

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

ВЫБОР ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

УДК 69.004.9

Шилкина Светлана Вячеславовна

канд. техн. наук, доцент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (кафедра «Механизация и автоматизация строительства»), Москва, Россия;
shilkinaSV@mgsu.ru

Иванова Ольга Вячеславовна

студент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (кафедра «Механизация и автоматизация строительства»), Москва, Россия;
oxolyi@mail.ru

Статья получена: 19.04.2023. Одобрена: 28.05.2023. Опубликовано онлайн: 27.06.2023 © РИОР

Аннотация. Информационное моделирование зданий связано с процессом сбора данных о здании в централизованном хранилище, данные которого используются всеми заинтересованными сторонами на каждом этапе жизненного цикла здания. Эти сведения необходимы не только при проектировании и строительстве основных конструкций объекта, но и для разработки систем управления инженерным оборудованием здания, к ним относятся системы управления электроснабжением, водоснабжением, водоотведением, отоплением, вентиляцией и кондиционированием воздуха. Соответствующая информация, как о здании, так и о его системах является основой проектирования автоматизации процессов, предоставляя новые возможности по оптимизации страте-

гии управления, как для повышения энергоэффективности объекта, так и для удобства пользователей. На этапе эксплуатации здания задействованы специалисты различных областей и уровней, которым требуются сведения и документы от других участников проекта. Кроме того, применение технологий информационного моделирования (ТИМ) позволяет избежать дублирования данных по объекту и значительно повышает достоверность хранящейся информации. По этой причине на сегодняшний день появилось множество поставщиков программного обеспечения для решения задач BIM, они предлагают решения, как для отдельных этапов, так и для всего периода жизни объекта, начиная с разработки концепции проекта и заканчивая сносом здания по завершении экс-

THE CHOICE OF SOFTWARE FOR THE IMPLEMENTATION OF PROJECTS BASED ON INFORMATION MODELING TECHNOLOGIES

Shilkina Svetlana

Ph.D., Associate Professor, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU) (Department of «Mechanization and Automation of Construction»), Moscow, Russian Federation;
shilkinaSV@mgsu.ru

Ivanova Olga

student, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU) (Department of «Mechanization and Automation of Construction»), Moscow, Russian Federation;
oxolyi@mail.ru

Abstract. Building information modeling is associated with the process of collecting data about a building in a centralized repository, the data of which is used by all stakeholders at each stage of the building's life cycle. This information is necessary not only for the design and construction of the main structures of the facility, but also for the development of control systems for the engineering equipment of the building, these include control systems for power

supply, water supply, sanitation, heating, ventilation and air conditioning. Relevant information about both the building and its systems is the basis for the design of process automation, providing new opportunities to optimize the management strategy, both to improve the energy efficiency of the facility and for the convenience of users. At the stage of operation of the building, specialists from various fields and levels are involved, who need information and documents from other project participants. In addition, the use of information modeling technologies (TIM) avoids duplication of data on the object and significantly increases the reliability of stored information. For this reason, today there are many software vendors for solving BIM tasks, they offer solutions both for individual stages and for the entire life of the object, starting with the development of the project concept and ending with the demolition of the building upon completion of operation. The purpose of this article is to conduct a comparative analysis of software from different developers, to show the possibilities of using information modeling technologies for the development of projects for the construction and operation of a building at the stages of its life cycle.

Keywords: information modeling technologies, building life cycle, building engineering systems, design technology software.



Рис. 1. Укрупненная схема основных разделов разработки проекта

платации. Цель данной статьи: провести сравнительный анализ программного обеспечения разных разработчиков, показать возможности применения технологий информационного моделирования для разработки проектов по строительству и эксплуатации здания на этапах его жизненного цикла.

Ключевые слова: технологии информационного моделирования, жизненный цикл здания, инженерные системы зданий, программное обеспечение технологий проектирования

Введение

Автоматическое создание стратегий управления — это подход к определению работы систем жизнеобеспечения здания с использованием информации о пространственной структуре здания, его физических характеристиках, например, теплоизоляционных свойствах, а также пространственном расположении, включая топографические особенности местности и возможности обеспечения необходимыми ресурсами при эксплуатации объекта. Эти данные обычно аккумулируются на этапе разработки предварительного проекта и могут храниться в BIM-модели [1...7], где все заинтересованные стороны могут получить к ним доступ и, по мере надобности, изменять их. Хорошо известны инструменты планирования BIM, такие как Revit^[1], Allplan^[2] и ArchiCAD^[3]. Однако все

эти системы используют различные форматы данных для внутреннего хранения, что делает весьма затруднительным свободный обмен данными между ними. Спасает то, что все вышеперечисленные инструменты способны экспортировать данные с использованием формата Industrial Foundation Classes (IFC), стандартизированного как ISO 16739^[4].

На наш взгляд, говорить, что BIM (Building Information Modeling — BIM) это просто цифровое представление функциональных и физических характеристик проектируемых, строящихся или эксплуатируемых зданий, т.е. набор строительных цифровых чертежей, не совсем корректно. Более полное понимание даёт рисунок 1, на котором представлены основные разделы разработки проекта.

Востребованность технологии моделирования легко понять, она связана с взаимозаменяемостью информационных моделей, когда больше нет необходимости в постоянном контроле и проверке всех этапов строительства, так как база автоматически меняется при внесении изменений в проект. Основные области применения BIM в жизненном цикле здания (Рис.2) [4...7]:

- Инвестиционная и предынвестиционная стадия строительного процесса.
- Проработка деталей проекта в соответствии с нормативными документами.
- Анализ информационной модели.
- Составление графиков и смет.
- Строительная логистика.
- Эксплуатация и техническое обслуживание.
- Демонтаж или реконструкция объекта.

[4] Industry Foundation Classes (IFC) for Data Sharing in the Construction and Facility Management Industries; EN ISO 16739:2019; ISO International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland, 2019

[1] Multidisciplinary BIM Software for Higher-Quality, Coordinated Designs. Available online: <https://www.autodesk.com/products/revit/overview> (accessed on March 09, 2023).

[2] Allplan. Available online: <https://www.allplan.com/> (accessed on March 09, 2023)

[3] Archicad. Available online: <https://www.graphisoft.com/archicad/> (accessed on March 09, 2023)



Рис. 2. Применение BIM в жизненном цикле объекта



Рис. 3. Основные этапы внедрения BIM-технологии.

BIM затрагивает все области, связанные со строительством и эксплуатацией зданий [5...9]. Когда в одной модели рассматриваются все области, то проще определить каждый этап жизненного цикла. Основные этапы внедрения BIM представлены на рис. 3.

Далее представим описание этапов.

Этап 1. Проектирование конструктивных элементов здания, включая все необходимые детали: эскизы, чертежи.

Этап 2. Созданные планы и чертежи вводятся в программное обеспечение, которое рассчитывает все детали здания. После этого создаются строительные чертежи и другая сопутствующая документация. Эта документация необходима для этапа строительства и для создания проектной сметы.

Этап 3. Расчеты производятся для необходимых технических систем, таких как электроснабжение, освещение, теплоснабжение, водоснабжение.

Этап 4. С помощью специализированного программного обеспечения BIM рассчитывается время, необходимое для строительства объекта. Дополнительные расчеты также производятся до начала этапа строительства.

Этап 5. Разработка логистики. Рассматриваются логистические потоки, на этапе осуществляется введение информации о необходимых поставках ресурсов, требуемых для строительства.

Этап 6. После завершения строительных работ BIM-модель здания также продолжает функционировать и прорабатываться. Это связано с тем, что



Рис. 4. Матрица SWOT-анализа BIM (разработано авторами)

параметры датчиков и систем должны поддерживаться, контролироваться и корректироваться на протяжении всего времени существования здания.

Кроме того, надо принимать во внимание, что BIM-технологии постоянно совершенствуются [7–9]. Поэтому говорить в настоящее время о «размере» BIM весьма затруднительно. На основании анализа процесса развития BIM можно выделить следующие разделы (после создания 3D-модели, включающую в себя архитектурную часть проекта и инженерное оборудование):

4D — процесс графического моделирования хода строительства, включая логистику, с учетом времени.

5D — модуль расчета стоимостных показателей проекта, позволяющий мгновенно генерировать бюджеты затрат и финансовые иллюстрации модели в зависимости от времени.

6D — разработка алгоритмов управления готовыми объектами, особенно эксплуатацией инженерных коммуникаций.

Можно утверждать, с учетом мнения специалистов, что в модели здания существует почти бесконечное число измерений, и все чаще эту многомерную способность BIM-технологии обозначают в виде «nD».

Этап проектирования инженерных систем является одним из самых главных в составлении полной картины информационной модели проекта. Благо-

даря точности, которая достигается с помощью составления трехмерной модели, ошибок в строительстве практически нет. Например, руководитель строительного процесса или проектировщик могут увидеть, что в данный момент выполняется в проекте, эта возможность позволяет упростить визуализацию объекта [6...9].

Целью исследования, предлагаемого авторами статьи, является анализ основных преимуществ технологий информационного моделирования на этапах проектирования, применение программного обеспечения для разработки стратегий управления системами жизнеобеспечения здания. Статья носит обзорный характер, рассматриваются используемые виды программного обеспечения при проектировании основных компонентов для разработки инженерных систем здания.

Материалы и методы

Для исследования BIM авторами предлагается использовать SWOT-анализ, он позволяет наглядно, в виде сравнительных информационных таблиц и графиков рассмотреть все возможности, сильные и слабые стороны, а также оценить риски применения технологии (рис.4-рис.9, табл.1). Данный метод привлекателен тем, что с его помощью можно много-

Результаты ранжирования после проведения SWOT-анализа

Сильные стороны U = 431	Слабые стороны U = 210
S1: Точность расчетов — Z = 9 P = 10 V = 90	W1: Плохая изученность BIM компаниями — Z = 8 P = 6 V = 48 Далеко не все компании знают все функции BIM, которые они могут использовать для составления полной картины информационной модели
S2: Возможность рассчитать риски — Z = 9 P = 9 V = 81 Возможность составить анализ рисков на основе информационной модели	W2: Высокая стоимость ПО и обучения — Z = 7 P = 6 V = 42 Основное ПО для разработки информационных моделей является дорогостоящим продуктом, а также обучение персонала займет достаточное время
S3: Автоматический расчет конструкций — Z = 10 P = 9 V = 90 Особенно важно при сложной и уникальной архитектуре проекта	W3: Новая концепция проектирования — Z = 8 P = 7 V = 56 Раньше не было таких концепций, как все в одном, поэтому необходимо время для выработки привычки у сотрудников
S4: Единое пространство для документации — Z = 10 P = 9 V = 90 Возможность работать в одном пространстве со всей документацией проекта, а также видеть работу проектировщиков разной направленности	W4: Потеря накопленных методов — Z = 8 P = 8 V = 64 Из-за перехода на новые технологии многие методы, которые были эффективны в САПР, становятся бесполезными
S5: Доступность проекта для участников — Z = 10 P = 8 V = 80 Любой член команды имеет возможность видеть всю документацию	
Возможности U = 234	Угрозы U = 105
O1: Наблюдение в процессе эксплуатации — Z = 9 P = 6 V = 54 В процессе эксплуатации сооружения есть возможность корректировать работу инженерных установок, а также можно грамотно планировать ремонты сооружения	T1: Усложнение ПО — Z = 6 P = 5 V = 30 Время не стоит на месте, а значит технологии могут совершенствоваться. К таким событиям могут быть не все сотрудники готовы
O2: Оптимизация проектирования — Z = 10 P = 9 V = 90 У каждого работника установлена одна и та же программа, с помощью которой осуществляется проектирование. Работа производится одновременно	T2: Повышение квалифицированности персонала — Z = 5 P = 8 V = 40 Чем более сложными и новыми технологии становятся, тем больше возникает необходимость в повышении квалификации у сотрудников
O3: Сокращение сроков проектирования — Z = 10 P = 9 V = 90 Выполнение проекта становится быстрее и, при этом не теряется качество выполнения работ	T3: Нет хорошего отечественного ПО — Z = 5 P = 7 V = 35 На данный момент в сложившейся ситуации нет качественных альтернатив иностранному ПО по BIM

сторонне рассмотреть все нюансы технологии, а также возможно построение прогнозов и планов, связанных с её улучшением [10, 11].

Условные обозначения рис.4: S (strengths) — сильные стороны; W (weakness) — слабые стороны; O (opportunities) — возможности; T (threats) — риски. Выбор основных параметров для проведения SWOT-анализа приведён на рис.4

Для создания графической интерпретации сначала выполним ранжирование для каждого пункта вышеприведённой матрицы в табличной форме. Результаты ранжирования, полученные авторами статьи, приведены в Табл. 1

Условные обозначения, используемые в Табл/ 1: Z — оценка фактора, то есть насколько этот фактор

является важным (по шкале от 0 до 10); P — важность фактора в данной категории (по шкале от 0 до 10); V — значимость фактора, которая выводится как произведение оценки фактора на важность фактора; U — среднее арифметическое для каждой категории по важности.

Оценивать каждый фактор и категорию необходимо для наглядного отображения на графиках значимости сильных, слабых сторон, рисков и возможностей. Данный метод анализа достаточно распространён, он часто применяется в бизнес-планировании проектов для составления стратегии дальнейшего развития компании [10,11]. Далее для наглядности на основе результатов табличного анализа с учётом ранжирования представим все факторы и категории

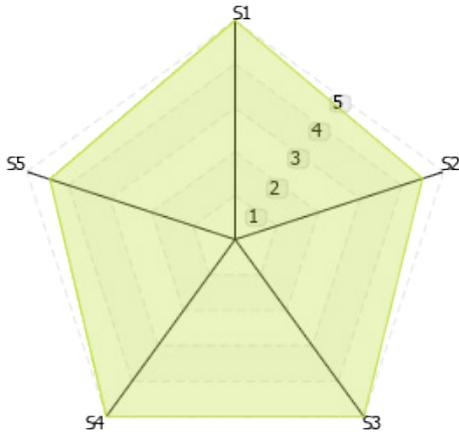


Рис. 5. Факторы категории сильные стороны

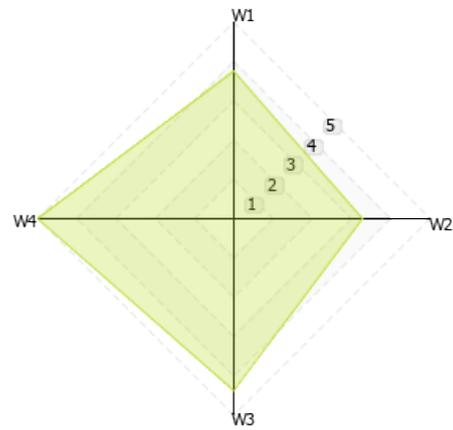


Рис. 6. Факторы категории слабые стороны

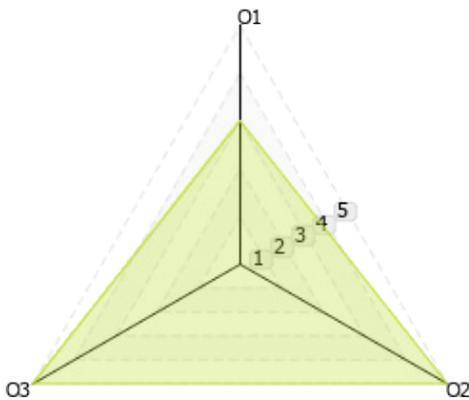


Рис. 7. Факторы категории возможности

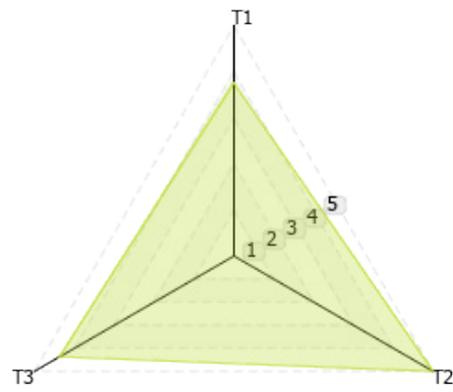


Рис. 8. Факторы категории риски

в графическом виде и определим для каждой категории факторы, имеющие большее влияние (рис. 5–8).

Таким образом, легко заметить, что в категории сильные стороны самыми влияющими факторами являются 3 фактора: S1, S3, S4, а S2 и S5 имеют меньшее влияние. Это хороший показатель для технологии, означающий, что почти все значимые слабые стороны проработаны максимально. В слабых моментах технологии выражен умеренный характер, однако W4 указывает на то, что необходима проработка по замещению методов, то есть, чтобы накопленные методы проектирования можно было легко заменить новыми. Возможности хорошо проработаны, однако необходимо развивать область контроля над этапом эксплуатации зданий, то есть контролируемые параметры должны быть максимально точными и определять реальную модель поведения здания в цикле. Для категории рисков сложно дать однозначные рекомендации, так как повышение квалификации сотрудников — это неотъемлемая часть развития технологий, поэтому можно сказать,

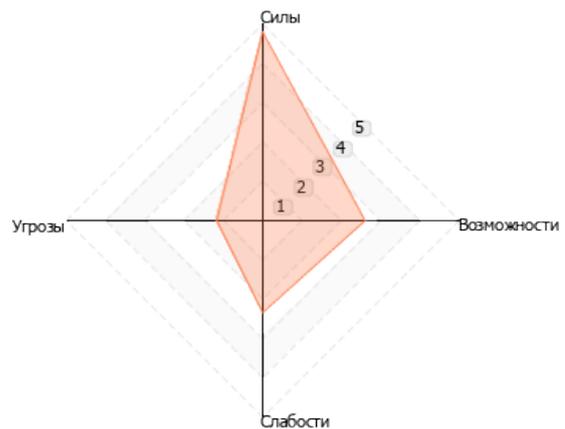


Рис. 9. Диаграмма SWOT-направлений

что риски являются типовыми для новых технологий и их сокращение возможно только по истечении некоторого времени. Подводя итог проведённого исследования, представим диаграмму всех направлений (категорий) BIM-моделирования (рис.9), подтверждающую наличие ряда положительных моментов

технологии, свидетельствующих о выгоды её применения.

Общемировая практика показывает, что благодаря применению данной технологии можно:

1. До 40% снизить риск ошибок.
2. В 2 раза сократить время, необходимое для реализации проекта.
3. На 10% сократить время строительства и монтажа оборудования.
4. На 10% снизить общую стоимость.
5. В 6 раз сократить время, затрачиваемое на проверку всех параметров и показателей.
6. Ввод построенного объекта в эксплуатацию значительно упрощается, так как все детали проекта визуализированы и хранятся в одном месте.

Основные инструменты для проектирования информационных моделей

Учитывая популярность BIM-технологий, в настоящее время появилось множество разработок, позволяющих обеспечить их эффективное применение [12...18]. Рассмотрим программные продукты и особенности их применения.

1. **Allplan.** Данное программное обеспечение создано компанией Nemetschek Allplan Systems GmbH. Программное обеспечение представляет комплекс, который позволяет создать проект с начала и до конца. Преимуществом программы является возможность использования чертежей и проектов из других программ (например, AutoCAD, MicroStation). Все чертежи и документы автоматически генерируются в соответствии с действующими ГОСТ и СНиП, что позволяет сократить время на проверку точности работы. Если с чертежами возникли проблемы, например, отсутствуют данные и чертежи необходимо переделать, программа позволяет быстро оформить и отредактировать их на основе сгенерированных расчетов и параметров. Существует также возможность удаленного управления проектами. Данная функция включает в себя назначение подрядчиков и руководителей отделов, управление базой данных и управление условиями на этапах проекта.

2. **ArchiCAD.** Программное обеспечение для архитектурного и структурного проектирования от Autodesk. Помимо двухмерного проектирования, где каждый проект создается индивидуально, эта программа имеет функцию «виртуального здания». Функция позволяет одновременно обрабатывать весь проект. Изменения и корректировки можно вносить автоматически, искать похожие элементы во всех чертежах и изменять

сами параметры. Эта функция повышает эффективность проекта и позволяет быстро выявлять и исправлять дефекты. Как и в большинстве программ BIM, можно ввести информацию о конструкции здания и автоматически рассчитать параметры. Облачные серверы позволяют одновременно работать нескольким группам специалистов, что делает согласование данных проекта более эффективным.

3. **Revit.** Программное обеспечение для автоматизированного проектирования от Autodesk. Позволяет ряду специалистов работать над проектом одновременно, снижая риск повторений и ошибок на 90%. Можно создавать любые сложные проекты. Строительное моделирование позволяет разделять объекты и впоследствии манипулировать элементами для отражения методов строительства. Также возможно нанесение пометок на элементы во время строительства, которые могут быть использованы для последующего проектирования.

4. **Renga.** Принцип работы этой программы базируется на возможности проектирования в трехмерном пространстве и на использовании простой и контекстно-зависимой рабочей среды. В этой программе инженеры и архитекторы одновременно работают над одной и той же моделью. Все спецификации и списки материалов генерируются автоматически на основе проектных данных. Остальные функции точно такие же, как и у других программ, с одним отличием: данная программа позволяет эффективно представить проект клиенту.

5. **MicroStation.** Программа была создана в процессе апробации, с учётом проб и ошибок, всех потребностей архитекторов и инженеров, которые работают с информационными моделями. Это ПО позволяет создавать взаимосвязь трехмерных и двумерных проектных данных, получать актуальную документацию в виде точных чертежей, реалистичных фотографий, а функции анализа позволяют создавать модели реальных процессов. Отличается высокой точностью совместимости, которая дает возможность объединения данных из различных источников.

6. **Tekla.** Точные трехмерные информационные модели, созданные с помощью Tekla Structures, обеспечивают новый уровень эффективности для всех сторон, участвующих в строительном проекте. Инженеры-строители, проектировщики, изготовители стальных или железобетонных конструкций, подрядчики и руководители проектов могут получить доступ к автоматически обновляемым моделям, содержащим необходимые им данные, что позволяет всем участникам проекта создавать, объединять,

управлять и обмениваться подлинно технической информацией в режиме реального времени.

7. **BIM Wizard.** Это программное обеспечение представляет собой комплексное решение для автоматизации процесса составления сметы. Данные для документации берутся из моделей Revit.

8. **Edificius BIM Software.** Это программное обеспечение объединяет в себе все, что связано с BIM-моделированием, например, объектное моделирование, архитектуру, проектные и реконструкционные чертежи, а также имеет территорию моделирования. Это программное обеспечение больше всего подходит для дизайнеров и архитекторов, в своем арсенале имеет большие библиотеки дизайнов и шаблонов.

Результаты

Представим результаты сравнительного анализа двух программ: Revit и Renga (Таблица 2), они схожи по своему функционалу и чаще всего используются в BIM-моделировании на отечественном рынке [19–21].

Для сравнения программного обеспечения авторами также представлен график: критерий-оценка (рис.9), подтверждающий, что ПО «Renga» имеет больше преимущественных критериальных составляющих, чем ПО «Revit».

Renga - довольно новое программное обеспечение, и, тем не менее, оно не отстает от зарубежного аналога, что указывает на высокий уровень работы команды профессионалов [20, 22]. Вне сомнения, в будущем это ПО станет мировым лидером в области моделирования зданий, сооружений.

Отметим, что с 1 января 2022 года все государственные заказы, связанные со строительством и проектированием, должны выполняться с применением BIM. Данный шаг позволил объединить основ-

ные этапы жизненного цикла проектов. В связи с уходом компании Autodesk из РФ и необходимостью развития российского ПО — был произведен переход на отечественное программное обеспечение, от BIM к технологиям информационного моделирования (ТИМ) [21]. На выбор ПО повлияли также и отрицательные моменты, связанные с использованием Revit. С каждым годом продукт компании Autodesk менял условия лицензирования, что вело к его удорожанию в целом. Производительность ПО падала в связи с ростом библиотек и семейств, количеством выполняемых одновременно функций. Для качественной работы необходим высокопроизводительный компьютер с мощным процессором. В качестве сравнения можно привести данные по производительности Renga и Revit: отрисовка в российской программе выполняется в среднем за 30 кадров в секунду, а в иностранной — 3-5 кадров в секунду и далеко не всегда полностью выполняется геометрия [20...24]. Эти минусы имеют высокий вес для компаний, занимающихся ТИМ-моделированием. В связи с этим в настоящее время стоит вопрос о замене известного Revit на другое ПО. В качестве данных для проведения анализа используем статистику апреля 2023 года [24]. До санкций, введенных в 2022 году, основной компанией на рынке в РФ являлась Autodesk (98,6%), при этом Renga использовалась лишь 2% компаниями. По результатам проведенных опросов более половины специалистов считают привлекательным именно ПО «Renga» из представленных на отечественном рынке на данный момент. Недовольство пользователей от использования отечественного ПО тоже имеется. Дело в том, что Renga или другое российское ПО развивается ускоренными темпами, что не грозит компании Autodesk из-за их длительного нахождения на рынке проектирования [23,24,25]. Не-

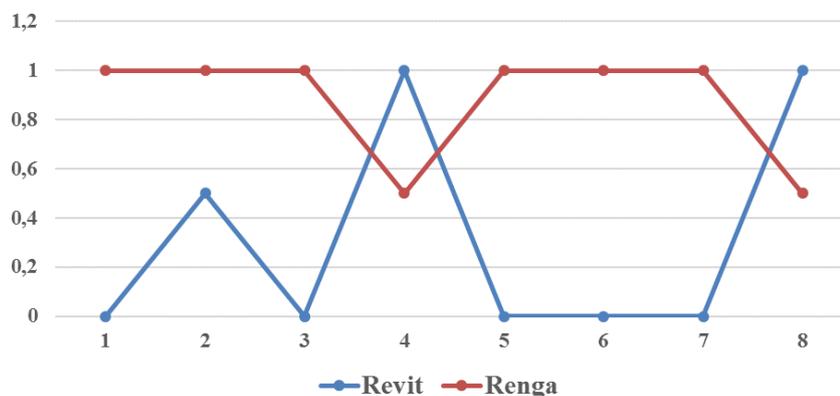


Рис. 9. Результаты сравнения программного обеспечения (составлено авторами)

Таблица 2

Результаты сравнительного анализа программ (составлено авторами)

№	Наименование показателя/критерия	Комментарий	Весомость (по шкале, где 1 — низкая оценка, 5 — наибольшая оценка)	Варианты программного обеспечения		Оценка сравнения для	
				ПО Revit	ПО Renga	ПО Revit	ПО Renga
1	Производитель	В связи с развитием импортозамещения сейчас выгоднее Renga.	4	Иностраный	Отечественный	0	1
2	Отображение необходимых параметров для построения	Преимущество Renga, т.к. Revit имеет более усложненную структуру выполнения такого рода команд	3	Параметры для построения выбираются сложнее	Удобство использования: все необходимые параметры для построения всплывают в выпадающем окне меню	0,5	1
3	Автоматическое задание параметров элементу/объекту (на примере армирования колонны)	В Renga процедура армирования имеет полноценный автоматизированный процесс. В Revit автоматизация процесса проектирования требует реализации значительных дополнительных действий.	4	Армирование возможно только с помощью отдельных компонентов (стержней). Нет полноценной автоматизации процедуры	В программе есть множество автоматических функций. Армирование колонны будет выполняться автоматически, что сокращает затраты на время выполнения работ по проектированию	0	1
4	Обучение программному обеспечению	Для полноценного изучения ПО и получения сертификата специалиста необходимо пройти платное обучение. Бесплатные уроки позволяют понять основные элементы программы	4	Платное обучение / бесплатные обучающие видео	Есть бесплатные видеоуроки, а также проводятся конференции	1	0,5
5	Производительность	Производительность. У Renga более высокая производительность при выполнении сложных	5	Большие затраты времени на сохранение и выполнение команд, а также. при выполнении сложных функций	Высокая производительность при редактировании и сохранении элементов. Минимальные задержки при выполнении сложных процедур	0	1
6	Формирование чертежей в соответствии с нормативными документами	Автоматическое формирование данных в соответствии с нормативными документами	3	Нет информации, поэтому принимаем, что чертежи не выполняются в соответствии с нормативными документами	Документирование выполняется в соответствии с российскими нормативными документами [14]	0	1
7	Стоимость ПО	Для крупных компаний выгоднее приобретать Renga	4	95 тыс. рублей на одно рабочее место	270 тыс. рублей — постоянная лицензия	0	1
8	Опыт применения	Revit имеет более выигрышную позицию в данном критерии благодаря своей стабильности и времени нахождения на рынке. Поэтому проектировщикам намного проще использовать знакомое по функционалу ПО	4	Первый выпуск программы был в апреле 2000 года. Программа широко известна на рынке	Renga - современное ПО, которое было создано в 2015 году, а свою популярность стало набирать только в настоящее время из-за сложности использования знакомого иностранного ПО	1	0,5

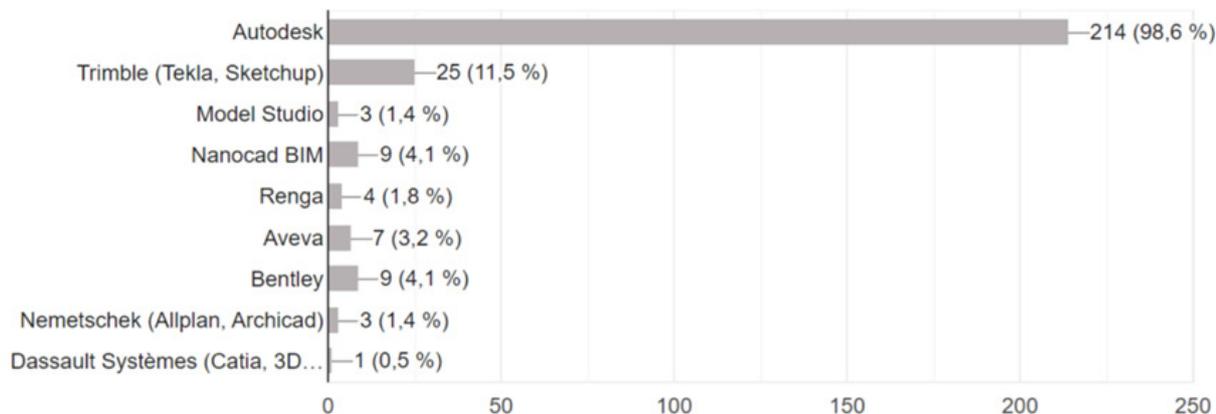


Рис. 10. Применение ПО до 2022 г.

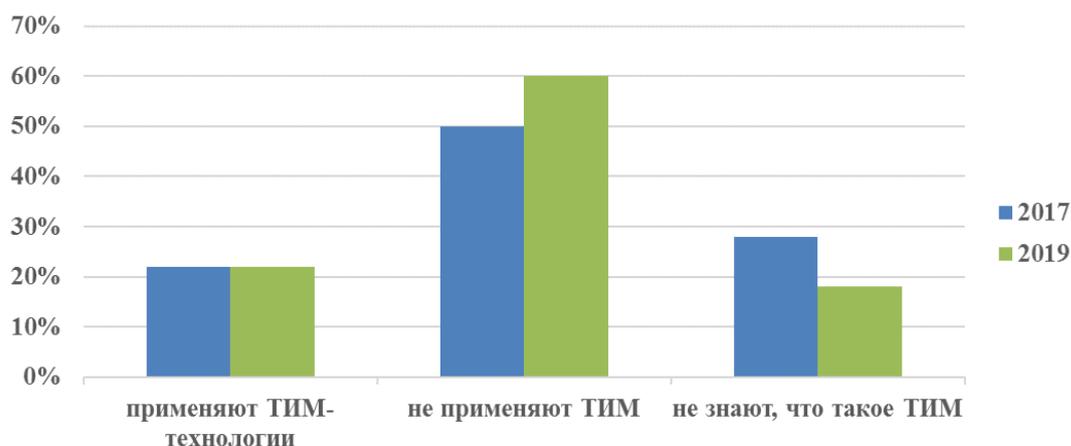


Рис.11. Применение ТИМ в 2017 и 2019 гг.

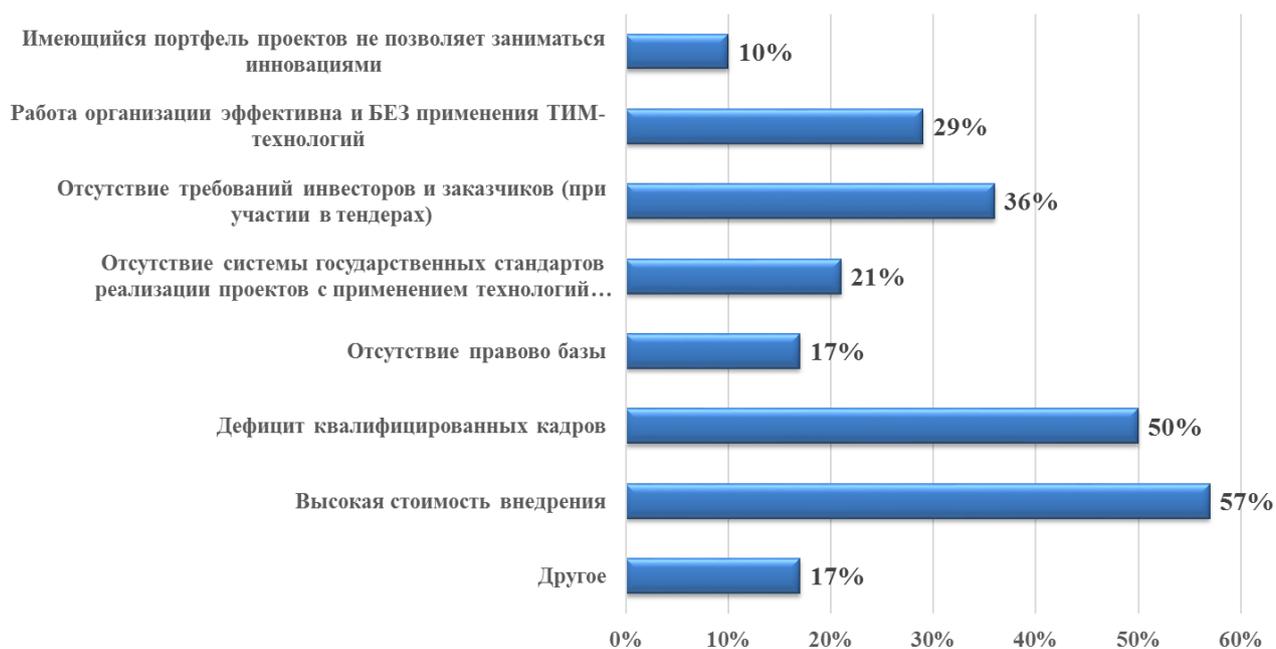


Рис. 12. Основные причины отказов от ТИМ

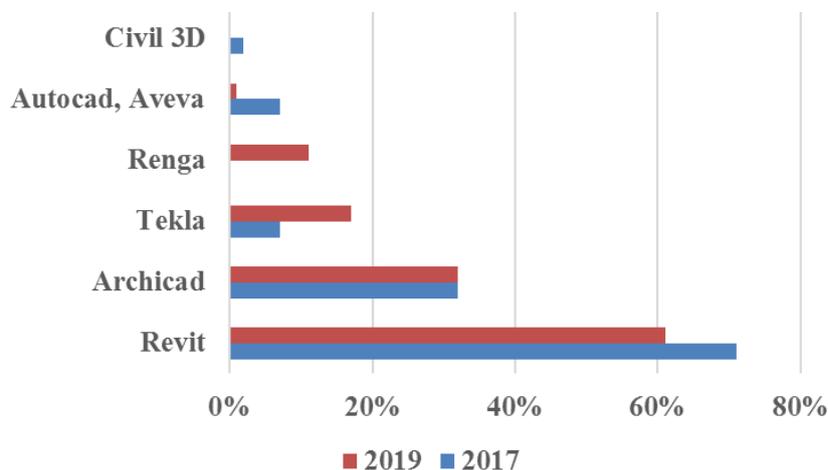


Рис. 13. Программное обеспечение, используемое в ТИМ

которые функции, например, автоматическое армирование, поражают своей качественностью и производительностью, но также есть и недостатки, которые в основном возникают из-за небольшого периода нахождения на рынке и желанием соперничать с уже известными во всем мире программами (рис. 10).

Внедрение ТИМ на территории РФ происходило и ранее, не только в последний год. Проанализируем статистику последних лет по вопросам: использует ли компания ТИМ; причины отказа от использования в данный момент; опыт работы в цифровом моделировании и основное ПО, используемое для моделирования. Отчет представлен за 2017 и 2019 года (рис. 11) [21...25].

Основной причиной отказа от ТИМ в 2017 году было отсутствие соответствующих заказов на цифровые модели, а в 2019 году большая часть компаний разрабатывала план по внедрению ТИМ на ближайшие годы (рис. 12).

В 2017 и 2019 годах примерно 39% компаний использовали ТИМ (рис. 13), и был интересен вопрос о продолжительности применения технологии. ПО Revit занимало первое место, как и в 2022 году до санкций. В 2017 году Renga ещё даже не отображается как ПО по ТИМ, но уже в 2019 году (всего лишь за два года) она смогла занять четвёртое место среди наиболее часто используемых программ. Данный факт говорит о стремительном росте и развитии программы за короткий срок. Таким образом, за последний год ПО «Renga» стало одним из лидеров рынка по информационным моделям за счет своего сходства с Revit и продвижением в области автоматических функций (например, армирование).

Отметим возможность консолидирования проектов в ТИМ с помощью дополнительного программ-

ного обеспечения. Самым популярным среди отечественных продуктов является Pilot-BIM. Данная программа позволяет осуществлять совместную работу над проектом для заказчиков, проектировщиков, разработчиков модели. В Pilot-BIM предусмотрена возможность доступа к актуальной версии модели и к истории изменений, создания замечаний к объектам, а также проверки модели на наличие коллизий. Программа Pilot-BIM максимальна совместима с Renga не только за счет удобства совместного использования, но и за счёт одного и того же отечественного производителя — компании АСКОН. Стоит упомянуть и службу Renga Collaboration Server. С ее помощью можно обеспечить совместную работу над проектом в Renga для нескольких пользователей, персональные компьютеры которых подключены к одному серверу. Это еще плюс одна функция, подчёркивающая достоинства и современность продукта, способность стать достойной заменой существующего ПО на отечественном рынке [23...29].

Автоматизированные системы все чаще применяются в большом количестве проектов для обеспечения эффективного использования всех видов ресурсов в строительстве. ТИМ позволяют грамотно строить здание, эффективно использовать труд проектировщиков, а также дают возможность заботиться о потенциальных клиентах [30]. Также стоит упомянуть о том, что эффективность применения технологии доказана авторами с помощью SWOT-анализа.

Выводы

Применение BIM-технологий — необходимое условие для реализации конкурентных проектов в строительной отрасли при проектировании, строительстве и эксплуатации любых зданий. Построение

полноценной информационной модели здания играет важную роль не только при реализации этапа строительства, но также и в первоначальных инвестиционных затратах и общей продолжительности реализации проекта [25,26,31]. Оценка альтернативных решений на этапе планирования, позволяет рассмотреть больше вариантов, провести комплексные исследования для выбора оптимального варианта под конкретные требования заказчика. Осознавая это, разработчики программного обеспечения уже несколько десятилетий развивают и совершенствуют свои продукты для облегчения работы не только всех непосредственных исполнителей строительного проекта, но и заказчика, а также контролирующих и проверяющих органов. Необходимость развития собственного программного обеспечения в этой области

приводит к появлению отечественных конкурентоспособных продуктов, одним из которых является ПО «Renga». Этот продукт не только не уступает импортным аналогам, но и превосходит их по многим показателям.

В будущем, скорее всего ТИМ (BIM)-технологии перейдут и в другие области нашей жизни, например, сельское хозяйство, маркетинг, бухгалтерский учёт и другие, то есть не будет необходимости составлять отчеты и проекты в разных программах, а все будет единое. Проверки на соответствие законодательству и нормативной документации сократятся, ведь проект будет выполняться автоматически. Ошибок и недоработок будет в разы меньше, поскольку в едином пространстве легко и просто замечать недочеты, осуществлять их корректировку.

Список литературы

1. Казначеевская Т.В., Лебедев В.А. Внедрение технологии информационного моделирования: проблемы и пути их решения // Молодой ученый. 2018. №19.
2. Петрова Е. Предшественники BIM. История проектирования зданий // Цикл авторских публикаций. 2014. [Электронный ресурс]. URL: <http://bim-proektstroy.ru/?p=57> (дата обращения 10.02.2023)
3. Черникова, А.А. Информационное моделирование на стадии эксплуатации здания // Молодой ученый. 2022. № 49 (444). С. 66-68. URL: <https://moluch.ru/archive/444/97392/> (дата обращения: 08.03.2023).
4. Чегодаева, М.А. Этапы формирования и перспективы развития BIM-технологий // Молодой ученый. 2017. № 10 (144). С. 105-108. URL: <https://moluch.ru/archive/144/40481/> (дата обращения: 22.02.2023).
5. 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.
6. Рыбин Е.Н., Амбарян С.К., Аносов В.В., Гальцев Д.В., Фахротов Н.А. BIM-технологии. Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019; 9(1). С. 98-105. DOI: 10.21285/2227-2917-2019-1-98-105
7. Tatjana Vilutiene, Diana Kalibatiene, M. Reza Hosseini, Eugenio Pellicer, Edmundas Kazimieras Zavadskas, Building Information Modeling (BIM) for Structural Engineering: A Bibliometric Analysis of the Literature // Advances in Civil Engineering, Vol. 2019, Article ID 5290690, 19 pages, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/5290690>
8. Kang, K.-Y.; Wang, X.; Wang, J.; Xu, S.; Shou, W.; Sun, Y. Utility of BIM-CFD Integration in the Design and Performance Analysis for Buildings and Infrastructures of Architecture, Engineering and Construction Industry. // Здания 2022, 12, 651. URL: <https://doi.org/10.3390/buildings12050651>
9. Sampaio, A. and Gomes, A. (2022) Professional One-Day Training Course in BIM: A Practice Overview of Multi-Applicability in Construction // Journal of Software Engineering and Applications. V. 15. P. 131-149. doi: 10.4236/jsea.2022.155007
10. Курилкин А.Р. Методы и инструменты стратегического управления организацией // Современные научные исследования и инновации. 2017. №6.
11. Изосимов С.В., Шевченко А.Л. Метод SWOT-анализа: его место в методах исследования, преимущества и недостатки // Экономикс. 2013. №2.
12. Sampaio, A.Z.; Sequeira, P.; Gomes, A.M.; Sanchez-Lite, A. BIM Methodology in Structural Design: A Practical Case of Collaboration, Coordination, and Integration. Buildings 2023, 13, 31. <https://doi.org/10.3390/buildings13010031>
13. Rafael Sacks, Zijian Wang, Boyuan Ouyang, Duygu Utkucu, Siyu Chen, Toward artificially intelligent cloud-based building information modelling for collaborative. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474034622001690>. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2022.101711>
14. Autodesk. Информационное моделирование объектов промышленного и гражданского строительства. URL: http://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/metro/img/bim_brochure.pdf (дата обращения: 12.02.2023).
15. Ташкенбай М.Н. Анализ внедрения методологии информационного моделирования зданий (BIM) при проектировании конструкций // Молодой ученый. 2021. №16 (358). С. 114-116. URL: <https://moluch.ru/archive/358/79996/> (дата обращения 23.03.2023)
16. Барабаш М.С. Компьютерное моделирование процессов жизненного цикла объектов строительства: Монография. К.: Изд-во «Сталь», 2014. 301 с.
17. Вербицкий В.А. Анализ программных комплексов и опыта внедрения BIM-технологий // International Journal of Advanced Studies, Vol. 9, No 2, 2019.
18. Гуртов В.К. Наука России — основа возрождения страны // ИННОВАЦИИ, 10. 2015. С. 3-7.
19. Борисов М.П., Вавин А.А., Уткина В.Н. Современные автоматизированные системы REVIT и Renga для информационного моделирования зданий // Огарёв-Online. 2020.
20. Renga — российская BIM-система для проектирования. URL: <https://rengabim.com/stati/renga-vs-revit/> (Дата обращения: 01.04.2023)

21. Особенности внедрения BIM (ТИМ) в России. Обзорная статья. URL: https://bimdata.ru/bim_russia_article (Дата обращения: 18.04.2023)
22. Производительности Tekla, Revit и Renga. URL: <https://revitconsalting.blogspot.com/2016/11/tekla-revit-renga.html> (Дата обращения: 20.04.2023)
23. BIM: на что импортозамещают Revit. Блог Вадима Муратова. URL: <https://muratovbim.pro/blog/bim-na-chto-importozameshayut-revit/> (Дата обращения: 20.04.2023)
24. Применение BIM в России Статистика. URL: <https://ru-bezh.ru/managerUploads/imgs/8/77579/statBIM.pdf> (Дата обращения: 20.04.2023)
25. Уровень применения BIM в России. Отчет об исследовании. URL: <https://prombim.csd.ru/upload/iblock/745/Отчет%20об%20уровне%20применения%20BIM%20в%20России%202019.pdf> (Дата обращения: 20.04.2023)
26. Бачурина С.С. Информационное моделирование: методология использования цифровых моделей в процессе перехода к цифровому проектированию и строительству. Ч. 1: Цифровой проектный менеджмент полного цикла в градостроительстве. Теория. М.: ДМК Пресс, 2021. 104 с.
27. Autodesk. Учебные пособия. URL: <https://knowledge.autodesk.com/ru/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2022/RUS/Revit-GetStarted/files/GUID-9E9688A2-0645-4F8E-9D96-F1B76291A6C6-htm.html> (дата обращения: 15.02.2023).
28. Habr. Несколько причин изучать Revit, если ты инженер-строитель. URL: <https://habr.com/ru/sandbox/107974/> (дата обращения: 20.02.2023).
29. Гулик В.Ю. Основы информационного моделирования для проектирования гражданских зданий в программном комплексе Revit // Вестник евразийской науки. 2021. Т.13. № 5. URL: <https://esj.today/PDF/50ECVN521.pdf> (дата обращения: 21.02.2023).
30. Sanchez-Lite, A.; Zulueta, P.; Sampaio, A.Z.; Gonzalez-Gaya, C. BIM for the Realization of Sustainable Digital Models in a University-Business Collaborative Learning Environment: Assessment of Use and Students' Perception. *Buildings* 2022, 12, 971. <https://doi.org/10.3390/buildings12070971>
31. Alc nia Zita Sampaio, Maturity of BIM Implementation in the Construction Industry: Governmental Policies // *International Journal of Engineering Trends and Technology*, Vol. 69, No. 7, pp. 92-100, 2021. URL: <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V69I7P214>

References

1. Kaznacheevskaya T.V., Lebedev V.A. Implementation of Information Modeling Technology: Problems and Ways to Solve // *Molodoy Scientist*. 2018. No. 19.
2. Petrova E. Predecessors of BIM. History of building design// Cycle of author's publications. 2014. [Electronic resource]. URL: [<http://bim-proektstroy.ru/?p=57>] (accessed 10.02.2023)
3. Chernikova, A.A. Information modeling at the stage of building operation / A. A. Chernikova. — Text: direct // *Young scientist*. — 2022. No. 49 (444). S. 66-68. URL: <https://moluch.ru/archive/444/97392/> (date of access: 03/08/2023).
4. Chegodaeva, M.A. Stages of formation and prospects for the development of BIM-technologies / M. A. Chegodaeva. Text: direct // *Young scientist*. — 2017. — No. 10 (144). S. 105-108. URL: <https://moluch.ru/archive/144/40481/> (date of access: 02/22/2023).
5. Sheina S.G., Petrov K.S., Fedorov A.A. Study of the stages of development of BIM-technologies in world practice and Russia // *Construction and technogenic safety*. 2019. No. 14.
6. Rybin E.N., Ambaryan S.K., Anosov V.V., Galtsev D.V., Fakhrotov N.A. BIM technologies. *Izvestiya vuzov. Investments. Construction. Real estate*. 2019;9(1):98-105. DOI: 10.21285/2227-2917-2019-1-98-105.
7. Tatjana Vilutiene, Diana Kalibatiene, M. Reza Hosseini, Eugenio Pellicer, Edmundas Kazimieras Zavadskas, «Building Information Modeling (BIM) for Structural Engineering: A Bibliometric Analysis of the Literature», *Advances in Civil Engineering*, Vol. 2019, Article ID 5290690, 19 pages, 2019 <https://doi.org/10.1155/2019/5290690>
8. Kang, K.-Y.; Wang, X.; Wang, J.; Xu, S.; Shou, W.; Sun, Y. Utility of BIM-CFD Integration in the Design and Performance Analysis for Buildings and Infrastructures of Architecture, Engineering and Construction Industry. *Buildings* 2022, 12, 651. URL: [<https://doi.org/10.3390/buildings12050651>].
9. Sampaio, A. and Gomes, A. (2022) Professional One-Day Training Course in BIM: A Practice Overview of Multi-Applicability in Construction. *Journal of Software Engineering and Applications*, 15, 131-149. <https://doi.org/10.4236/jsea.2022.155007>
10. Kurilkin A.R. Methods and tools of strategic management of an organization // *Modern scientific research and innovation*. 2017. No. 6.
11. Izosimov S.V., Shevchenko A.L. SWOT analysis method: its place in research methods, advantages and disadvantages // *Economics*. — 2013. — No. 2.
12. Sampaio, A.Z.; Sequeira, P.; Gomes, A.M.; Sanchez-Lite, A. BIM Methodology in Structural Design: A Practical Case of Collaboration, Coordination, and Integration. *Buildings* 2023, 13, 31. <https://doi.org/10.3390/buildings13010031>
13. Rafael Sacks, Zijian Wang, Boyuan Ouyang, Duygu Utkucu, Siyu Chen, Toward artificially intelligent cloud-based building information modeling for collaborative multidisciplinary design, *Advanced Engineering Informatics*, Volume 53, 2022, 101711, ISSN 1474-0346, <https://doi.org/10.1016/j.aei.2022.101711>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474034622001690>)
14. Autodesk. Information modeling of industrial and civil construction objects. URL: [http://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/metro/img/bim_brochure.pdf] (Accessed 2/12/2023).
15. Tashkent M.N. Analysis of the implementation of the methodology of information modeling of buildings (BIM) in the design of structures / M.N. Tashkent. — Text: direct // *Young scientist*. 2021. No. 16 (358). S. 114-116. URL: [<https://moluch.ru/archive/358/79996/>] (Accessed 23.03.2023)
16. Barabash M.S. Computer modeling of the processes of the life cycle of construction objects: Monograph. K.: Publishing house «Steel», 2014. 301 p.
17. Verbitsky V.A. Analysis of software systems and experience in implementing BIM technologies // *International Journal of Advanced Studies*, Vol. 9, No 2, 2019.
18. Gurtov V.K. Science of Russia — the basis of the revival of the country / V.K. Gurtov // *INNOVATIONS*, 10. 2015. C. 3-7.

19. Borisov M.P., Vavin A.A., Utkina V.N. Modern automated systems REVIT and RENGA for building information modeling // Ogaryov-Online. — 2020.
20. Renga is a Russian BIM system for design. URL: [https://rengabim.com/stati/renga-vs-revit/] (Date of access: 04/01/2023)
21. Features of the implementation of BIM (TIM) in Russia. Review article. URL: [https://bimdata.ru/bim_russia_article] (Date of access: 04/18/2023)
22. Tekla, Revit and Renga performance. URL: [https://revitconsulting.blogspot.com/2016/11/tekla-revit-renga.html] (Date of access: 04/20/2023)
23. BIM: what imports replace Revit. Blog of Vadim Muratov. URL: [https://muratovbim.pro/blog/bim-na-chto-importozame-shhayut-revit/] (Date of access: 04/20/2023)
24. Application of BIM in Russia Statistics. URL [https://ru-bezh.ru/managerUploads/imgs/8/77579/statBIM.pdf] (Date of access: 20.04.2023)
25. The level of application of BIM in Russia. Research report. URL: [https://prombim.csd.ru/upload/iblock/745/Report%20%20%20application%20BIM%20%20Russia%202019.pdf] (Accessed: 20.04.2023)
26. Bachurina S.S. Information modeling: a methodology for using digital models in the transition to digital design and construction. Part 1: Full cycle digital project management in urban planning. Theory. — M.: DMK Press, 2021. — 104 p.: ill.
27. Autodesk. Teaching aids. URL: [https://knowledge.autodesk.com/en/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2022/RUS/Revit-GetStarted/files/GUID-9E9688A2-0645-4F8E-9D96-F1B76291A6C6 -htm.html] (accessed 02/15/2023).
28. Habr. A few reasons to learn Revit if you're a civil engineer. URL: [https://habr.com/ru/sandbox/107974/] (date of access: 02/20/2023).
29. Gulik V.Yu. Fundamentals of information modeling for the design of civil buildings in the Revit software package / V.Yu. Gulik, I.G. Ovchinnikov // Bulletin of the Eurasian Science. 2021. V.13. No. 5. URL: [https://esj.today/PDF/50ECVN521.pdf] (date of access: 21.02.2023).
30. Sanchez-Lite, A.; Zulueta, P.; Sampaio, A.Z.; Gonzalez-Gaya, C. BIM for the Realization of Sustainable Digital Models in a University-Business Collaborative Learning Environment: Assessment of Use and Students' Perception. Buildings 2022, 12, 971. https://doi.org/10.3390/buildings12070971
31. Alc nia Zita Sampaio, «Maturity of BIM Implementation in the Construction Industry: Governmental Policies,» International Journal of Engineering Trends and Technology, Vol. 69, No. 7, pp. 92-100, 2021. URL: [https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V69I7P214].