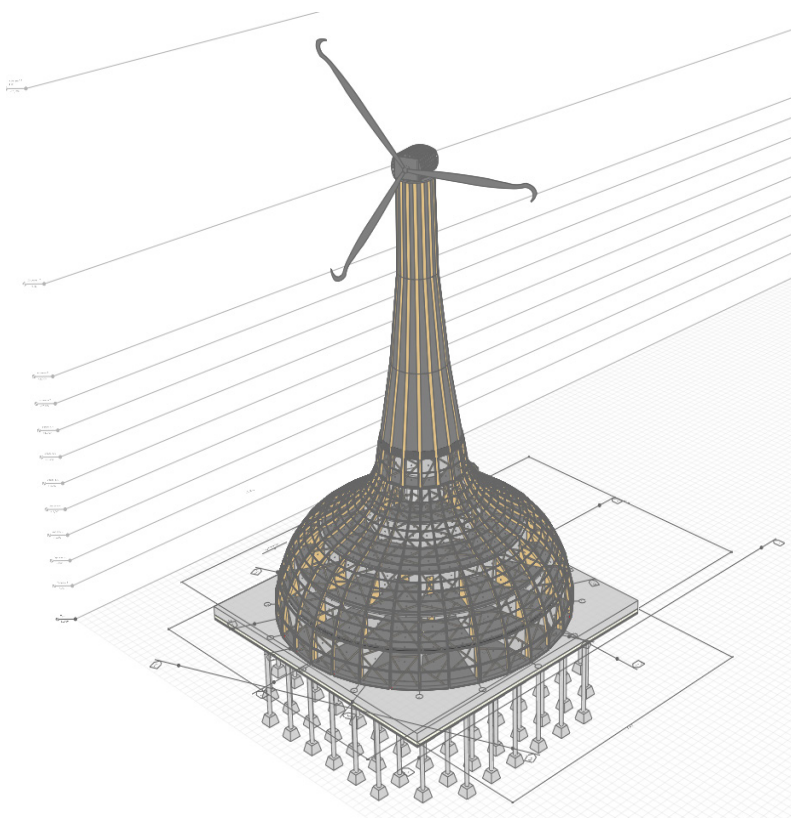


Рис. 3. Непосредственная модель здания в пространстве 3D-вида



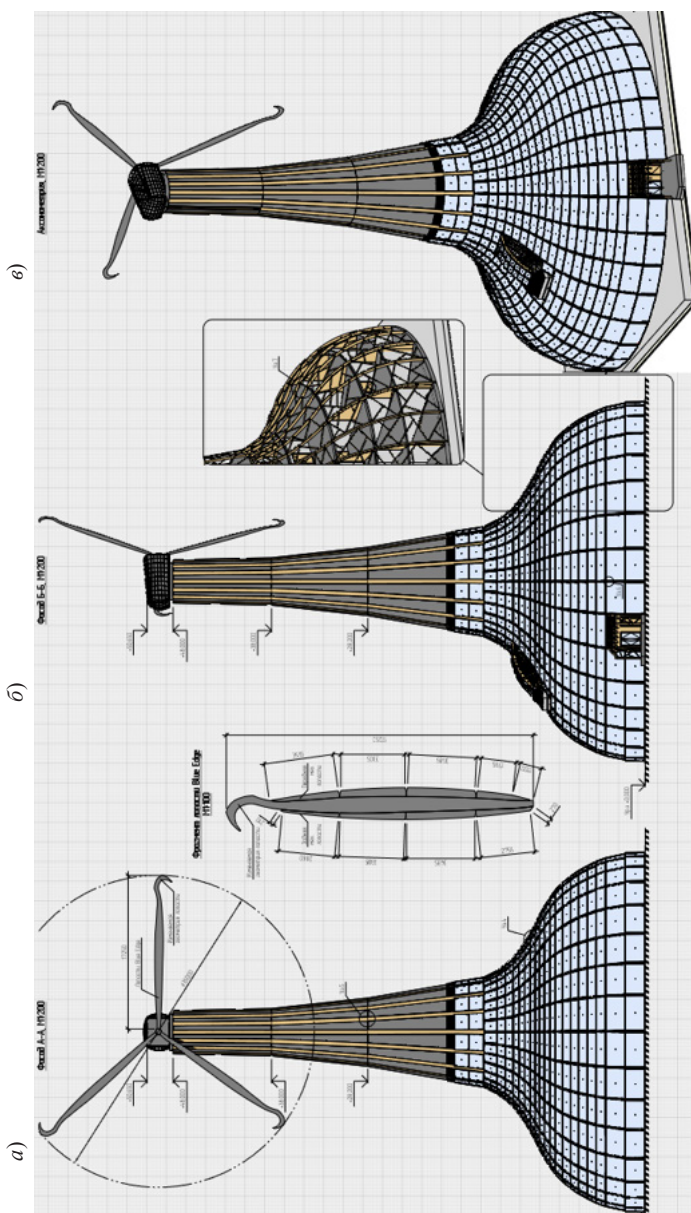


Рис. 4. Фрагменты листа АР. а – фасады здания; б – аксонометрия; в – механизация лопастей

Полученная информационная 3D модель здания позволяет следующее:

- получить полную спецификацию объекта;
- исключить ошибки проектировщика, все элементы и узлы связаны автоматически;
- импортировать объект в другие программные комплексы – САПР, AutoCAD, SCAD, в последний для статических и динамических расчетов;
- получить натурную модель объекта, например, для аэродинамических испытаний.

Ниже отмечены основные *недостатки* применения ПК RENGA, которые были выявлены в ходе проектирования здания и ветрогенератора, и могут послужить обратной связью с разработчиками данного продукта:

- сложное построения нестандартных геометрических форм элемента;
- в программе не предусмотрены элементарные инструменты выдавливания, если речь идет о построении лопастей, то мы должны понимать, что поперечное сечение лопастей разное и имеет сложный геометрический профиль, в данной программе крайне сложно спроектировать такой элемент, необходимо создавать связь с другими программами САПР и переносить элемент, что затрудняет работу и корректировку элемента;
- отсутствие стандартных быстрых команд, которые есть, например, в ПК AutoCAD или ПК Revit, что увеличивает время работы;
- в пространстве листа нет элементарных инструментов для ручного редактирования, заложенные инструменты в виде линий при наложении их на видовой экран требуют подстройки под толщину элемента, а главные видовые экраны не блокируются, что было бы желательно при редактировании.

**Заключение.** Данный проект жилого здания был полностью разработан в ВМ комплексе RENGA, что дает полный спектр информации по возводимому объекту, а 3D модель демонстрирует все особенности объекта:

- система с ж/б ядром жесткости по центру;
- в качестве отделки экологичный деревянный материал;
- наличие надстройки, которая необходима для размещения ветрогенерирующей установки с заданным размахом лопастей;
- геометрия лопастей.

Результаты проектирования и полученная информационная 3D модель здания могут быть полезны и интересны, как студентам и инженерам-проектировщикам в строительной отрасли, так и разработчикам программного комплекса, как апробация возможностей продукта на нетривиальном

проекте. Однако стоит отметить, что при создании BIM комплексов необходима строгая консультация инженеров-конструкторов и архитекторов для оптимизации и внедрения новых инструментов для более быстрой и качественной работы. Кроме разработчиков необходима непосредственная «обкатка» программы опытными инженерами. В данном проекте использовались не стандартные и сложные конструктивные решения, что подчеркнуло возможности BIM технологий, но для оптимизации данных форм и проектирования уникальных зданий необходим набор других команд и инструментов.

### Литература

1. Жигуленко И. Перспективы ветроэнергетики в современном строительстве // Здания высоких технологий. 2016. Т. 3, № 3. С. 46–68. EDN: WYXXMZ.
2. Hamdan M.A., Abuasad M.M. Using BIM Technology to Develop Energy Efficiency in Sustainable Buildings // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: матер. IV Междунар. научно-практ. конф. Под общ. ред. А.А. Семенова. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 255–262. DOI: 10.23968/BIMAC.2021.033. EDN: KLZYJB.
3. Семенов А.А. Интеграция концепции BIM в учебный процесс строительных вузов // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: матер. Всеросс. научно-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 207–211. EDN: YVCXVU.
4. Хапин А.В., Махиев Б.Е. Проблемы внедрения технологий BIM в архитектурно-строительное образование // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: матер. III Междунар. научно-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2020. С. 75–80. DOI: 10.23968/BIMAC.2020.008. EDN: PIIOX.
5. Згода Ю.Н., Шумилов К.А. Проблемы и перспективы автоматизированного построения интерактивной визуализации информационных моделей зданий Autodesk Revit и Renga // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: матер. II Междунар. научно-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 118–123. DOI: 10.23968/BIMAC.2019.021. EDN: EIORRC.
6. Колмогорова Я. Букварь Renga. URL: [https://www.idtsoft.ru/sites/default/files/fields/media/file/field-media-file/2022-04/book\\_renga.pdf?ysclid=lecjul6vb0888785300](https://www.idtsoft.ru/sites/default/files/fields/media/file/field-media-file/2022-04/book_renga.pdf?ysclid=lecjul6vb0888785300) (дата обращения: 01.02.2023).
7. Маляренко А.А., Теплых А.В. Технологии построения расчетных моделей и анализа результатов в системе SCAD Office: модели металлокаркасов // CADmaster. 2004. №4. С. 93–97.
8. Теплых А.В., Резяпкин В., Дегтярёв Д., Ожогин Р. SCAD OFFICE 21.1.9.11: новые возможности // CADmaster. 2022. № 1. С. 116–121.

УДК 69.05

DOI: 10.23968/BIMAC.2023.057

**Шехмаметьева Диляра Алимовна**, магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: diliana58@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2076-1275*

Shekhmameteva Dilyara Alimovna, Master's degree student  
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

## **ПРЕИМУЩЕСТВА ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ В УПРАВЛЕНИИ СТРОИТЕЛЬНЫМИ ПРОЕКТАМИ**

### **ADVANTAGES OF DIGITAL PLATFORM IN CONSTRUCTION PROJECT MANAGEMENT**

Стремительное развитие цифровой экономики в России определило темпы развития цифровизации строительства. Цифровизация строительной отрасли включает в себя не только создание цифровой информационной модели (ЦИМ) здания, но и внедрение цифровых платформ. Цифровая платформа является инструментом, упорядочивающим процессы управления строительными проектами, которые являются сложными и требуют применения современных информационных технологий. В статье приведена схема выполнения процессов в среде цифровой платформы, дана оценка возможности применения цифровых платформ, рассмотрены их преимущества и представлен анализ развития цифровых платформ в Российской Федерации.

*Ключевые слова:* управление строительными проектами, цифровая платформа, ЦИМ, цифровизация строительства, мониторинг прогресса строительства.

The rapid development of the digital economy in Russia determined the pace of development of the digitalization of construction. The digitalization of the construction industry includes not only the creation of a digital information model (BIM) of a building, but also the introduction of digital platforms. The digital platform is a tool that streamlines the management of construction projects, which are complex and require the use of modern information technologies. The article provides a diagram of the execution of processes in a digital platform environment, assesses the possibility of using digital platforms, considers their advantages, and presents an analysis of the development of digital platforms in the Russian Federation.

*Keywords:* construction project management, digital platform, BIM, digitalization of construction, monitoring the construction progress.

В России стремительно развивается цифровая экономика. С целью реализации Указов Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г.

№ 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» и от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» Правительством РФ была сформирована национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденная протоколом заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам от 4 июня 2019 г. № 7. Реализация национальной программы «Цифровая экономика» обеспечивает выполнение показателей национальной цели «Цифровая трансформация». Одним из показателей этой цели является цифровая зрелость ключевых отраслей экономики и социальной сферы, строительство не является исключением.

Одной из целей цифровизации строительства является переход от САД-технологий к BIM-моделированию, а инструментом для её достижения является программное обеспечение, с помощью которого можно создавать информационные модели зданий и сооружений. Очевидно, что цифровизация строительства не ограничивается созданием цифровой информационной модели здания (ЦИМ). Строительство включает множество процессов, которые также нужно переводить на «цифру», благодаря чему повысится скорость и надежность их выполнения и, тем самым, увеличится их эффективность [1].

Каждый успешно введенный в эксплуатацию объект является результатом эффективного управления строительством. Это подразумевает регулярный контроль за работами, выполняемыми в течение всего жизненного цикла строительства (проектно-изыскательские работы, разработка проектной документации, прохождение экспертизы, строительномонтажные работы, отделочные работы, благоустройство и др.) [2]. Для эффективности контроля необходимо минимизировать влияние человеческого фактора, что достигается за счет применения современных информационных технологий [3].

Каждый участник инвестиционно-строительного проекта (ИСП) владеет определенной информацией. В масштабных проектах может быть несколько десятков участников. Таким образом, количество информационных потоков может быть очень велико. С целью улучшения качества управления ИСП необходимо структурировать и стандартизировать входящую информацию. Более того, информация об объекте капитального строительства (ОКС) должна быть всегда актуальна, мобильна, достоверна и легко редактируема. Инструментом для достижения обозначенных целей служит внедренная цифровая платформа [4].

Целью настоящей работы является оценка применения цифровой платформы в управлении строительными проектами. Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

1. Описание цифровой платформы.
2. Рассмотрение преимуществ цифровой платформы управления строительством.
3. Анализ развития цифровой платформы.

Цифровая платформа – это инструмент, отвечающий за хранение информационной модели, электронный документооборот, сбор цифровых стратегических данных. Ниже представлена схема осуществления процессов в среде цифровой платформы (см. рис.).

Преимуществами использования цифровой платформы в управлении строительными проектами являются:

1. Объединение всех участников строительства.

Цифровая платформа обеспечивает структурированное хранение документации, а также сохраняет актуальные данные о проекте и всех видах работ. Участники инвестиционно-строительного проекта могут обмениваться документами, вести обсуждения по документам, инициировать изменения в них. С помощью цифровой платформы заказчик ставит задачи и контролирует их выполнение, проектировщик и подрядчик выполняют поставленные задачи.

2. Снижение риска срыва сроков инвестиционно-строительного проекта. За счет применения цифровой платформы заказчик экономит время на выдаче предписаний и проверке документации, проектировщик экономит время на согласовании и сдаче документации, подрядчик своевременно сдает акты, подтверждающие факт выполнения работ.

3. Снижение трудозатрат.

С помощью цифровой платформы можно сравнивать разные версии документов, осуществлять проверку документации, её редактирование. Информация, хранящаяся на платформе, преобразуется и используется для формирования документов, актов. Все вышеперечисленные операции обрабатываются цифровой платформой, а не человеком. Таким образом, специалисты освобождаются от части выполняемой работы, что приводит к увеличению производительности их труда.

4. Электронная подпись.

Все сформированные документы в электронном виде подаются онлайн на согласование ответственным лицам, которые могут выдать замечания и отправить документы на доработку или утвердить их с помощью электронной цифровой подписи (ЭЦП).

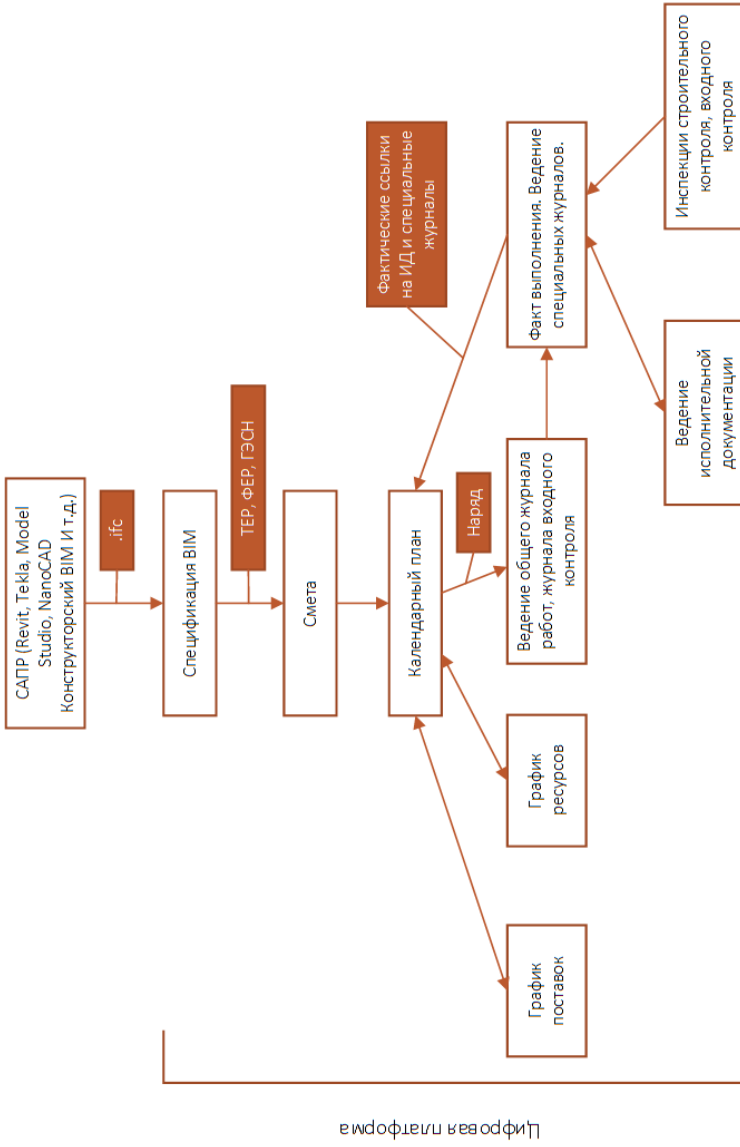


Схема осуществления процессов в среде цифровой платформы

5. Цифровизация типовых задач в ходе строительства. Участники строительства осуществляют электронное ведение журналов, например, общего журнала работ, а также заполнение актов, таких как акты освидетельствования скрытых работ (АОСР).

6. Цифровой мониторинг хода строительных работ.

Заказчик может следить за выполнением проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ, подготовкой документации, а также получать актуальные данные и формировать детальное представление о фактическом состоянии объекта без посещения строительной площадки.

Цифровая платформа имеет огромный потенциал для развития. На данный момент актуальны вопросы, связанные с интеграцией государственных цифровых сервисов. Примером является интеграция цифровой платформы с Единой информационной системой закупок и финансовая аналитика по проекту. Согласно действующему законодательству, по всем объектам в рамках федерального закона №44-ФЗ [5] о контрактной системе документы, которые используются для фиксации факта передачи работ от подрядчика к заказчику, расшифровки всех произведенных работ и их стоимости должны быть подписаны в Единой информационной системе (ЕИС). Для этого нужно дважды разместить акт: подрядчик (исполнитель работ) формирует акт, подписывает его с помощью ЭЦП и размещает в ЕИС, с целью получения подписи заказчика, затем акт, подписанный со стороны подрядчика и заказчика, еще раз размещается в ЕИС для получения подписи приемочной комиссии. Интеграция позволит отказаться от дублирования – акт можно будет сформировать в модуле облачной системы и передать его в ЕИС на подписание.

Внедрение цифровой платформы в процессы строительного контроля решает задачи персонализации ответственности во время проверок и сокращает сроки устранения замечаний.

Анализ источников [6–8] показал, что в настоящее время зарегистрировано несколько патентов на создание цифровых платформ управления строительством. Однако на рынке программного обеспечения хорошо зарекомендовали себя облачные платформы для автоматизации и управления строительными процессами Ехон и Адепт. Данные программные продукты отвечают на большую часть требований цифровизации строительства и позволяют решать множество задач, таких как согласование документации, формирование технических документов [9, 10]. Благодаря единой доступной среде процесс сбора, хранения и обработки информации становится прозрачным и понятным для всех участников строительства.



### **Выводы:**

1. Цифровая платформа – это инструмент, без которого невозможно обеспечить эффективное управление строительными проектами.

2. Преимуществами внедрения цифровой платформы являются повышение степени информированности о выполнении проекта у всех его участников, обеспечение совместной работы над проектом, рост эффективности и упорядочивание процессов управления, снижение рисков срыва сроков выполнения работ, сокращение финансовых затрат.

3. В будущем цифровые платформы ожидает синхронизация и интеграция с цифровыми государственными сервисами. Данные процессы повысят цифровую зрелость строительства и сформируют цифровую вертикаль строительной отрасли в Российской Федерации.

Работа проведена в рамках реализации проекта «Инновационная методика формирования цифровых профессиональных компетенций обучающихся и специалистов строительной отрасли» на базе Федеральной инновационной площадки ФГБОУ ВО СПбГАСУ.

### **Литература**

1. Старикова Д.В., Шехмаметьева Д.А. Определение умной строительной площадки и её элементов // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Матер. V Междунар. научно-практ. конф. Под общ. ред. А.А. Семенова. СПб.: СПбГАСУ, 2022. С. 265–272. DOI: 10.23968/BIMAC.2022.034. EDN: NFXDYH.

2. Гусакова Е.А., Павлов А.С. Основы организации и управления в строительстве в 2 ч. Ч. 1. М.: Изд-во Юрайт, 2020. 258 с.

3. Бойчев В.А., Талапов В.В., Эверт И.И. Практическое руководство по цифровизации управления проектами строительства с применением технологии информационного моделирования. СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2022 49 с.

4. Kudryavtseva V.A., Vasileva N.V. On the development of a united digital platform in the construction industry // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 880. P. 012079. DOI: 10.1088/1757-899X/880/1/012079.

5. Федеральный закон «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» от 05.04.2013 N 44-ФЗ.

6. ООО «ИНФРАТЕХ». Цифровая платформа управления строительством «ИНФРАТЕХ». Патент № 2022620564 РФ. Номер заявки: 2022620287. Заявл. 21.02.2022. Оpubл. 16.03.2022, Бюл. №3.

7. ООО «Тангл». Платформа для автоматизированного анализа, обработки и хранения данных цифровых информационных моделей объектов капитального строительства BIMTANGL. Патент № 2022616096 РФ, Номер заявки: 2021615139. Заявл. 09.04.2021. Оpubл. 16.04.2021, Бюл. №4.

8. ООО «ТАНГЛ». Облачная платформа автоматизированного анализа, контроля, координации и управления данными цифровых информационных

моделей объектов капитального строительства и объектов инфраструктуры. Патент № 2022611261 РФ, Номер заявки: 2022610256. Заявл. 14.01.2022. Опубл. 21.01.2022, Бюл. №2.

9. Управление строительством: как обеспечить прозрачность выполнения работ? URL: <https://exonproject.ru/upravlenie-stroitelstvom-kak-obespechit-prozrachnost-vypolneniya-rabot/> (дата обращения: 15.02.2023).

10. Внедрение автоматизированной системы управления строительством с использованием цифровых моделей. URL: [https://gk-adept.ru/blog\\_po\\_upravleniyu\\_proektami/upravlenie\\_proektami/vnedrenie\\_avtomatizirovannoy\\_sistemi\\_upravleniyay\\_stroitelstvom/](https://gk-adept.ru/blog_po_upravleniyu_proektami/upravlenie_proektami/vnedrenie_avtomatizirovannoy_sistemi_upravleniyay_stroitelstvom/) (дата обращения: 03.03.2023).

## Содержание

### МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIM

<i>Горбанева Е. П., Косовцева И. А.</i> Отечественный и зарубежный опыт разработки и внедрения инструментов информатизации строительной отрасли .....	3
<i>Хатин А. В., Махиев Б. Е., Ударцева А. Н.</i> Использование BIM-модели производственного здания при реконструкции.....	13

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ

<i>Бовтеев С. В., Евстифеева Е. С.</i> Применение 4D-моделей для визуализации возведения сборно-монолитного каркаса здания.....	20
<i>Добрышкин Е. О., Титеев И. С., Курашев Н. В.</i> Управление эксплуатационным содержанием объектов инфраструктуры на основе информационного моделирования и применения автоматизированных систем .....	26
<i>Евсиков И. А., Фролькис В. А.</i> Информационное моделирование городских пространств для расчета антропогенного потока тепла.....	32
<i>Захарова Г. Б.</i> Информационное моделирование ландшафтов LIM: теория и практика.....	40
<i>Исупов Н. С., Фомин Н. И.</i> Технология лазерного сканирования на этапе строительства как инструмент управления жизненным циклом здания .....	47
<i>Катилова Ю. В., Стрелец К. И., Заборова Д. Д.</i> Оценка жизненного цикла материалов для ограждающих конструкций жилого малоэтажного здания.....	53
<i>Кожухов А. Е., Бородин С. И., Гусев Е. В.</i> Оценка внедрения BIM-технологий в деятельность малого строительного предприятия .....	60

<i>Кузнецова О. Г.</i> Представление концепта средствами BIM-программ.....	69
<i>Мишуренко Н. А., Семенов А. А.</i> Возможности применения технологии дополненной реальности (AR) в области обследования зданий в России .....	76
<i>Поливанов Д. Е., Семенов А. А.</i> BIM-технологии с элементами программирования при анализе режимов работы внутренних сетей водоснабжения зданий .....	81
<i>Пушкарева Л. А., Чибирева Д. А.</i> Исследование покрытий детских площадок многоквартирного дома в контексте BIM-проектирования.....	92
<i>Рацеткин А. А., Кокоева Е. С.</i> Назначение состава атрибутов цифровой информационной модели для экспертизы автодорожных мостов.....	98
<i>Рацеткин А. А., Попова А. В., Чусовитина Ю. И.</i> К определению атрибутов цифровой информационной модели для эксплуатируемых автодорожных мостов .....	106
<i>Рожков А. Н., Галишников В. В.</i> Построение топологических таблиц для цифровых моделей линейных комплексов.....	113
<i>Семенов В. А., Золотов В. А., Рогачев И. В.</i> Национальная технологическая платформа информационного моделирования. Концепция управления данными и документами .....	120
<i>Семенов Г. В., Гринченко А. И., Морозкин Н. К.</i> Перспективные сценарии управления требованиями и замечаниями в строительных проектах на основе стандартов IFC и BCF .....	127
<i>Шаранин В. Ю.</i> Применение робототехники в строительстве.....	136
<b><u>ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIM</u></b>	
<i>Бритвина Е. А., Шведова М. А., Бабенко Д. С.</i> Строительная 3D-печать в дизайне городской среды.....	142
<i>Епишкин А. Е., Курмелев Д. А., Иванов А. Д.</i> Моделирование кабеленесущих систем в Revit .....	149

<i>Жукова В. А., Рогаль И. О.</i> Каталог семейств от производителя РОСТерм. Опыт применения .....	157
<i>Максимова С. В., Семина А. Е., Любимов А. В.</i> Оценка разрушений памятника архитектуры «Никольская соляная варница» в Усолье с помощью облаков точек .....	164
<i>Мустафин А. Н., Шакиров Р. И., Порываев И. А.</i> Применение средств автоматизации в работе с отверстиями на примере ПО Autodesk Revit.....	170
<i>Ромашина Е. О., Князева М. В.</i> Использование технологий информационного моделирования в проектах сохранения и приспособления объектов культурного наследия .....	181
<i>Семенов В. А., Аришин С. В., Тарлапан О. А.</i> Верификация и валидация информационных моделей на основе стандарта IFC в сложных проектах .....	187
<i>Тихомиров С. А., Дегтярев М. Ю., Упенников Д. К.</i> Разработка инструментов информационного моделирования систем вентиляции на основе лабораторных испытаний.....	196
<i>Храпкин П. Л., Артаменко А. Е., Мартыновский А. М.</i> Методика балльной оценки программного обеспечения для сопровождения строительных проектов, ТИМ на примере 7D Modeler .....	205
<i>Шпак Е. В., Кузнецова И. С.</i> Методы автоматизации проверки ЦИМ на соответствие требованиям при прохождении государственной экспертизы.....	212

**ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ, ВЛАДЕЮЩИХ  
ТЕХНОЛОГИЯМИ BIM**

<i>Асекритова С. В.</i> Использование элементов BIM-технологий в школьных и студенческих проектных работах.....	223
<i>Голдобина Л. А.</i> Перспективы развития подготовки специалистов по специальности «Горное дело» с внедрением информационного моделирования в образовательные программы.....	229

<i>Горовой Н. В.</i> Возможности технологий виртуальной и дополненной реальности при обучении проектировщиков.....	236
<i>Кузнецова О. Г., Решетников М. К.</i> Приемы обучения работе в BIM-программах .....	243
<i>Машкин О. В., Карманова М. М., Терентьев М. М.</i> Опыт выполнения командных проектов с использованием BIM-технологий в рамках проектного обучения .....	249
<i>Мухаркина А. А., Хусаинова Г. В.</i> Возможности применения технологии педагогических мастерских при обучении бакалавров архитектуры BIM-проектированию .....	258
<i>Ротков С. И., Конопацкий Е. В., Лагунова М. В.</i> Концепция реализации BIM в учебном процессе на примере профиля ПГС.....	265
<i>Саломатина Н. С., Чернядьева О. Я.</i> Подготовка BIM-кадров цифровой экономики в системе среднего профессионального образования.....	274
<i>Шамсутдинова А. Р.</i> Об опыте применения технологии информационного моделирования (BIM) в учебном процессе при подготовке специалистов для строительства и ЖКХ.....	281
<b><u>ДОКЛАДЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ</u></b>	
<i>Бек-Булатов В. А.</i> Принципы формирования архитектурных решений при использовании цифрового производства.....	287
<i>Бравков С. В.</i> Связь расчетных комплексов и Revit с использованием визуального программирования Dynamo .....	298
<i>Горбачева Ю. А.</i> Экспертиза проектной документации, разработанной с применением технологий информационного моделирования.....	305
<i>Гусяков Д. И.</i> Применение BIM-технологий при организации капитального ремонта и реконструкции зданий .....	312

<i>Евсюгина В. А., Дмитриева Н. Н.</i> Проверка проектной документации на соответствие нормативным документам с использованием цифровых технологий .....	318
<i>Ковальчук И. Д., Айбедулов Т. Р., Суханов К. О.</i> Информационное моделирование систем отопления и вентиляции существующего здания.....	324
<i>Колчев А. А., Петровский М.</i> Применение технологии цифровой информационной модели объектов культурного наследия для реализации проектов по ремонтно-реставрационным работам и эффективной эксплуатации зданий.....	330
<i>Логачев Е. С., Калпакова Ю. А., Бурило Н. А.</i> Моделирование трансформации архитектурных решений промышленных технопарков во временном контексте с использованием BIM.....	336
<i>Павлов В. Д.</i> Применение технологии Multi-D для управления жизненным циклом сложных инженерных объектов .....	343
<i>Пантелеенко Л. Д., Коршикова К. С.</i> Технология строительной 3D-печати и оптимизация внутренней топологии.....	349
<i>Парамонова В. Р., Горожанина П. Л., Трофимова Е. А.</i> Современные способы сохранения памятников деревянного зодчества на примере объектов в г. Рязани .....	356
<i>Петровский М., Лотова Е. А.</i> 4D-модель как конкурентное преимущество при реализации строительного проекта .....	363
<i>Погребной А. А., Петелин М. Е., Фуртаева А. А.</i> Определение функциональных и технических требований к системам 4D-моделирования строительного производства .....	369
<i>Пушкарев И. А., Евсюгина В. А., Шанина Т. С.</i> Использование программных комплексов конечно-элементного анализа и BIM-технологий при расчете элементов строительных конструкций.....	378
<i>Старикова Д. В.</i> Осуществление контроля за ходом строительства с применением технологий умной строительной площадки.....	383

## Содержание

---

<i>Федухина Н. В., Астафьева Н. С.</i> Сравнительный анализ российского программного обеспечения для информационного моделирования зданий и сооружений.....	389
<i>Целищева В. К., Якупова А. Ш., Суханов К. О.</i> Использование энергетического моделирования для повышения энергоэффективности здания.....	395
<i>Чупин Ю. В., Островская Н. В.</i> Применение BIM-технологий при проектировании энерговырабатывающего жилого здания.....	402
<i>Шехмаметьева Д. А.</i> Преимущества цифровых платформ в управлении строительными проектами.....	410



Научное издание

**ВІМ-МОДЕЛИРОВАНИЕ  
В ЗАДАЧАХ СТРОИТЕЛЬСТВА  
И АРХИТЕКТУРЫ**

Материалы VI Международной  
научно-практической конференции

**ВІМАС 2023**

Компьютерная верстка *М. В. Смирновой*

Подписано к печати 13.04.2023. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 24,6. Тираж 300 экз. Заказ 58. «С» 32.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.

190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.

Отпечатано на МФУ. 198095, Санкт-Петербург, ул. Розенштейна, д. 32, лит. А.

ДЛЯ ЗАПИСЕЙ