



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.9

## СКВОЗНАЯ ЦИФРОВИЗАЦИЯ ОТРАСЛИ МАЛОЭТАЖНОГО ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТИМ (BIM) ТЕХНОЛОГИЙ

**Княжищева А. К.**

*ФГАОУ ВО «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО», Санкт-Петербург, Россия (190000, город Санкт-Петербург, Политехническая ул, д. 29), e-mail: alenaletskaya@yandex.ru*

Общенациональная идея цифровизации строительной области Российской Федерации несет в себе потенциал для развития малоэтажного строительства, увеличению объемов, расширению типологии малоэтажного жилья и моделей комплексной застройки. В статье выявлены общие особенности и тенденции развития малоэтажного строительства, представлены цифровые решения на основе общей ТИМ (BIM)-модели для малоэтажного строительства в соответствии жизненным циклом инвестиционно-строительного проекта. Сквозная цифровизация с использованием технологии ТИМ (BIM), инновационных инструментов, виртуальной и дополненной реальности обладает высокой практической значимостью, ведет к сокращению издержек и уменьшает стоимость строительства жилья, создает потенциал для быстрых темпов развития малоэтажного строительства в России.

Ключевые слова: Цифровизация строительства, технологии информационного моделирования, малоэтажное строительство, ТИМ (BIM) технологии

## END-TO-END DIGITALIZATION OF THE LOW-RISE HOUSING CONSTRUCTION INDUSTRY USING TIM (BIM) TECHNOLOGIES

**Knyazhishcheva A. K.**

*PETER THE GREAT ST. PETERSBURG POLYTECHNIC UNIVERSITY, St. Petersburg, Russia (190000, St. Petersburg, Politekhnikeskaya str., 29), e-mail: alenaletskaya@yandex.ru*

The nationwide idea of digitalization of the construction area of the Russian Federation carries the potential for the development of low-rise construction, increasing the volume, expanding the typology of low-rise housing and models of complex development. The article identifies common features and trends in the development of low-rise construction, presents digital solutions based on a common TIM (BIM) model for low-rise construction in accordance with the life cycle of an investment and construction project. End-to-end digitalization using TIM technology (BIM), innovative tools, virtual and augmented reality has high practical significance, leads to cost reduction and reduces the cost of housing construction, creates the potential for rapid development of low-rise construction in Russia.

Keywords: Digitalization of construction, information modeling technologies, low-rise construction, TIM (BIM) technologies.

### Введение

В настоящее время преобладает точечная застройка центра городов внутри сложившихся микрорайонов, использование старых инженерных сетей, высотное строительство из железобетона на окраинах и отсутствие новой инфраструктуры. Данная

модель современного рынка жилищного строительства не отвечает потребностям и интересам общества.

В плане градостроительного планирования перспективной является полицентрическая модель, которая в отличие от традиционной – моноцентрической, учитывает роль дальних поселений, нивелирует диспропорции в территориальном развитии и укрепляет целостность экономики региона [3].

Таунхаусы, индивидуальные постройки и многоквартирная малоэтажная застройка – все они относятся к малоэтажному жилью. Эти дома имеют высоту в 2-3 этажа и обладают облегченной инженерной инфраструктурой. Малоэтажное жилищное строительство, в отличие от индивидуального жилищного строительства, не только удовлетворяет потребности отдельных семей, но и выполняет социальные функции для государственных или муниципальных образований. Соответственно, существуют разграничения в нормативно-правовой и регламентирующей документации РФ относительно разных типов малоэтажных построек.

Развитие малоэтажного строительства несет в себе как социально-экономический, так и политический аспект [6]. На сегодняшний день программа правительства Российской Федерации по возрождению малоэтажного строительства ставит перед специалистами отрасли серьезные задачи. Активное развитие малоэтажного и коттеджного строительства способствует формированию нового уклада жизни, основанного на уважении к собственности и гармоничном сосуществовании с окружающей средой [1-2]. Увеличение объемов малоэтажного строительства, расширение типологии малоэтажного жилья и моделей комплексной застройки, определение новой культуры частного домовладения, установление современных стандартов и финансовых механизмов – все эти задачи могут быть решены только путем объединения усилий всех заинтересованных сторон, а именно государства и соответствующих регулирующих строительную отрасль структур, сектора предпринимательства, инициатив профессионального сообщества архитекторов, градостроителей, инженеров и программистов для развития малоэтажного и индивидуального домостроения в соответствии с современными возможностями рынка конструкций и материалов, новаторскими решениями в области пространственной организации застройки, а также общенациональной идеей цифровизации строительной области Российской Федерации.

Применение современных технологий информационного моделирования создаст большой потенциал для быстрого развития малоэтажного строительства, повысит качество проектирования и строительства, обеспечит комплексное управление процессами, оптимизируя использование экономических, временных и человеческих ресурсов на всем цикле реализации строительных проектов, снизит количество ошибок и переделок, улучшит честное взаимодействие между участниками проекта и приведет к сокращению издержек, что, как следствие, уменьшит стоимость строительства жилья.

Сквозная цифровизация отрасли малоэтажного строительства с использованием инновационных инструментов, ресурсов и процессов приведет к улучшению качества проектов и способствует росту ключевых показателей эффективности проектно-строительной деятельности малоэтажного и индивидуального жилищного строительства.

## **Материалы и методы**

Общая тенденция развития отрасли малоэтажного строительства поспособствовала расширению научных и прикладных трудов отечественных [1-8] и зарубежных [12-14] авторов, а также работы в области внедрения и применения цифровых технологий в строительстве [9-10] – составили научную основу исследования. Применен системный подход, который помог определить закономерности и особенности малоэтажного строительства для определения цифровых решений на основе общей ТИМ (BIM)-модели малоэтажного строительства.

Цифровые активы BIM-модели должны отражать специфику малоэтажного строительства, общий BIM-подход должен охватить огромный объем информации, который сопровождает процесс определения типа малоэтажной застройки относительно участка проектирования, определение площади земельных участков, весь процесс предпроектной подготовки, проектирования и строительства с соблюдением нормативных требований и регламентов.

Перечислим специфические особенности малоэтажного строительства. Первоначально выделим важность качественных общих концепций девелоперских проектов, которые должны комплексно и взаимосвязано предусматривать следующие аспекты:

1. Обязательные предварительные инженерно-геологические изыскания, учет региональных особенностей климатологии, историко-культурные исследования для формирования гармоничной и сбалансированной среды в контексте конкретного места строительства.
2. Обеспечение устойчивого развития застраиваемой территории, максимальное сохранение существующих зелёных насаждений.
3. Общие градостроительные решения, определение пространственной организации застраиваемой территории.
4. Решения по типологии и составу застройки (коттеджи, таунхаусы, блокированные дома, объекты социально-бытовой инфраструктуры с необходимыми радиусами доступности).
5. Архитектурные решения будущего поселка, с определением общих конструктивных особенностей и выбором технологий строительства.
6. Обеспечение инженерной, транспортной, рыночной инфраструктурой и общей транспортной доступности до социально-значимых объектов.
7. Разработка стратегий финансирования строительства малоэтажного жилья, а также маркетинговые стратегии по продажам недвижимости, оформление наглядной презентации о будущем проекте.

Далее перечислим особенности отдельно строящихся малоэтажных домов (в том числе и в составе общих концепций застройки территорий):

1. Многовариантность архитектурных, планировочных и ландшафтных решений под индивидуальные пожелания заказчиков.
2. Следующим критерием специфики выделим, вопреки частой индивидуализации проектов частного домостроения, большое распространение типовых проектов под разный состав семьи и жизненные особенности.
3. Использование организации земельного участка под индивидуальные задачи и желания владельцев, размещение дополнительных построек.

4. С учетом общего соблюдения требований по инсоляции и проветриванию, в малоэтажном строительстве возможен ряд гибких решений по связке планировочных решений с общим размещением здания на участке относительно сторон света.
5. Обеспечение встроенности объектов жилой недвижимости в окружающую природную среду, ландшафт, текущую градостроительную ситуацию.
6. Экологизация в малоэтажном жилом строительстве встречается гораздо чаще, чем, например, в производственном. Использование экологически чистых строительных материалов, изделий и конструкций – ценная современная тенденция.
7. Энергоэффективности уделяют особое внимание для уменьшения эксплуатационных затрат, ресурсосбережение важно в условиях растущей урбанизации.
8. Активный процесс согласований проектных решений с заказчиками, необходимость наглядных материалов, понятных для людей без специального образования в области строительства.
9. Инженерно-геодезические изыскания, разработка различных разделов проектной и рабочей документации и общие строительные работы часто осуществляются специалистами из разных компаний, это важно учесть для будущих решений по цифровизации.
10. Выделим, также, что наибольшее распространение в интернет-сети готовых типов проектов разного качества встречается среди объектов малоэтажного строительства. Отсутствие специальной экспертизы часто приводит к проектным и последующим строительным ошибкам.
11. Соблюдение качества, сроков и безопасности строительства – важный общий аспект любого строительного проекта.

Существует ряд других особенностей, например, сейсмическая устойчивость, большая вариативность конструктивных и технологических решений, относительно многоэтажного строительства и др. Малоэтажные жилые дома наносят минимальный ущерб природе из-за своей низкой плотности, снижают нагрузку на все виды инфраструктуры – транспортную, инженерную и социальную. Таунхаусы и блокированные дома выгоднее возводить по причине снижения теплопотерь по сравнению с многоквартирными домами, с точки зрения оснащения инженерными сетями.

Наиболее перспективным направлением жилищного строительства является комплексное малоэтажное строительство (малоэтажные поселки), имеющие благоустроенную территорию, социально-бытовую инфраструктуру, спортивные сооружения и зоны отдыха. В таблице 1 представим цифровые решения для малоэтажного строительства с учетом выявленных особенностей в соответствии жизненным циклом инвестиционно-строительного проекта.

Таблица 1 – Цифровые решения на основе общей ТИМ (BIM)-модели для малоэтажного строительства в соответствии жизненным циклом инвестиционно-строительного проекта

Стадия	Общие задачи	Цифровые решения на основе общей ТИМ (BIM)-модели	Программное обеспечение и цифровые инструменты
1	2	3	4
Предынвестиционная стадия	<p>1. Исследование возможности инвестирования.</p> <p>2. Предынвестиционные исследования.</p> <p>3. Вариативность пространственной организации, градостроительных решений и типологии объектов территории.</p> <p>4. Общие варианты архитектурной концепции.</p> <p>5. Обоснование инвестиций.</p>	<p>1. Выбор площадки под размещение объекта, съемка с беспилотных летательных аппаратов.</p> <p>2. Представление эскизного архитектурного и градостроительного решения в нескольких вариантах, эскизное ТИМ (BIM)-моделирование, которое способствует вариативному представлению будущей малоэтажной застройки, наглядному поиску подходящих решений и несет в себе информационную основу для последующей разработки проекта.</p> <p>3. ТИМ (BIM)-модель является неотъемлемой частью предварительных экономических расчетов.</p> <p>4. Презентация будущего проекта/вариантов проекта, выполнение архитектурных визуализаций.</p>	<p>1. ПО для создания и управления ТИМ (BIM)-моделью, на основе которой подготавливаются эскизные решения и предварительные сметные расчеты.</p> <p>2. ПО для беспилотных летательных аппаратов.</p> <p>3. ПО для подготовки презентационных материалов, 3D моделирования и рендеринга, создания реалистичных визуализаций, видео-сюжетов.</p> <p>4. Разнообразные интеграции с 1С.</p> <p>5. IT-решения.</p> <p>6. Инструменты осуществления взаимодействия с инвесторами и другими участниками этапа должны быть полностью в цифровой среде.</p>

<p>Инвестиционная стадия (проектная (ПД) и рабочая документация (РД), строительство, ввод в эксплуатацию)</p>	<p>1. Предпроектная подготовка строительства. 2. Проектная подготовка строительства. 3. Фаза строительства.</p>	<p>1. Разработка общей информационной ТИМ (BIM)-модели, на основе которой осуществляется автоматизированное создание проектной и рабочей документации, подготовка спецификаций и ведомостей для сметной документации, формируются электронные форматы отчетности, согласование текущих решений. 2. Общая ТИМ (BIM)-модель содержит всю типологию (коттеджи, таунхаусы, блокированные дома, объекты социально-бытовой инфраструктуры), требования к необходимости и достаточности информационного наполнения являются основными при выборе оптимального применения модели для решения будущих задач. Вся информация об элементах параметризирована таким образом, что все изменения, вносимые в модель, отражаются на других элементах при существовании между ними функциональных зависимостей. Информация передаётся для дальнейшего использования во внешние системы. 3. Координация всех привлеченных специалистов, формирование среды общих данных для анализа сводных цифровых информационных моделей.</p>	<p>1. ПО для создания и управления ТИМ (BIM)-моделью, оформления и управления проектной, рабочей и сметной документации. 2. ПО для планирования, контроля сроков, стоимости выполнения работ и управления рисками. 3. ПО для обеспечения эффективности мониторинга и управления процессами и работами на стадии строительства. 4. ПО для моделирования и управления производственными процессами. 5. ПО для обеспечения соблюдения требований законодательства. 6. ПО для подготовки презентационных материалов: реалистичных визуализаций, анимаций. 7. ПО для виртуальной (VR) и дополненной реальности (AR).</p>
---	---	---	---

		<p>4. Выявление и устранение коллизий на ранних стадиях в результате проверок ТИМ (BIM)-модели.</p> <p>5. Наглядное представление ТИМ (BIM)-модели и её частей, туры виртуальной (VR) и дополненной реальности (AR) на совещаниях, удаленное привлечение специалистов для согласования и утверждения проектных решений на основании общей ТИМ (BIM)-модели.</p> <p>6. Оперативное планирование на этапе строительства и оценка качества произведенных работ.</p> <p>7. Сравнение проектных решений с физическим результатом строительства, использование ТИМ (BIM)-модели в VR и AR представлениях для экспертов строительной отрасли.</p> <p>8. Представление в маркетинг- и медиа- процессах фотореалистичной визуализации ТИМ (BIM)-модели малоэтажной застройки и отдельных строений вместе с градостроительным решением.</p> <p>9. Презентация проекта через визуализации, анимации (видео-сюжеты), VR и AR туры для заказчиков/будущих владельцев.</p>	<p>8. Также, обеспечение безопасности внутренних систем (анти-Ddos), криптошлюзы.</p> <p>9. Развитие IT-ландшафта компании с применением различных инструментов.</p> <p>10. Развитие CRM-системы для управления трудовыми, временными ресурсами и продажами.</p> <p>11. Использование учебных онлайн-порталов для сотрудников.</p> <p>12. Участие на современных тендерных площадках.</p> <p>13. Формирование общего электронного документооборота, системы онлайн-постановки задач, разнообразные интеграции с 1С.</p> <p>14. Применение цифровых экосистем «Умный дом».</p>
<p>Постинвестиционная стадия (эксплуатация)</p>	<p>1. Эксплуатация объектов малоэтажного строительства, мониторинг</p>	<p>1. Сопровождение объектов застройки на всей стадии эксплуатации.</p> <p>2. Тестирование сценариев эксплуатации и мер пожарной</p>	<p>1. ПО для управления ТИМ (BIM)-моделью.</p> <p>2. ПО для обеспечения</p>

	показателей эффективности. 2. Переоборудование, реконструкция, капитальный ремонт, продажа, утилизация.	безопасности используя инструменты VR и AR. 3. Возможность создания различных приложений разной направленности для пользователей строительного объекта, используя цифровые активы ТИМ (BIM)-модели.	эффективности мониторинга и управления процессами и работами на стадии эксплуатации. 3. ПО для виртуальной (VR) и дополненной реальности (AR). 4. CRM-системы. 5. IT-решения. 6. Инструменты осуществления взаимодействия с клиентами/владельцами недвижимости должны быть полностью в цифровой среде.
--	--	--	--

Основываясь на решаемые задачи и рекомендации Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации [11], осуществляется подбор программных средств. Технические средства определяются на основании системных требований программных средств, количества и состава штата сотрудников.

Также, общая информационная ТИМ (BIM)-модель частного дома способствует быстрому дополнению типовых проектов индивидуальными решениями заказчиков. Все изменения в наглядной 3D модели моментально отражаются во всей документации по проекту: в спецификациях, ведомостях, чертежах. ТИМ (BIM) минимизирует при этом ошибки, экономит временные и трудовые ресурсы, является гибким инструментом с возможностью быстрой персонализации проектных решений.

### Результаты

Представленные цифровые решения охватывают основные этапы жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта, ТИМ (BIM)-модель играет ключевую роль: на основании её цифровых активов и внутренней информации выполняются все разделы проектной и рабочей документации, осуществляется координация всех привлеченных специалистов, происходит согласование и утверждение проектных решений, подготавливаются материалы для осуществления маркетинговых стратегий по продажам недвижимости, оформление сайта застройщика и наполнение наглядными презентационными пакетами онлайн-кабинетов покупателей, организуются сопроводительные туры виртуальной и дополненной реальности. Благодаря комплексному применению современных технологий информационного моделирования, достигается повышение качества проектирования и

строительства, а также обеспечивается комплексное управление процессами и снижается количество ошибок и переделок.

### **Заключение**

На сегодняшний день цифровизация наибольшими темпами охватила преимущественно стадию проектирования и разработки документации, однако крайне важно использовать современные цифровые технологии на всех стадиях жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта. Улучшение качества и рост ключевых показателей эффективности проектно-строительной деятельности и малоэтажного и индивидуального жилищного строительства достигается через сквозную цифровизацию области с использованием технологии ТИМ (BIM), инновационных цифровых инструментов, виртуальной и дополненной реальности.

### **Список литературы**

1. Филиппова, А. А. Экономическая обоснованность малоэтажного строительства в период цифровой эпохи / А. А. Филиппова, О. А. Смирнова // *Фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли: сборник трудов научно-практической и учебной конференции: в 3 частях, Санкт-Петербург, 05–07 июня 2018 года. Том Часть 2.* – Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого". 2018. С. 118-122. EDN URCTLO.
2. Электронный ресурс: Малоэтажное строительство в России // *Время инноваций: электронный ресурс.* Режим доступа: <http://time-innov.ru/page/jurnal/2012-5/rubric/6/article/170> (Дата обращения: 10.10.2023).
3. Султанов, А. А. Особенности развития рынка индивидуального жилищного и малоэтажного строительства и оценка его влияния на пространственное развитие / А. А. Султанов, Н. И. Морозова // *Управленческий учет.* 2022. № 3-3. С. 609-617. DOI 10.25806/uu3-32022609-617. EDN OWBSYB.
4. Воробьев А. С. Оценка технических рисков при строительстве малоэтажных жилых зданий методом априорного ранжирования/А.С.Воробьев, А.А.Лапидус, С.Л.Исаченко // *Перспективы науки.* 2021. № 5(140). С. 141-147. EDN MARANT.
5. Формирование региональной модели управления процессами повышения энергоэффективности малоэтажного жилищного строительства/Минаев Н.Н., Филюшина К.Э., Гусаков А.М., Гусакова Н.В., Жарова Е.А. // *Региональная экономика: теория и практика.* 2015. № 46 (421). С. 34-41. EDN: UYFSFR.
6. Мышкина Н. П., Беляева А. Ю. Малоэтажное строительство как фактор повышения доступности жилья (на примере Республики Мордовия) Электронный ресурс. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/maloetazhnoe-stroitelstvo-kak-faktor-povysheniya-dostupnosti-zhilya-na-primere-respubliki-mordoviya/> (Дата обращения: 10.11.2023).
7. Учинина Т.В., Кваша Ю.В. Управление и прогнозирование развития малоэтажной жилой застройки на городской и пригородной территории//*Современные проблемы науки и образования.* 2014. № 3. С. 426. EDN: SYZPWP

8. Левин Ю.А. Проблемы развития рынка малоэтажного домостроения и некоторые пути их инновационного решения // "Недвижимость и инвестиции. Правовое регулирование". Номер 3 (40), Октябрь 2009г. Электронный ресурс. Режим доступа: [http://dpr.ru/journal/journal\\_38\\_14.htm](http://dpr.ru/journal/journal_38_14.htm). EDN: NBPEYH. (Дата обращения: 05.11.2023).
9. Астафьева, Н.С. Преимущества использования и трудности внедрения информационного моделирования зданий/ Н.С. Астафьева, Ю.А. Кибирева, И.Л. Васильева // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2017. No 8(59). С. 41–62. Федоров, А.А. Анализ стратегий внедрения информационного моделирования в лидирующих странах // Инженерный вестник Дона. 2019. No4(55). С.21-32.
10. Соловьева, Е. В. Основные этапы внедрения технологии информационного моделирования (BIM) в строительных организациях / Е. В. Соловьева, М. А. Сельвиан // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". 2016. № 11. С. 110-119. EDN XHREDF.
11. Электронный ресурс: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/143878/> Перечень российского программного обеспечения для субъектов градостроительной деятельности в соответствии с данными единого реестра российского программного обеспечения для ЭВМ. (Дата обращения: 10.10.2023).
12. Fang Z., Liu Y., Lu Q., Pitt M., Hanna S., Tian Z. BIM-integrated portfolio-based strategic asset data quality management (2022) Automation in Construction, №–134–104070. pg. 76–83.
13. Soust-Verdaguer, B., Bernardino Galeana, I., Llatas, C., Montes, M.V., Hoxha, E., Passer, A. How to conduct consistent environmental, economic, and social assessment during the building design process. A BIM-based Life Cycle Sustainability Assessment method (2022) Journal of Building Engineering, №–45. pp. 18–23.
14. Parn E.A., Edwards D.J., Sing M.C.P. The building information modeling trajectory in facilities management: A review. Automation in Construction. 2017. №–75. pp.45-55. DOI: 10.1016/j.autcon.2016.12.003.

## References

1. Filippova, A. A. The economic validity of low-rise construction during the digital era / A. A. Filippova, O. A. Smirnova // Fundamental and applied research in the field of management, economics and trade: proceedings of the scientific-practical and educational conference: in 3 parts, St. Petersburg, 05-07 June 2018. Volume Part 2. – St. Petersburg: Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University". 2018. pp. 118-122. EDN URCTLO.
2. Electronic resource: Low-rise construction in Russia // Time of innovations: electronic resource. Access mode: <http://time-innov.ru/page/jurnal/2012-5/rubric/6/article/170> (Date of application: 10.10.2023).
3. Sultanov, A. A. Features of the development of the market of individual housing and low-rise construction and assessment of its impact on spatial development / A. A. Sultanov, N. I. Morozova // Managerial accounting. 2022. No. 3-3. pp. 609-617. DOI 10.25806/uu3-32022609-617. EDN OWBSYB.

4. Vorobyov, A. S. Assessment of technical risks in the construction of low-rise residential buildings by a priori ranking method / A. S. Vorobyov, A. A. Lapidus, S. L. Isachenko // Prospects of science. 2021. No. 5(140). pp. 141-147. EDN MARAHT.
  5. Formation of a regional model for managing the processes of improving energy efficiency of low-rise housing construction / Minaev N.N., Filyushina K.E., Gusakov A.M., Gusakova N.V., Zharova E.A. // Regional economics: theory and practice. 2015. No. 46 (421). pp. 34-41. EDN: UYFSFR.
  6. Myshkina N. P., Belyaeva A. Yu. Low-rise construction as a factor of increasing housing affordability (on the example of the Republic of Mordovia) Electronic resource. Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/maloetazhnoe-stroitelstvo-kak-faktor-povysheniya-dostupnost-zhilya-na-primere-respubliki-mordoviya> / (Accessed date: 10.11.2023).
  7. Uchinina T.V., Kvasha Yu.V. Management and forecasting of low-rise residential development in urban and suburban areas // Modern problems of science and education. 2014. No. 3. p. 426. EDN: SYZPWP
  8. Levin Yu.A. Problems of development of the low-rise housing construction market and some ways of their innovative solutions // "Real estate and investments. Legal regulation". Number 3 (40), October 2009. Electronic resource. Access mode: [http://dpr.ru/journal/journal\\_38\\_14.htm](http://dpr.ru/journal/journal_38_14.htm) . EDN: NBPEYH. (Accessed: 05.11.2023).
  9. Astafyeva, N.S. Advantages of using and difficulties of implementing information modeling of buildings/ N.S. Astafyeva, Yu.A. Kibireva, I.L. Vasilyeva // Construction of unique buildings and structures. 2017. No. 8(59). pp. 41-62. Fedorov, A.A. Analysis of information modeling implementation strategies in leading countries // Engineering Bulletin of the Don. 2019. No4(55). pp.21-32.
  10. Solovyova, E. V. The main stages of the introduction of information modeling technology (IM) in construction organizations / E. V. Solovyova, M. A. Selvian // Electronic network polythematic journal "Scientific works of KubSTU". 2016. No. 11. pp. 110-119. EDN XHREDF.
  11. Electronic resource: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/143878> / List of Russian software for urban development entities in accordance with the data of the unified register of Russian computer software. (Date of application: 10.10.2023).
  12. Fang, Z., Liu, Y., Lu, Q., Pitt, M., Hanna, S., Tian, Z. BIM-integrated portfolio-based strategic asset data quality management (2022) Automation in Construction, №134–104070. pp. 76–83.
  13. Soust-Verdaguer, B., Bernardino Galeana, I., Llatas, C., Montes, M.V., Hoxha, E., Passer, A. How to conduct consistent environmental, economic, and social assessment during the building design process. A BIM-based Life Cycle Sustainability Assessment method (2022) Journal of Building Engineering, №45. pp. 18–23.
  14. Parn E.A., Edwards D.J., Sing M.C.P. The building information modeling trajectory in facilities management: A review. Automation in Construction. 2017. №75. pg.45-55. DOI: 10.1016/j.autcon.2016.12.003.
-