



Оценка экономической эффективности и перспектив внедрения технологий информационного моделирования на этапе проектирования в строительной отрасли региона

К.Е. Торохова^{1✉}, М.В. Матвеева²

^{1,2}Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Аннотация. На протяжении последнего десятилетия технологии информационного моделирования активно внедряются в мировую строительную отрасль. Целью исследования является обоснование экономической эффективности при внедрении технологий информационного моделирования в процессы реализации строительного проекта. Данное исследование выполнено преимущественно методами анализа и синтеза. В статье рассматриваются материалы, отражающие показатели экономической эффективности технологий информационного моделирования. Ключевым моментом является организация совместной работы всех участников проекта с учетом специфических особенностей регионов. Установлено, что этап проектирования – наименее затратный с точки зрения финансов, следовательно, эффективность применения технологий информационного моделирования хорошо видна именно там. В статье рассмотрены достоинства и недостатки применения технологий информационного моделирования. Выполнено сравнение показателей возврата капитальных вложений в зависимости от степени внедрения технологий информационного моделирования в организации. Сделан акцент, что показатель окупаемости инвестиций – не единственный показатель, используемый для оценки экономической эффективности, так как он не учитывает множество факторов. Для комплексной оценки экономического эффекта проанализированы показатели, используемые при оценке инвестиционных проектов: чистый дисконтированный доход, индекс рентабельности, внутренняя норма доходности и срок окупаемости. Рассмотрен пример внедрения технологий информационного моделирования в небольшую проектную организацию, рассчитан коэффициент возврата инвестиций. В результате исследования сделан вывод о важности повсеместного внедрения технологий информационного моделирования как основы для повышения производственной и экономической эффективности организаций.

Ключевые слова: технологии информационного моделирования, BIM-технологии, строительный проект, информационная модель, экономическая эффективность, показатель окупаемости инвестиций ROI

Для цитирования: Торохова К.Е., Матвеева М.В. Оценка экономической эффективности и перспектив внедрения технологий информационного моделирования на этапе проектирования в строительной отрасли региона // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2023. Т. 13. № 2. С. 192–201. <https://elibrary.ru/lmgvfy>. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-2-192-201>.

Original article

Economic efficiency and prospects for introducing information modelling technologies during the design stage in the building sector of a region

Ksenia E. Torokhova^{1✉}, Maria V. Matveeva²

^{1,2}Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Abstract. Over the past decade, information modelling technologies have been actively introduced in the global construction industry. This study aims to substantiate the economic efficiency of implementing these technologies in construction processes. The primary methods employed in this study involve analysis and synthesis. The article examines data that reflects the indicators of economic efficiency

© Торохова К.Е., Матвеева М.В., 2023

associated with information modelling technologies. The cooperation of all project participants, while considering specific regional characteristics, is of utmost importance. Since the design stage is the least financially expensive phase, the efficiency of information modelling technologies can be well observed. The article discusses both the advantages and disadvantages of using information modelling technologies. A comparison of return on investment (ROI) indicators was carried out, considering the degree of adoption of information modelling technologies within enterprises. It is important to note that ROI comprises only one of the indicators used to assess economic efficiency, since it fails to consider other factors. In order to comprehensively evaluate the economic effect, various indicators used in investment project assessment were analysed, including net present value, profitability index, internal rate of return, and payback time. The article presents an example of implementing information modelling technologies in a small project entity, where the ROI coefficient is calculated. From the analysis, it is concluded that information modelling technologies should be widely implemented as a foundation for improving the production and economic efficiency of companies.

Keywords: information modeling technologies, BIM technologies, construction project, information model, economic efficiency, return on investment ROI

For citation: Torokhova K.E., Matveeva M.V. Economic efficiency and prospects for introducing information modelling technologies during the design stage in the building sector of a region. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2023;13(2):192-201. (In Russ.). <https://elibrary.ru/imgvfy>. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-2-192-201>.

ВВЕДЕНИЕ

Активное и повсеместное внедрение технологий информационного моделирования (далее – ТИМ) на территории Российской Федерации началось с принятия законодательных актов, закрепивших такое понятие как информационное моделирование, а также регламентирующих формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства.

Под технологиями информационного моделирования понимают создание информационной модели будущего объекта строительства, включая архитектурные, конструктивные, электротехнические, технологические, экономические и иные решения, которые имеют отношение к проектируемому объекту. В такой информационной модели изменение одного параметра автоматически приводит к изменению всех остальных зависимых от него величин.

В целом, ТИМ – это отечественный аналог BIM-технологий, активно используемых за рубежом уже на протяжении многих лет. При этом уровень внедрения таких технологий на территории Российской Федерации значительно ниже, чем, к примеру, в строительной индустрии США или Сингапура [1]. Актуальность исследования подтверждается тем, что срок введения обязательного применения информационной модели, включая графическую модель в трёхмерном изображении, зафиксирован в постановлении № 962, в соответствии с которым вышеуказанное требование будет обязательным с 1 марта 2023 года, а до тех пор

дополнять проектную документацию трехмерной моделью необходимо только при условии, если это предусмотрено техническим заданием или договором. Таким образом, внедрения ТИМ для каждой отдельно взятой организации – вопрос времени. Следовательно, актуальность исследования еще и в том, чтобы показать и обосновать экономическую эффект для организаций, которые работают с ТИМ.

Объектом исследования являются участники строительного процесса, в первую очередь организации, ведущие проектную деятельность. Предметом исследования является возможная экономическая эффективность, получаемая при внедрении ТИМ.

Цель исследования – обосновать необходимость внедрения технологий информационного моделирования в процессы реализации строительного проекта.

МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Системный подход, аналитический метод, сравнительный анализ статистических показателей, обеспечивающие адекватное решение поставленной задачи анализа экономической эффективности внедрения технологии информационного моделирования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Прежде всего стоит понимать, что технология информационного моделирования объектов строительства – это всегда процесс коллективного, совместного создания конечного продукта. Фундаментом для принятия

грамотных решений по управлению строительством на протяжении всего жизненного цикла объекта (начиная планированием и проектированием и заканчивая реконструкцией и сносом) становится абсолютно вся информация о здании или сооружении, имеющаяся в

распоряжении и полученная в ходе процесса ТИМ [2]. Согласованная и взаимосвязанная работа инвестора, застройщика (заказчика), генеральных проектировщика и подрядчика, так и эксплуатирующей организации строится вокруг трехмерной информационной модели (рис. 1).



Рис. 1. Процесс технологий информационного моделирования
Fig. 1. The process of information modeling technologies

Наглядно видно, что ключевым моментом здесь является организация совместной работы со всеми участниками инвестиционного процесса. Участники проекта имеют возможность оперативно принимать разумные управленческие решения на основе всей имеющейся информации, а ТИМ, в свою очередь, отрегулирует процессы совместной работы с информацией об объекте строительства [3].

Из вышесказанного наглядно видно, что ТИМ - далеко не простое скучное программное обеспечение, а это комплекс взаимосвязанных процессов, происходящих между всеми субъектами строительного проекта, причем изменение одного параметра проекта незамедлительно приведет к изменению остальных параметров.

Таким образом, применение технологий информационного моделирования всеми участниками строительного процесса имеет ряд неоспоримых преимуществ [4, 5]:

1. Создание проектно-сметной документации высокого качества.
2. В процессе создания и реализации проекта (модели) есть возможность оперативно подключать к работе требуемых специалистов, что существенно сокращает ошибки проектирования.
3. Использование ТИМ позволяет вычислять проектные параметры зданий и сооружений с привязкой к рельефу определенной строительной площадки.
4. Контроль формирования расходов и затрат на материалы прост и понятен.
5. Оперативный и доскональный контроль качества и сроков выполнения работ на каждой стадии проекта [6].
6. Возможность максимально эффективного внедрения модели проектируемого здания в окружающую застройку.
7. Коммуникация застройщика и подрядной организации происходит в онлайн режиме, что уменьшает время на корректировку проектных решений.

8. Более совершенная система организации, управления строительством и последующая эксплуатация объекта.

9. Полная информации о возможности последующей реконструкции, модернизации или ликвидации объекта [7].

Тем не менее, не смотря на очевидные преимущества повсеместного внедрения и использования ТИМ, распространение таких технологий в нашей стране идет довольно медленными темпами [8].

Основными факторами, которые влияют на медленное распространение ТИМ, обычно называют:

- 1) существенные финансовые вложения, необходимые на первых этапах и связанные с покупкой оборудования и программного обеспечения;
 - 2) наблюдается дефицит квалифицированных кадров, подготовленных для работы с ТИМ, на рынке труда;
 - 3) явные проблемы инфраструктуры: к ним относятся огрехи нормативной базы, а также отсутствие системы государственных стандартов реализации строительных проектов с применением ТИМ на всех стадиях: проектирования, строительства и эксплуатации [9].
- И действительно, существенное повышение стоимости и времени проектирования – неотъемлемая часть внедрения ТИМ, однако на этапах строительства, эксплуатации и возможной реконструкции трехмерных объектов расходы ощутимо снизятся, а четкость принимаемых решений наоборот повысится. Первоначальные вложения капитала с целью внедрения велики, однако необходимо детально и комплексно спрогнозировать возможный экономический эффект такой интеграции [10].

Показатель окупаемости инвестиций ROI (return on investment) – в данном случае один из важнейших показателей. ROI наглядно демонстрирует эффективность вложений компании в ТИМ. Еще у самых истоков внедрения ТИМ неоднократно предпринимались попытки

спрогнозировать и оценить экономический эффект такого внедрения [11]. В результате обработки статистических данных нескольких инвестиционно-строительных проектов [12] было установлено:

1) за счет выявления недчётов и спорных решений на этапе проектирования экономия денежных средств составила 10%;

2) на 7 % сократилось время проектирования [13].

При этом, по результатам расчета ROI в зависимости от уровня внедрения ТИМ в

процессы, было установлено, что коэффициент возврата инвестиций может достигать от 11% до 50% (рис. 2).

Как наглядно видно, чем выше уровень внедрения ТИМ в организации, к примеру, при многократном использовании модели на различных объектах, тем больше преимуществ это дает: это и увеличение прибыли, и сокращение количества изменений проекта и, как следствие, сокращение сроков выполнения работ, а также повышение производительности труда (таблица).

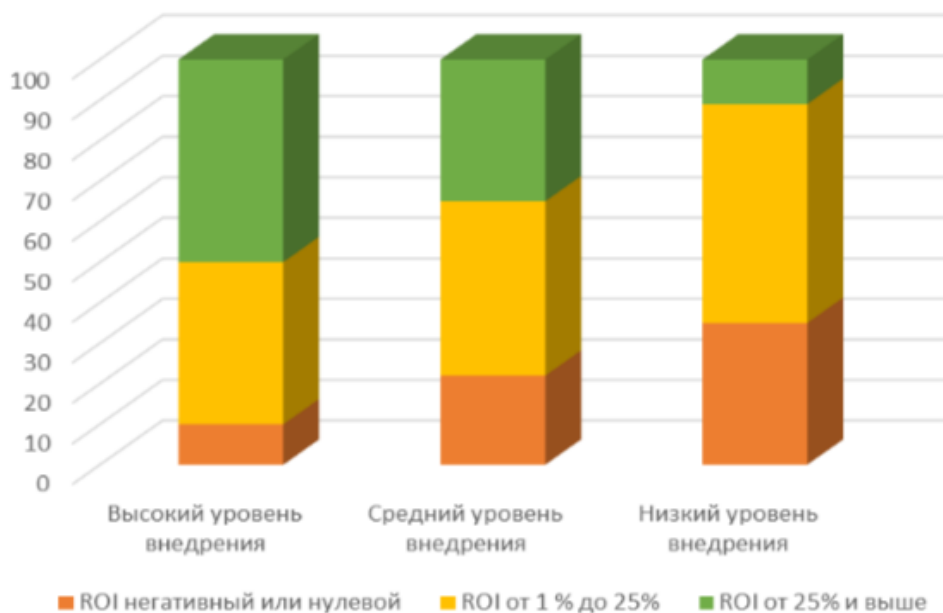


Рис. 2. Коэффициент возврата инвестиций в ТИМ при ее внедрении в организации
Fig. 2. The return on investment in BIM when it is implemented in the organization

Преимущества технологий информационного моделирования
для разного типа организаций, %

Benefits of Building Information Modelling for different types of organizations, %

Преимущества для компаний	Организации, использующие ТИМ	
	Впервые	Многократно
Увеличение прибыли	7	43
Сокращение количества ошибок и исправлений в проекте	23	77
Повышение производительности труда	46	71
Повторные сделки с бывшими клиентами	19	61
Новые предложения услуг	28	72

Стоит отметить, что именно этап проектирования является наименее затратным с точки зрения финансов (в соответствии с графиком П. Макмили) [14]. Таким образом, эффективность применения ТИМ хорошо видна именно на этом этапе, внесение изменений в проект на ранних этапах наиболее эффективно.

Тем не менее, говоря об экономическом эффекте от внедрения ТИМ, не верно

оценивать его, основываясь только на величине возврата капитальных вложений, так как величина ROI не берет в расчет существенное множество факторов, что, в свою очередь, может привести к тому, что при первоначальном расчете ROI покажет нецелесообразность внедрения [15].

При внедрении ТИМ организация всегда понесет первоначальные затраты, связанные с

покупкой необходимого программного обеспечения, закупкой или модернизацией компьютерной техники, а также повышением квалификации сотрудников [16]. При этом сумму таких затрат определить довольно просто.

Следующий вид затрат будет связан с изменением существующих отложенных процессов работы организации с помощью внедрения проектного управления. Разработка необходимых стандартов, правил, библиотек, внедрение новой корпоративной культуры и, несомненно, изменение мышления сотрудников – все это необходимо при внедрении ТИМ. Причем некорректно такие затраты привязывать к какому-то одному проекту, либо определенному промежутку времени. Период вышеуказанных затрат сложно спрогнозировать и оценить такие затраты в денежном эквиваленте [17].

Так как финансовые вложения в технологии информационного моделирования – это своего рода инвестиционный проект, следовательно, для определения экономической эффективности внедрения ТИМ целесообразно рассматривать реализацию такой системы в организации именно с точки зрения управления проектом. Применение такого подхода обусловлено наличием всех признаков проекта – это стоимость, сроки, качество [18]. Как упоминалось выше, внедрение и использование ТИМ затрагивает весь жизненный цикл объекта: начиная технико-экономическим обоснованием реализации проекта и заканчивая стадией завершения проекта и последующего сноса. Таким образом, представляется логичным и обоснованным для оценки экономической эффективности применить методику подсчета коммерческой эффективности инвестиционного проекта. Однако не стоит забывать, что ТИМ – не типичный инвестиционный проект, он имеет специфические особенности, которые необходимо учитывать при расчете экономического обоснования. В соответствии с временной стоимостью денежных средств, использование метода дисконтирования денежных потоков подразумевает приведение экономических показателей к конкретному временному периоду, что, в свою очередь, является особенно актуальным для долгосрочных проектов, таких как реализация строительного проекта [19].

Основными показателями, которые принято использовать для оценки эффективности от внедрения ТИМ в мировой практике, в соответствии с методом оценки инвестиционных проектов, являются:

- 1) чистый дисконтированный доход;
- 2) индекс рентабельности;
- 3) внутренняя норма доходности;
- 4) срок окупаемости [20].

1. Чистый дисконтированный доход (ЧДД, NPV) – один из важнейших показателей эффективности проекта. Является интегральным показателем эффективности проекта, представляет собой накопленный дисконтированный эффект за расчетный период¹. То есть данный показатель отражает разницу между всеми денежными притоками и оттоками, приведенными к текущему моменту времени (моменту оценки инвестиционного проекта). В общем виде ЧДД определяется по следующей формуле:

$$NPV = -IC + \sum Cft / (1 + r)^t$$

где NPV – величина чистого дисконтированного дохода; IC – начальные инвестиции; Cft – потоки денежных средств в конкретный период срока окупаемости проекта, которые представляют собой суммы притоков и оттоков денежных средств в каждом конкретном периоде t ($t = 1...n$); r – ставка дисконтирования

Согласно исследованиям, выполненным НИУ МГСУ в тендеме с ООО «КОНКУРАТОР», рост показателя NPV при внедрении ТИМ составил в среднем от 10% до 25%.

2. Индекс рентабельности (доходности, ИР) – это показатель отношения дисконтированных денежных потоков от инвестиций к сумме инвестиций. Довольно важный экономический показатель, позволяющий рассчитать объем полученных доходов на каждый инвестированный рубль. Рост индекса рентабельности порядка 14-15% – именно такие показатели мы можем видеть, говоря о проектах с применением ТИМ [21]. Рост качества имеющейся информации, что влечет за собой повышение качества принимаемых управленческих решений, автоматизация труда и рост его производительности, повышение эффективности большинства производственных процессов – именно эти преимущества дают многогранные возможности использования ТИМ. Как уже упоминалось выше, ТИМ — это всегда комплексное решение, приносящее, в свою очередь, комплексный эффект. Поэтому для получения таких показателей роста эффективности необходимо использовать ТИМ комплексно, а не используя только один или несколько отдельных факторов.

3. Внутренняя норма доходности (IRR) –

¹Understanding BIM in a project management environment // NBS Enterprises Ltd. URL: <https://www.thenbs.com/knowledge/understanding-bim-in-a-project-management-environment> (02.08.2022).

расчетная ставка дисконтирования, при которой инвестор получит назад все вложения, то есть выйдет в ноль. Для того чтобы рассчитать рентабельность и прибыльность любого инвестиционного проекта, вне зависимости от отрасли и инвестируемых сумм, используют именно IRR [22]. При расчете IRR для ТИМ-проектов в тех организациях, где наблюдается высокий уровень внедрения ТИМ, установлен рост показателя IRR в диапазоне от 14% до 20%². Таким образом, становится возможным сделать вывод, что активное применение ТИМ с высоким уровнем внедрения в организации позволяет такой организации выявить значительный потенциал для роста эффективности деятельности в инвестиционно-строительной сфере.

4. Срок окупаемости проекта – последний, но не менее важный показатель, чем вышеупомянутые, так как срок окупаемости и реализации инвестиционного проекта имеет огромное значение для принятия управленческих решений. При сравнении проектов, которые были реализованы с применением привычных, традиционных технологий проектирования и управления проектами с ТИМ-проектами, наблюдается сокращение сроков окупаемости в среднем на 15–17% при реализации последних [23]. Таким образом, целесообразно сделать вывод о сокращении сроков окупаемости инвестиций в объект капитального строительства, и, как следствие, о снижении общего уровня риска по ТИМ-проектам.

Естественно, основная проблема при оценке эффективности внедрения ТИМ – это верное определение вышеуказанных показателей. Необходимо правильно определить доходную и затратную составляющие, связанные с проектом по реализации технологии информационного моделирования.

Безусловно, в зависимости от сферы деятельности организации (проектирование, выполнение строительно-монтажных работ или эксплуатация), при расчете экономической эффективности необходимо учитывать только те показатели эффекта, на которые непосредственно влияет внедренная технология. Если говорить о крупных организациях, работа которых охватывает весь жизненный цикл инвестиционно-строительного проекта, расчет экономического эффекта целесообразно выполнять, учитывая все способы и методы оценки достижения результатов. Для организаций, занимающихся проектированием – только показатели, которые непосредственно влияют на сроки, качество и стоимость проектных работ [24, 25].

И, если в крупных организациях, работа которых охватывает весь жизненный цикл объекта, экономический эффект, получаемый при

внедрении ТИМ очевиден, то каков эффект, к примеру, для небольших проектных организаций? Ведь, как выше уже упоминалось, эффективность ТИМ особенно выражена на этапе проектирования.

Рассмотрим деятельность проектной организации, расположенной на территории Иркутской области, в штате которой присутствуют специалисты, обеспечивающие разработку полного комплекта проектной документации. Штатная численность проектировщиков – 10 человек. При этом компания работает в CAD (Computer Aided Design – система автоматизированного проектирования). Абсолютно для любой проектной организации переход от технологии CAD к технологиям BIM будет означать закупку и внедрение нового программного обеспечения, и повышение квалификации персонала. То есть значительные экономические затраты на первоначальном этапе. Следовательно, рассматриваемая проектная организация понесет затраты на закупку нового программного обеспечения и переобучение существующего персонала, при этом явный эффект от внедрения ТИМ будет получен только в случае, если все специалисты перейдут на новое программное обеспечение [26]. Инвестиции в программные обеспечения составляют около 200 000 руб. на 1 штатного проектировщика. Следовательно, затраты компании на покупку нового ПО составят 2 млн руб. ежегодно, так как покупка лицензии на использование ПО – это не одноразовое вложение. Расходы на переобучение персонала: на основании данных, находящихся в общем доступе в сети Интернет установлено, что стоимость обучения работы в ТИМ в Иркутской области для одного человека составляет 15 000 руб. за курс 28 академических часов (1 месяц) по одному из выбранных программных продуктов. Итого затраты на обучение персонала организации составят 150 000 руб. Следовательно, расходы на внедрение ТИМ в проектной организации составят 1 650 000 руб.

Для оценки экономической эффективности в данном случае целесообразно рассчитать величину ROI в течение первого года:

$$ROI = \frac{\left(B - \left(\frac{B}{1+E}\right)\right) \times (12-C)}{A + (B \times C \times D)},$$

где A – стоимость оборудования и ПО; B – стоимость рабочей силы в месяц; C – длительность обучения (мес.); D – снижение производительности во время обучения (%); E – рост производительности после обучения (%).

Заработная плата проектировщика на территории Иркутской области в среднем составляет 54 146 руб. Согласно исследованиям, выполненным НИУ МГСУ в тендеме с ООО «КОНКУРАТОР», рост

производительности труда при внедрении ТИМ составила в среднем от 20% до 30%. Снижение производительности на время обучения составит так же порядка 30%. Показатель ROI для небольшой проектной организации равен 1,6%, т.е. внедрение ТИМ для такого рода организаций практически не несет никакой прибыли.

ВЫВОДЫ

Вне зависимости от того, насколько выгодным или нет по выполненным расчетам окажется инвестиционный проект по внедрению ТИМ в деятельности предприятия, как проектным, так и строительным организациям необходимо понимать, что внедрение технологий информационного моделирования является не только рекомендуемым методом выпуска проектов, но и в ближайшем будущем без использования ТИМ у организаций нет будущего [27, 28].

При этом готовность участников строительной отрасли переходить на ТИМ – довольно острый и сложный вопрос. В настоящее время очень малое число крупных столичных компаний имеют положительный опыт внедрения

ТИМ на своих объектах. При этом оценка работы таких компаний говорит о том, что достижение положительных результатов заняло порядка 8 лет активной работы в этом направлении при значительных финансовых вложениях, исчисляемых сотнями миллионов рублей – это и создание технологических платформ, сервисов, баз данных и подготовка квалифицированных кадров [29]. Если же говорить о организациях строительной отрасли, осуществляющих свою деятельность в регионах, в том числе в Иркутской области, то процент компаний, имеющих положительный опыт внедрения ничтожно мал.

Таким образом, результате исследования сделан вывод о необходимости повсеместного внедрения технологий информационного моделирования для развития строительной отрасли и усовершенствования строительных процессов, при этом установлен факт экономической эффективности от такого внедрения.

Следовательно, чем быстрее предприятие начнет внедрять и реализовывать данные технологии, тем быстрее получит конкурентные преимущества над остальными

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Асланов Н.М., Садиг Р.И. Основные методы оценки эффективности инвестиционных проектов // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2011. № 3. С. 39–46. EDN: NDVDNB.
2. Баженов А.А. Проблемы применения BIM-технологий в современной строительной отрасли // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции (г. Санкт-Петербург, 29–30 марта 2018 г.). СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2018. С. 62–64. EDN: YUOMKG.
3. Страхов А.С., Исупова Д.А., Трегубов А.П. Специфика государственного регулирования внедрения ТИМ-технологий в строительстве // XXVI Региональная конференция молодых ученых и исследователей Волгоградской области: материалы конф. (г. Волгоград, 16–28 ноября 2021 г.). Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2022. С. 305–306. EDN: BXPATQ.
4. Шестерикова Я.В. Применение технологий информационного моделирования при реализации инвестиционно-строительных проектов // Наука и бизнес: пути развития. 2022. № 3 (129). С. 95–97. EDN: PARUNQ.
5. Болотова А.С., Маршавина Я.И. Проблемы внедрения технологии информационного моделирования в России // Строительное производство. 2021. № 2. С. 70–80. EDN: PEYWAO. https://doi.org/10.54950/26585340_2021_2_70.
6. Романова М.В. Оценка эффективности инвестиционного проекта // Экономический анализ: теория и практика. 2007. № 7 (88). С. 17–26. EDN: HYSQTZ.
7. Верстина Н.Г., Кисель Т.Н., Кулаков К.Ю. Внедрение инновационных технологий на предприятиях инвестиционно-строительной сферы: проблемы и определяющие факторы // E-Management. 2022. Т. 5. № 1. С. 4–13. EDN: SPXUXG. <https://doi.org/10.26425/2658-3445-2022-5-1-4-13>.
8. Гевара Рада Л.Т., Пешков В.В., Мартынов В.И., Радионова Е.А., Бужеева Ф.Г., Сайбаталова Е.В. Технологии информационного моделирования (BIM) как основа бережливого строительства // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 1 (40). С. 70–81. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-1-70-81>. EDN: TDEUOH.
9. Дмитриев А.Н., Владимирова И.Л. Технологии информационного моделирования в управлении строительными проектами России // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 10. С. 48–59. EDN: FXXZAA. <https://doi.org/10.33622/0869-7019.2019.10.48-59>.
10. Ильинова В.В., Мицевич В.Д. Международный опыт использования BIM-технологий в строительстве // Российский внешнеэкономический вестник. 2021. № 6. С. 79–93. <https://doi.org/10.24412/2072-8042-2021-6-79-93>. EDN: XWHWUJ.
11. Колчин В.Н. Применение BIM-технологий в строительстве и проектировании // Инновации и инвестиции. 2019. № 2. С. 209–214. EDN: NJLLFO.
12. Кравченко Т.В. BIM-технологии в управлении строительными проектами // Молодой ученый. 2019. № 3 (241). С. 176–179. EDN: YUQYVN.
13. Крюков К.М., Кулешов А.А. Методология экономического обоснования применения технологии

информационного моделирования // Инженерный вестник Дона. 2020. № 9 (69). С. 122–132. EDN: UGDMUR.

14. Пешков В.В., Алексанин И.А. Разработка организационно-технических решений на этапе капитального ремонта жизненного цикла объекта строительства с использованием возможностей его цифровой модели // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022;12(2):196-205. EDN: IFZYVX.

<https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-196-205>.

15. Рыбаков Д.А., Астафьева Н.С. Анализ эффективности строительно-инвестиционных проектов с учетом применения BIM-технологий // Инновации. Наука. Образование. 2021. № 33. С. 1565–1570. EDN: STQVLP.

16. Сидорова Е.А. Совершенствование организационных методов управления реконструкцией с использованием технологии информационного моделирования // E-SCIO. 2019. № 4 (31). С. 43–47. EDN: JNBNYM.

17. Уткина В.Н., Грязнов С.Ю., Бабушкина Д.Р. Проблемы и перспективы внедрения технологии информационного моделирования в области строительства в России: проблемы и перспективы внедрения // Основы экономики, управления и права. 2019. № 1 (19). С. 57–61. EDN: YPHGPG.

https://doi.org/10.51608/23058641_2019_1_57.

18. Dmitriev A.N., Vladimirova I.L., Kallaur G.Yu., Tsygankova A.A. Approaches to classifying building innovations while implementing information modeling and project management // Journal of Engineering Science and Technology Review. 2019. No. 12 (2). P. 143–151. <https://doi.org/10.25103/jestr.122.20>. EDN: OSVLUR.

19. Eastman Ch., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. New York: John Wiley and Sons, 2011. 640 p.

20. Marzouk M., Elmaraghy A., Voordijk H. Lean Deconstruction Approach for Buildings Demolition Processes using BIM // Lean Construction Journal. 2019. P. 147–173.

21. Tokarsky A., Topchiy D. The concept of quality control of the organization of construction processes during construction supervision through the use of information technology // Sustainable Development of Industrial Region: Ural Environmental Science Forum (UESF-2021). E3S Web of Conferences (Chelyabinsk, 17–19 February 2021). 2021. Iss. 258 (59). P. 09028. EDN: KHTYBD.

<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125809028>.

22. Rinke N., von Gösseln I., Kochkine V., Schweitzer J., Berkahn V., Berner F. Simulating quality assurance and efficiency analysis between construction management and engineering geodesy // Automation in Construction. 2017. Vol. 76. P. 24–35. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.01.009>.

23. Battikha M.G. Quality management practice in highway construction // International Journal of Quality and Reliability Management. 2003. No. 20. P. 532–550.

<https://doi.org/10.1108/02656710310476516>.

24. Гинзбург А.В., Шилова Л.А., Шилов Л.А. Современные стандарты информационного моделирования в строительстве // Научное обозрение. 2017. № 9. С. 16–20. EDN: ZGIVIV.

25. Topchiy D., Bolotova A. Systematization of Factors Affecting the Organizational Processes in the Conversion of Buildings // Mip Engineering 2019: Advanced Technologies In Material Science, Mechanical and Automation Engineering IOP Conference Series: materials Science and Engineering/ International Scientific Workshop. Krasnoyarsk: Institute of Physics Publ., 2020. T. 537. P. 32–42. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/753/3/032042>.

EDN: CZKEIJ.

26. Пельменева Е.И., Литвинова О.В. Основные аспекты нормативного регулирования технологии информационного моделирования в России // Молодежный вестник ИрГТУ. 2021. Т. 11. № 2. С. 131–137. EDN: MNJRQV.

27. Sinenko S., Poznakhirko T., Tomov A. Digital transformation of the organization of construction production // Ural Environmental Science Forum "Sustainable Development of Industrial Region: E3S Web of Conferences (UESF-2021). (Chelyabinsk, 17–19 February 2021). 2021. Vol. 258. EDP Sciences, 2021. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125809020>.

EDN: MXSZMW.

28. Sinenko S.A. Selection of Organizational and Technological Solutions for Construction. In: Earth Science: International science and technology conference. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 459. P. 052043. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/459/5/052043>.

29. Sinenko S.A., Poznakhirko T.Y. On the Description of a Universal Model of Project System. In: Earth Science International science and technology conference // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 459. P. 052051. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/459/5/052051>.

REFERENCES

1. Aslanov N.M., Sadig R.I. Basic methods of evaluating efficiency of investment projects. *Problemy ekonomiki i upravleniya neftegazovym kompleksom = Problems of economics and management of oil and gas complex*. 2011;3:39-46. (In Russ.). EDN: NDVDNB.

2. Bazhenov A.A. Problems of application of BIM-technologies in the modern construction industry. In: *BIM-modelirovanie v zadachakh stroitel'stva i*

arkhitektury: materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii = BIM modeling in the tasks of construction and architecture: materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. 29-30 March 2018, Saint Petersburg. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering; 2018. p. 62-64. (In Russ.). EDN: YUOMKG.

3. Strakhov A.S., Isupova D.A., Tregubov A.P. Specifics of state regulation of the introduction of TIM-

- technologies in construction. In: *Materialy XXVI Regional'naya konferentsiya molodykh uchenykh i issledovatelei Volgogradskoi oblasti: konferentsii = Materials XXVI Regional Conference of Young Scientists and Researchers of the Volgograd Region*. 16-28 November 2021, Volgograd. Volgograd: Volgograd State Technical University; 2022. p. 305-306. (In Russ.). EDN: BXPATQ.
4. Shesterikova Ya.V. Information modeling technologies in the implementation of investment and construction projects. *Nauka i biznes: puti razvitiya = Science and business: development ways*. 2022;3:95-97. (In Russ.). EDN: PARUNQ.
5. Bolotova A.S., Marshavina Ya.I. Problems of the implementation of bim technologies in Russia. *Stroitel'noe proizvodstvo = Construction production*. 2021;2:70-80. (In Russ.). EDN: PEYWAQ. https://doi.org/10.54950/26585340_2021_2_70.
6. Romanova M.V. Evaluation of the effectiveness of the investment project. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic analysis: theory and practice*. 2007;7:17-26. (In Russ.). EDN: HYSQTZ.
7. Verstina N.G., Kisel T.N., Kulakov K. Yu. Innovative technologies implementation to the investment and construction industry: problems and determining factors. *E-Management*. 2022;5(1):4-13. <https://doi.org/10.26425/2658-3445-2022-5-1-4-13>. (In Russ.). EDN: SPXUXG.
8. Guevara Rada L.T., Peshkov V.V., Mart'yanov V.I., Radionova E.A., Buzheeva F.G., Saibatalova E.V. Building information modelling (BIM) technology as a basis for lean construction. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2022;12(1):70-81. EDN: TDEUOH. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-1-70-81>.
9. Dmitriev A.N., Vladimirova I.L. Information modeling technologies in the management of construction projects in Russia. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo = Industrial and civil engineering*. 2019;10:48-59. (In Russ.). EDN: FXXZAA. <https://doi.org/10.33622/0869-7019.2019.10.48-59>.
10. Ilinova V.V., Mitsevich V.D. International experience of using bim technologies in construction. *Rossiiskii vneshneekonomicheskii vestnik = Russian foreign economic journal*. 2021;6:79-93. (In Russ.). EDN: XWHWUJ. <https://doi.org/10.24412/2072-8042-2021-6-79-93>.
11. Kolchin V.N. Application of BIM-technologies in construction and design. *Innovatsii i investitsii = Innovations and investments*. 2019;2:209-214. (In Russ.). EDN: NJLLFO.
12. Kravchenko T.V. BIM-technologies in the management of construction projects. *Molodoi uchenyi = Young scientist*. 2019;3:176-179. (In Russ.).
13. Kryukov K.M., Kuleshov A.A. Simulation of the design activity diversification of innovative enterprise. *Inzhenernyi vestnik Dona = Engineering Bulletin of the Don*. 2020;9:122-132. (In Russ.). EDN: UGDMUR.
14. Peshkov V.V., Aleksanin I.A. Management and engineering solutions at the overhaul stage in the life cycle of constructing facilities using their digital models. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2022;12(2):196-205. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-196-205>. EDN: IFZYVX.
15. Rybakov D.A., Astafyeva N.S. Analysis of the effectiveness of construction and investment projects taking into account the use of BIM technologies. *Innovatsii. Nauka. Obrazovanie*. 2021;33:1565-1570. EDN: STQVLP.
16. Sidorova E.A. Improvement of organizational methods for managing reconstruction using information modeling technology. *E-SCIO*. 2019;4(31). C. 43-47. EDN: JNBNYM.
17. Utkina V.N., Gryaznov S.U., Babushkina D.R. Problems and prospects of implementation of information modeling technology in the construction field of Russia: problems and prospects of implementation. *Osnovy ekonomiki, upravleniya i prava = Economy, governance and law basis*. 2019;1(19):57-61. https://doi.org/10.51608/23058641_2019_1_57. EDN: YPHGPG.
18. Dmitriev A.N., Vladimirova I.L., Kallaur G.Yu., Tsygankova A.A. Approaches to classifying building innovations while implementing information modeling and project management. *Journal of Engineering Science and Technology Review*. 2019;12(2):143-151. EDN: OSVLUR. <https://doi.org/10.25103/jestr.122.20>.
19. Eastman Ch., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. New York : JohnWiley and Sons; 2011. 640 p.
20. Marzouk, M., Elmaraghy, A., and Voordijk, H. Lean Deconstruction Approach for Buildings Demolition Processes using BIM. *Lean Construction Journal*. 2019:147-173.
21. Tokarsky A., Topchiy D. The concept of quality control of the organization of construction processes during construction supervision through the use of information technology. In: *Sustainable Development of Industrial Region: Ural Environmental Science Forum (UESF-2021). E3S Web of Conferences*. Chelyabinsk, 17-19 February 2021. 2021. Iss. 258 (59). p. 09028. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125809028>. EDN: KHTYBD
22. Rinke N., von Gösseln I., Kochkine V., Schweitzer J., Berkhahn V., Berner F. Simulating quality assurance and efficiency analysis between construction management and engineering geodesy. *Automation in Construction*. 2017;76:24-35. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.01.009>.
23. Battikha M.G. Quality management practice in highway construction. *International Journal of Quality and Reliability Management*. 2003;20:532-550. <https://doi.org/10.1108/02656710310476516>.
24. Ginzburg A.V., Shilova L.A., Shilov L.A. Modern standards of informational modeling in construction. *Nauchnoe obozrenie*. 2017;9:16-20. (In Russ.). EDN: ZGIVIV.
25. Topchiy D., Bolotova A. Systematization of Factors Affecting the Organizational Processes in the Conversion of Buildings. In: *Mip Engineering-2019: Advanced Technologies. International Scientific*

Workshop. Krasnoyarsk: Institute of Physics Publ. 2020. Vol. 537. p. 32-42. EDN: CZKEIJ.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/753/3/032042>.
26. Pelmeneva E.I., Litvinova O.V. Key aspects of the regulatory control of information modeling technology in Russia. *Molodezhnyi vestnik IRGTU = ISTU bulletin of youth*. 2021;11(2):131-137. EDN MNJRQV.
27. Sinenko S., Poznakhirko T., Tomov A. Digital transformation of the organization of construction production. In: *Ural Environmental Science Forum "Sustainable Development of Industrial Region: E3S Web of Conferences (UESF-2021)*. 17-19 February 2021, Chelyabinsk. 2021. Vol. 258. EDP Sciences; 2021. EDN: MXSZMW.

<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125809020>.
28. Sinenko S.A. Selection of Organizational and Technological Solutions for Construction. In: *Earth Science: International science and technology conference*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 459. P. 052043.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/459/5/052043>.
29. Sinenko S.A., Poznakhirko T.Y. On the Description of a Universal Model of Project System. In: *Earth Science International science and technology conference // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 459. P. 052051.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/459/5/052051>.

Информация об авторах

Торохова Ксения Евгеньевна,
аспирант,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова 83,
e-mail: k.torokhova@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0070-3825>

Матвеева Мария Витальевна,
д.э.н., профессор,
профессор кафедры экспертизы и управления
недвижимостью,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова 83,
e-mail: expertiza@istu.edu
<https://orcid.org/0000-0002-9390-5444>

Information about the authors

Ksenia E. Torokhova,
Postgraduate,
Irkutsk National Research
Technical University,
83 Lermontova St., 664074 Irkutsk, Russia,
e-mail: k.torokhova@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0070-3825>

Maria V. Matveeva,
Dr. Sci. (Econ.), Professor,
Professor of the Department
of Real Estate Expertise and Management,
Irkutsk National Research
Technical University,
83 Lermontova St., 664074 Irkutsk, Russia,
e-mail: expertiza@istu.edu
<https://orcid.org/0000-0002-9390-5444>

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 12.01.23
Одобрена после рецензирования 30.01.23
Принята к публикации 01.02.23

Information about the article

The article was submitted 12.01.23.
Approved after reviewing 30.01.23.
Accepted for publication 01.02.23.