

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>  
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2020, №1, Том 7 / 2020, No 1, Vol 7 <https://resources.today/issue-1-2020.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/08INOR120.pdf>

DOI: 10.15862/08INOR120 (<http://dx.doi.org/10.15862/08INOR120>)

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Рыбакова А.О. Перспективы развития автоматизированного проектирования центров обработки данных на основе применения технологий информационного моделирования зданий // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы», 2020 №1, <https://resources.today/PDF/08INOR120.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/08INOR120

**For citation:**

Rybakova A.O. (2020). Prospects for the development of computer-aided design of data processing centers based on the use of building information modeling technologies. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*, [online] 1(7). Available at: <https://resources.today/PDF/08INOR120.pdf> (in Russian) DOI: 10.15862/08INOR120

УДК 721.021.23

ГРНТИ 67.23.15

**Рыбакова Ангелина Олеговна**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
Москва, Россия

Преподаватель кафедры «Информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве»

E-mail: [angelinaribakova@yandex.ru](mailto:angelinaribakova@yandex.ru)

РИНЦ: [http://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=865289](http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=865289)

## **Перспективы развития автоматизированного проектирования центров обработки данных на основе применения технологий информационного моделирования зданий**

**Аннотация.** Центр обработки данных – это специализированное здание или помещение, в котором компания, организация или государственный орган размещает информационное и сетевое оборудование с последующим подключением к сети. Центры обработки данных решают стратегические информационно-коммуникационные задачи владельца.

Постоянное увеличение операционных расходов центров обработки данных является движущей силой инноваций для повышения их эффективности. На сегодняшний день одним из новейших способов улучшения проектирования и функциональности центров обработки данных является интеграция информационного моделирования зданий. Анализ результатов моделирования и расчетных значений с существующими показателями эффективности работы центра обработки данных поможет быстро определить места сбоя или нарушений работы, а также сформировать алгоритм процедуры вмешательства в функционирование в целях повышения эффективности и бесперебойной работы. Интеграция возможностей технологий информационного моделирования при проектировании повышает эффективность, как общего проектирования объекта, так и специальных показателей проектирования центров обработки данных.

В данной статье изложены основы интеграции информационного моделирования зданий и центров обработки данных, преимущества подходов информационного моделирования, роль возможностей технологий информационного моделирования в развитии и совершенствовании методов проектирования центров обработки данных, а также способы реализации

информационной модели центра обработки данных. Автор доказывает и поясняет необходимость разработки информационной модели центра обработки данных, а также предлагает возможные инструменты реализации. Помимо преимуществ модели на этапе проектирования, автор также выделяет возможности использования данных на последующих этапах установки и функционирования.

**Ключевые слова:** Building Information Modeling; информационное моделирование зданий; центры обработки данных; автоматизация проектирования; организация строительства; скоростное строительство; визуализация; проектная документация

## Введение

В современном мире крупным компаниям, государственным органам и небольшим организациям необходимо устойчивое и высокоскоростное соединение с сетью, а также бесперебойная работа оборудования. С решением этих задач на сегодняшний день справляются компьютерные системы в виде специально оборудованных помещений, способных обеспечить бизнес компьютерными системами и набором решений для их эксплуатации [1]. Такие системы представляют собой центры обработки данных (далее ЦОД).

Центр обработки данных (или Data Center) – это специализированное здание (помещение) для размещения серверного, сетевого и прочего IT-оборудования. ЦОД в большинстве случаев выполняет функции хранения, обработки и передачи информации в интересах компании, которые направлены на решение конкретных бизнес-задач. Располагаются ЦОДы обычно в пределах помещения или непосредственной близости компании.

Рациональное использование технических средств и вычислительных ресурсов сокращает стоимость владения IT-инфраструктурой за счет перераспределения нагрузок и уменьшения расходов на администрирование. Однако максимальная реализация всех преимуществ ЦОДа возможна только при эффективных проектных решениях и правильно подобранном оборудовании. Уровень функционирования ЦОДа и его эксплуатация полностью зависят от качества проектирования [2]. Ошибки на ранних стадиях разработки могут значительно ухудшить качество в дальнейшем. Следовательно, для минимизации негативных последствий таких ошибок, целесообразно использования современные способы автоматизации проектирования, а именно технологии информационного моделирования зданий или BIM-технологии.

## 1. Материалы и методы

Центр обработки данных – это инженерное сооружение в виде высокотехнологичной площадки для обслуживания телекоммуникационного оборудования и информационных систем. Цель работы ЦОДа – обработка, хранение и передача данных компании или организации, а также управление информационной системой [3]. Физическая часть ЦОДа – это совокупность инженерных систем:

- система охлаждения;
- система электроснабжения;
- система пожаротушения;
- слаботочные системы и управление доступом;
- другие специфические для области функционирования объекта системы.

С точки зрения проектирования и строительства ЦОД является одним из сложнейших объектов.

Информационное моделирование здания (Building Information Modeling, BIM) – создание и разработка трехмерной информационной модели конкретного сооружения на всех этапах его жизненного цикла [4]. Технология BIM позволяет эффективно организовать совместную работу всех заинтересованных участников проекта – от инвестора до эксплуатирующей компании.

## 2. Преимущества применения BIM-технологий при разработке ЦОДа

Главной характеристикой ЦОДов является его надежность. Понятие «надежности» в данном случае является комплексной характеристикой и включает в себя надежность здания или помещения ЦОД, бесперебойное питание, кондиционирование и холодоснабжение, качество установленного оборудования. При выполнении всех требований к надежности обеспечивается бесперебойное предоставление услуг и эффективная работа ИТ-инфраструктуры компании или государственного органа.

Существующие на сегодняшний день ЦОДы имеют ряд недоработок, которые оказывают влияние на его функционирование и на работу компаний: не обеспечивается надежность, эффективность работы систем и уровень решаемых им задач в рамках бизнес-процесса [5]. Причиной большинства недостатков является низкий уровень проектных решений, непрофессионализм специалистов и недостаточный анализ инженерных решений. Поэтому сегодня существует проблема эффективности проектирования и запуска ЦОДов различного уровня.

Один из способов решения данной проблемы – максимальная проработка проектных решений. В качестве инструмента задачи проектирования можно использовать возможности BIM-технологий [6]. Средства информационного моделирования помогут более эффективно принять проектное решение, выбрать оборудование, произвести инженерные расчеты, а также оперативно анализировать изменения и корректировки при разработке концепции ЦОДа.

Применение BIM-сервисов и комплексов на стадии проекта обеспечит выбор подходящего оборудования, его рационального расположения, эффективную работы всех инженерных систем. От фундаментальных проектных решений ЦОДа зависят его надежность и эффективность функционирования, уровень сложности обслуживания, а также итоговая стоимость проекта [7].

При проектировании ЦОДа средствами BIM-сервисов обеспечивается решение фундаментальных задач с уменьшением объема работ и повышением качества. Таким образом, можно выделить следующие очевидные преимущества в области организации и проведения проектных работ ЦОДа:

1. Создание единого информационного поля для проектной команды и заинтересованных лиц (заготовки, шаблоны, стандарты, быстрый обмен информацией, библиотека семейств и групп).
2. Моделирование работы инженерных систем.
3. Быстрая разработка и корректировка вариантов компоновки и расположения оборудования.
4. Уменьшение количества ошибок и сокращение доработок при проектировании, что в результате обеспечивает сокращение сроков проектирования.

5. Ускорение повторных расчетов при изменении исходных данных.
6. Короткий срок для понимания концепции проекта для новых участников команды.
7. Упрощение планирования и организации проектных работ, контроля промежуточных результатов.
8. Возможность визуализации.
9. Значительное уменьшение стоимости проектирования ЦОДа.
10. Сокращение затрат на эксплуатацию.

При максимальном освоении специалистами проектной команды инструментов BIM-сервисов, а также с учетом имеющихся фундаментальных знаний можно в короткий срок выполнить проект ЦОДа любого масштаба в соответствии с действующими нормативными документами и стандартами, провести анализ эксплуатационных характеристик будущего объекта [8]. На основании этого, значительно ускорится процесс выбора эффективных проектных решений, что обеспечит высокий уровень разработки всех разделов проектной и рабочей документации.

### 3. Необходимость разработки BIM-модели при создании ЦОДа

По уровню инженерной инфраструктуры ЦОД относится к числу высокотехнологичных и сложных объектов строительства. Если ЦОД должен быть реализован в функционирующем здании, то на его разработку накладываются дополнительные ограничения в виде архитектурно-конструктивных решений и существующих инженерных систем, и коммуникаций. В таком случае проектирование на основе ранее разработанной 3D-модели значительно ускорит процесс проектирования ЦОД, в отличие от разработки модели исходного здания и проекта ЦОДа с нуля.

При любом сценарии проектирования цена ошибок на начальном этапе будет довольно высока в будущем, что повлечет за собой дополнительные издержки и ряд проблемных вопросов. Для минимизации ошибок различного характера и снижения рисков возникновения проблемных ситуаций необходимо принятие ряда мер, реализация которых возможно посредством инструментов BIM-сервисов [9].

1. Трехмерная модель объекта.

Современные средства BIM-технологий позволяют разрабатывать виртуальные модели различных объектов на самых ранних стадиях проектирования. Уже на предпроектных этапах у разработчиков есть возможность увидеть и проанализировать комплекс систем. Далее вся необходимая информация содержится в модели на протяжении всего жизненного цикла, и ее можно использовать при планировании, проектировании, закупки материально-технической базы, организации строительно-монтажных и пуско-наладочных работ, эксплуатации, реконструкции или демонтаже.

При эффективном использовании BIM-модели специалисты координации проектных работ организуют обмен данными между участниками проекта и системами предприятия [10]. BIM-модель выступает в роли обменного механизма, базы данных, базы знаний и актуальных технико-экономических показателей. В любой момент времени любой заинтересованный сотрудник может обратиться к модели за получением необходимой информации для решения задач своей компетенции.

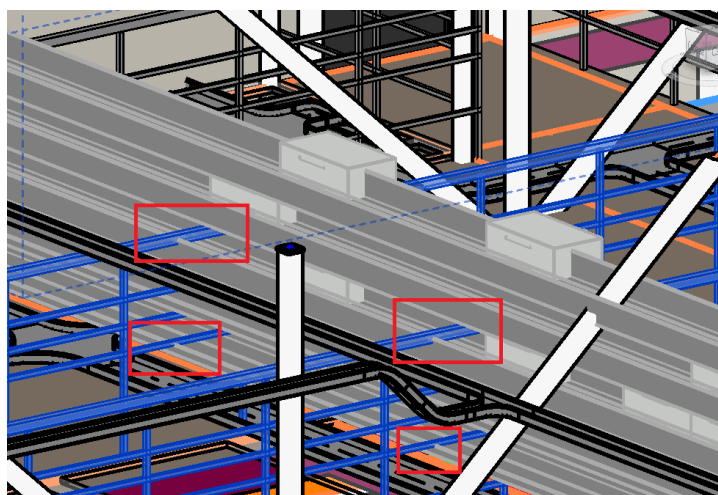
BIM-модель содержит не просто набор графических объектов, она включает в себя совокупность данных о качественных и количественных характеристиках всех элементов. Эта

информация помогает создавать чертежи, сметы, отчеты, графики, планы, технические задания. На каждой стадии инженерная группа имеет возможность для анализа решений и выбор наилучшей стратегии с учетом имеющихся данных.

С каждым этапом жизненного цикла объекта модель становится более детализированной. Следовательно, в процессе развития и разработки модель может выполнять все больше функций и решать более обширный ряд задач [11].

## 2. Анализ расположения и компоновки.

Следующим важным моментом является возможность анализа расположения комплекса инженерных систем и оборудования, в том числе: эффективное использование полезной площади, поиск коллизий и пересечений, рациональное расположение оборудования относительно друг друга, минимальная длина коммуникаций [12]. При использовании BIM-модели в соответствующем программном комплексе в автоматизированном режиме можно получить отчет о пересечениях различных инженерных систем и коммуникаций. Устранение такого типа коллизий на ранних этапах значительно повышает качество проекта в будущем, а также упрощает процесс монтажа и выпуск исполнительной документации (рис. 1).



*Рисунок 1. Коллизии в проекте ЦОДа (разработано автором)*

Все требуемые изменения в проектной документации выполняются в режиме реального времени [13]. Помимо этого, на любом этапе можно легко сравнить фактическую реализацию с проектом.

## 3. Интеграция модели в средства планирования и организации работ.

При необходимости визуализации календарного планирования BIM-модель интегрируется в проект организации строительства и связывается с календарно-сетевым графиком производства работ. В таком случае модель позволяет отобразить плановую ситуацию на площадке в любой требуемый момент времени, что дает возможность анализа хода строительства по проекту и по факту [14].

Помимо фактической ситуации можно произвести анализ планируемой стоимости или произвести перераспределение различных видов ресурсов.

## 4. Эффективность при эксплуатации.

После сдачи объекта в эксплуатацию пользователи получают информацию о том, как построено здание в виде исполнительной документации. Как правило, информация не всегда представлена должным образом, и эксплуатирующие организации сталкиваются с проблемами чтения и анализа информации об объекте.

ВМ-модель ЦОДа в службе эксплуатации максимально облегчает работу инженеров и управления объектом на всех дальнейших этапах его жизненного цикла. Исполнительная документация в виде обновленной ВМ-модели минимизирует проблемы эксплуатации, отражая в себе техническое состояние всех систем и информацию о каждом элементе с возможностью формирования отчетов и заданий.

#### 4. Средства построения ВМ-модели ЦОДа

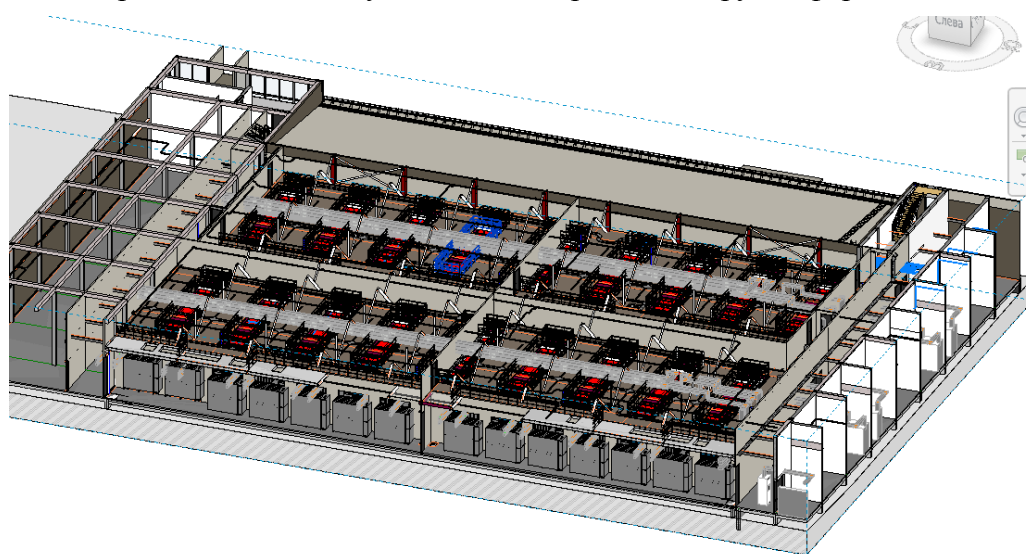
На сегодняшний день на рынке существует достаточно большое количество средств создания ВМ-моделей. Наиболее популярными являются Autodesk Revit и ArchiCAD, однако специалисты в области информационного моделирования выделяют наиболее производительными DataCAD, Vectorworks Architect.

Однако учитывая специфику проектирования ЦОДов, можно выделить только один наиболее подходящий программный комплекс – Autodesk Revit. В отличие от других средств проектирования Revit имеет возможность проектирования не только архитектурно-конструктивных элементов, но и инженерных систем с созданием требуемого оборудования.

В Autodesk Revit реализована возможность одновременной подгрузки нескольких систем с возможностью частичного скрытия. Autodesk Revit удобен как для анализа проекта, так и формирования проектной и рабочей документации.

Если в стандартной библиотеке семейств оборудования или элементов отсутствует интересующая модель, то в Revit имеется функция создания семейства самостоятельно. Также в любом оборудовании модели можно изменять его свойства или технические характеристики в соответствии с возможностями производителя.

По окончании работы специалисты имеют итоговую модель ЦОДа, которая может быть использована в различных назначениях и выполнять соответствующие функции (рис. 2). При необходимости можно добавить объекты интерьера. Средствами Autodesk Revit с данной моделью можно производить манипуляции и конвертацию в другие форматы [15].



*Рисунок 2. Разрез ВМ-модели ЦОДа (разработано автором)*

## 5. Результаты исследования

В результате продемонстрирован механизм интеграции информационного моделирования зданий и центров обработки данных, сформулированы преимущества подходов информационного моделирования в разработке ЦОД, определена роль возможностей BIM-технологий в развитии и усовершенствовании методов проектирования центров обработки данных. Необходимость и целесообразность разработки информационной модели центра обработки данных обоснованы количеством решаемых задач и уровнем минимизации проблемных вопросов как на этапах проектирования, так и на этапе эксплуатации. Для максимально эффективного проектирования ЦОДов предложены несколько возможных инструментов реализации в виде программных комплексов различного уровня, которые обеспечат рациональную разработку проекта с учетом исходных данных, целей и бюджета проекта.

### Выводы

Не смотря на высокую стоимость инструментов BIM-технологий, их применение обосновано и дает позитивный эффект в проектировании ЦОДов, так как предоставляет возможность интегрировать данные модели на всех этапах разработки и создания ЦОДов, а также транспортировать итоговую модель в службы эксплуатации.

Таким образом, использование BIM-сервисов при проектировании ЦОД обеспечивает выбор рациональной концепции с последующим эффективным функционированием ЦОДа. Применение BIM-инструментов значительно облегчает и ускоряет работу специалистов. Как следствие, выполняются функциональные требования к ЦОД: надежность и бесперебойная работа. Данный способ разработки и проектирования ЦОДов является фундаментом для дальнейшего эффективного функционирования в течение многих лет, с обеспечением экономии технических и материальных ресурсов.

Активная позиция регулирующих органов, крупных компаний в области строительства ЦОДов и отраслевых строительных экспертных организаций позволяет сделать вывод о скорейшем переходе на BIM-моделирование как фундаментальную технологию проектирования ЦОДов с целью последующей эксплуатации, реконструкции или демонтажа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Angelina Rybakova and Pavel Kagan Opportunities to improve the efficiency of design and construction // E3S Web of Conferences. 2019. V. 97. Article number 01008.
2. J. Han, D. Zhang, Q. Zhao, BIM-based modular design approach for industrialization of housing construction. Architecture. (2015) 22.
3. Korol E., Kagan P., Barabanova T. Automation of the formation of organizational technological documentation // Applied Mechanics and Materials. 2015. T. 738–739. С. 444–447.
4. Mushinskiy A.N., Zimin S.S. Construction of Unique Buildings and Structures (Rus), 2015, 4(31), pp. 182–193.
5. Nikolay Garyaev and Angelina Rybakova Cloud interaction technologies in the design and construction // MATEC Web of Conferences. 2018 V. 170 Article number 1076.

6. Nikolay Ivanov and Maxim Gnevanov Big data: perspectives of using in urban planning and management // MATEC Web of Conferences, 2018, 170, 01107.
7. P. Kagan, T. Varabanova, The Formal Language for Describing Technological Processes in Construction, Computing in Civil and Building Engineering, 2232–2237 (2014).
8. Гаряев Н.А., Рыбакова А.О. Облачные технологии взаимодействия при проектировании и строительстве // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018 № 4 (1004). С. 28–31.
9. Гневанов М.В., Иванов Н.А. Технологии "больших данных" (Big Data) и их применение в градостроительном планировании // ПГС, 2018, № 4, С. 83–87.
10. Рыбакова А.О., Абросимова И.А. Автоматизация выбора облачного BIM-сервиса для проектирования и строительства // Научно-технический журнал «Наука и бизнес: пути развития». – 2019. – № 4(94). – С. 95–97.
11. Рыбакова А.О., Каган П.Б. Повышение качества строительного контроля на основе технологий информационного моделирования зданий [Электронный ресурс] // Сборник материалов Всероссийской научной конференции «Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы – 2019». – Москва: Издательство МИСИ-МГСУ. – 2019. – С. 454–457. – Режим доступа: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskayadeyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/>.
12. Рыбакова А.О., Каган П.Б. Повышение эффективности проектирования и строительства // Научно-технический журнал «Наука и бизнес: пути развития». – 2019. – № 3(93). – С. 46–48.
13. Рыбакова А.О., Каган П.Б. Повышение эффективности проектирования на основе применения облачных BIM-сервисов // Научно-технический журнал «Наука и бизнес: пути развития». – 2019. – № 9(99). – С. 44–47.
14. Рыбакова А.О., Каган П.Б. Применение информационного моделирования зданий при проектировании центров обработки данных [Электронный ресурс] // Сборник материалов Всероссийской научной конференции «Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы – 2019». – Москва: Издательство МИСИ-МГСУ. – 2019. – С. 450–453. – Режим доступа: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskayadeyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/>.
15. Рыбакова А.О., Харитонов Д.С. BIM-сопровождение для эффективности проектирования и строительства // Научно-технический журнал «Наука и бизнес: пути развития». – 2019. – № 6(96). – С. 109–111.



**Rybakova Angelina Olegovna**

Moscow state university of civil engineering (national research university), Moscow, Russia  
E-mail: [angelinaribakova@yandex.ru](mailto:angelinaribakova@yandex.ru)

## Prospects for the development of computer-aided design of data processing centers based on the use of building information modeling technologies

**Abstract.** A data center is a specialized building or room where a company, organization, or government Agency places information and network equipment and then connects to the network. Data centers solve the owner's strategic information and communication tasks.

The constant increase in operating costs of data processing centers is driving innovation to improve their efficiency. Today, one of the newest ways to improve the design and functionality of data centers is to integrate building information modeling. Analysis of simulation results and calculated values with existing performance indicators of the data center will help you quickly identify the places of failures or disruptions, as well as form an algorithm for the procedure of intervention in the operation in order to improve efficiency and smooth operation. Integrating the capabilities of information modeling technologies in the design process increases the efficiency of both the overall design of the object and special design indicators for data processing centers.

This article describes the basics of integrating information modeling of buildings and data processing centers, the advantages of information modeling approaches, the role of information modeling technologies in the development and improvement of methods for designing data processing centers, as well as ways to implement the information model of the data center. The author proves and explains the necessity of developing an information model of the data center, as well as offers possible implementation tools. In addition to the advantages of the model at the design stage, the author also highlights the possibilities of using data at the subsequent stages of installation and operation.

**Keywords:** building information modeling; data centers; design automation; construction organization; high-speed construction; visualization; project documentation

### REFERENCES

1. Rybakova A., Kagan P. (2019). *Opportunities to improve the efficiency of design and construction. Volume 97.*
2. Han J., Zhang D., Zhao Q. (2015). BIM-based modular design approach for industrialization of housing construction. *Architecture*, 22.
3. Korol E., Kagan P., Barabanova T. (2015). Automation of the formation of organizational technological documentation. *Applied Mechanics and Materials*, (738–739), pp. 444–447.
4. Mushinskiy A.N., Zimin S.S. (2015). Construction of Unique Buildings and Structures. 4(31), pp. 182–193.
5. Garyaev N., Rybakova A. (2018). *Cloud interaction technologies in the design and construction. Volume 170.*
6. Ivanov N., Gnevanov M. (2018). *Big data: perspectives of using in urban planning and management. Volume 170.*

7. Kagan P., Barabanova T. (2014). The Formal Language for Describing Technological Processes in Construction. *Computing in Civil and Building Engineering*, pp. 2232–2237.
8. Garyaev N.A., Rybakova A.O. (2018). Cloud computing technologies in design and construction. *Bulletin of construction equipment*, 4(1004), pp. 28–31 (in Russian).
9. Gnevanov M.V., Ivanov N.A. (2018). Big Data Technologies and Their Application in Urban Planning. *Industrial and Civil Engineering*, 4, pp. 83–87 (in Russian).
10. Rybakova A.O., Abrosimova I.A. (2019). Automation of choosing a cloud-based BIM service for design and construction. *Scientific and technical journal "Science and Business: Development Paths"*, 4(94), pp. 95–97 (in Russian).
11. Rybakova A.O., Kagan P.B. (2019). Povyshenie kachestva stroitel'nogo kontrolya na osnove tekhnologiy informatsionnogo modelirovaniya zdaniy. [*Improving the quality of construction control based on building information modeling technologies.*] Moscow: Publishing House Moscow Civil Engineering Institute – Moscow State University of Civil Engineering, [online] pp. 454–457. Available at: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskayadeyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/>.
12. Rybakova A.O., Kagan P.B. (2019). Improving the efficiency of design and construction. *Scientific and technical journal "Science and Business: Development Paths"*, 3(93), pp. 46–48 (in Russian).
13. Rybakova A.O., Kagan P.B. (2019). Improving design efficiency through the use of cloud-based BIM services. *Scientific and technical journal "Science and Business: Development Paths"*, 9(99), pp. 44–47 (in Russian).
14. Rybakova A.O., Kagan P.B. (2019). Primenenie informatsionnogo modelirovaniya zdaniy pri proektirovanii tsentrov obrabotki dannykh. [*The use of building information modeling in the design of data centers.*] Moscow: Publishing House Moscow Civil Engineering Institute – Moscow State University of Civil Engineering, [online] pp. 450–453. Available at: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskayadeyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/>.
15. Rybakova A.O., Kharitonov D.S. (2019). BIM-support for the effectiveness of design and construction. *Scientific and technical journal "Science and Business: Development Paths"*, 6(96), pp. 109–111 (in Russian).