

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА. ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ / RESEARCH PAPER

УДК 338

DOI: 10.22227/1997-0935.2023.12.2004-2014

Активизация внедрения технологий информационного моделирования в российской строительной отрасли

Инеcса Галеeвна Лукманова¹, Евгений Владимирович Ухалкин²

¹ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); г. Москва, Россия;

² Казенное предприятие города Москвы «Управление гражданского строительства» (КП УГС); г. Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В российской строительной отрасли переход на технологии информационного моделирования (ТИМ) определен государством в качестве приоритетной задачи. Официально переход на ТИМ планировался в России в 2014 г., когда был принят «План поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства», который до сих пор находится на начальной стадии выполнения из-за существующих барьеров: недостаточно проработанной нормативно-законодательной базы; дефицита ТИМ-специалистов; высокой стоимости программного обеспечения (ПО), в основном зарубежного; отсутствия апробированных методов экономического обоснования целесообразности применения ТИМ. Проведен анализ мирового опыта стран, успешно внедривших ТИМ в производство, выявлены основные причины недопустимо низких темпов использования ТИМ в строительной отрасли. Предложены алгоритм активизации внедрения ТИМ в строительство, алгоритм действий по выбору ПО и методика расчета ожидаемого экономического эффекта от использования ТИМ при реализации инвестиционно-строительных проектов (ИСП). Приведены конечные результаты апробирования на практике разработанного методического инструментария.

Материалы и методы. В основе исследования лежат системный, процессный и ситуационный подходы, методы сравнительного и факторного анализа результатов зарубежного и отечественного опыта, а также методы экономико-математического и графического моделирования. Этот методический набор позволил оценить влияние факторного пространства на процессы применения ТИМ на этапах жизненного цикла ИСП и предложить алгоритм действий по активизации внедрения ТИМ в отечественной строительной отрасли.

Результаты. Проведенный анализ итогов применения ТИМ в России и развитых зарубежных странах позволил установить отставание и выявить его основные причины, а также наметить пути их устранения.

Выводы. Предложенные алгоритмы, экономико-математическая модель расчета ожидаемого экономического эффекта дадут возможность российским строительным компаниям обоснованно подойти к процессу внедрения ТИМ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: технологии информационного моделирования (ТИМ), инвестиционно-строительный проект (ИСП), взаимодействие участников проекта, принятие управленческих решений, алгоритм выбора вариантов программного обеспечения, уровни зрелости ТИМ, показатели эффективности внедрения ТИМ, методика расчета ожидаемого эффекта

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Лукманова И.Г., Ухалкин Е.В. Активизация внедрения технологий информационного моделирования в российской строительной отрасли // Вестник МГСУ. 2023. Т. 18. Вып. 12. С. 2004–2014. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.12.2004-2014

Автор, ответственный за переписку: Евгений Владимирович Ухалкин, ukhalkin@yandex.ru.

Activation of implementation of information modelling technologies in the Russian construction industry

Inessa G. Lukmanova¹, Evgeny V. Ukhalkin²

¹ Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU); Moscow, Russian Federation;

² State Enterprise of the city of Moscow “Civil Engineering Department”; Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. In the Russian construction industry, the transition to information modelling technologies (BIM) is defined by the government as a priority task. Officially, the transition to BIM was planned in Russia in 2014, when the “Plan of phased

introduction of information modelling technologies in the field of industrial and civil construction" was adopted, which is still, unfortunately, at the initial stage of implementation due to the following barriers: insufficiently developed regulatory and legal framework; shortage of BIM specialists; high cost of software (mostly foreign), as well as the lack of tested methods of economic justification of the feasibility of the application of BIM. The article analyzes the world experience of the countries, which have successfully implemented BIM in production, and reveals the main reasons for the unacceptably low rates of BIM usage in the construction industry. The authors of the article offer the algorithm of activation of introduction of BIM in construction, algorithm of actions for software choosing and a technique for calculation of the expected economic effect of the use of information modelling technologies in investment and building projects realization. The final results of testing in practice the developed methodological tools are given.

Materials and methods. The research is based on system, process and situational approaches, methods of comparative and factor analysis of the results of foreign and domestic experience, as well as methods of economic-mathematical and graphic modelling. This methodological set allowed assessing the influence of factor space on the processes of applying BIM at the stages of the life cycle of ICP and to propose an algorithm of actions to intensify the implementation of BIM in the domestic construction industry.

Results. The analysis of the results and outcomes of the use of BIM in Russia and in developed foreign countries, carried out by the authors, made it possible to establish the lag and identify its main causes, as well as outline ways to eliminate them.

Conclusions. The proposed algorithms, economic and mathematical model for calculating the expected economic effect will enable Russian construction companies to reasonably approach the process of introducing BIM in the implementation of investment and construction projects.

KEYWORDS: Building Information Modelling (BIM), investment and construction project (ICP), interaction of project participants, management decision-making, software options selection algorithm, BIM maturity levels, BIM implementation efficiency indicators, methodology for calculating the expected effect

FOR CITATION: Lukmanova I.G., Ukhalkin E.V. Activation of implementation of information modelling technologies in the Russian construction industry. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2023; 18(12):2004-2014. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.12.2004-2014 (rus.).

Corresponding author: Evgeny V. Ukhalkin, ukhalkin@yandex.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Ввиду активного формирования в глобальном информационном пространстве нового цифрового экономического уклада, мировая строительная отрасль переживает комплексную цифровую трансформацию. Такие кардинальные перемены в строительной отрасли связаны с тем, что объекты строительства стали более технологичными, возросла сложность бизнес-процессов в условиях сокращения нормативных сроков реализации инвестиционно-строительных проектов (ИСП) [1]. В результате этих требований наблюдается дефицит времени для получения и обработки необходимой информации с целью своевременного принятия рациональных управленческих решений. Наряду с этим современные ИСП из-за их технологической сложности стали информационно более насыщенными и этот фактор стремительно снижает эффективность традиционных методов управления на стадиях проектирования и реализации объекта строительства.

На фоне происходящих перемен еще сильнее проявляются недостатки традиционных методов проектирования, существующих долгие годы, а именно:

- выпуск проектной документации несоответствующего качества;
- неувязки смежных разделов проектной документации вследствие недостаточного уровня взаимодействия между проектировщиками;
- несвоевременность и низкая результативность процессов внесения изменений в архитектурно-планировочные и конструктивные решения проектной документации;

- низкий уровень автоматизации процессов разработки проектно-сметной документации (ПСД);

- множество запросов на недостающую информацию по проекту от подрядных организаций, что является следствием отсутствия своевременной оперативной связи с источником информации — разработчиками проектной документации;

- устаревшие технологии производства, отсутствие интеграции новых и существующих методов обработки данных;

- низкая производительность труда и большие административно-накладные расходы на стадиях проектирования и строительства.

В настоящее время для устранения вышеперечисленных недостатков в строительной отрасли России на смену низко эффективным в современных реалиях традиционным методам проектирования с передачей проектной документации подрядчику в бумажном виде на строительную площадку приходят инновационные способы реализации ИСП с применением технологий информационного моделирования (ТИМ)¹. Переход мировой строительной отрасли на использование ТИМ стал закономерной реакцией на необходимость обработки большого объема информации об объекте строительства, а также последующей корректировки данных и своевременного внесения изменений в процессы проектирования и строительства объекта.

¹ Building Information Modeling Project Execution Planning Guide. The Computer Integrated Construction Research Group. The Pennsylvania State University, 2010. 134 p.

Такой переход стал возможен в результате появления специализированного программного обеспечения (ПО), способного создать цифровую информационную модель (ЦИМ) ИСП, отражающую прямые и обратные связи всех участников проекта и наполненную большим объемом всей необходимой информации. Данная информация используется в течение всего жизненного цикла (ЖЦ) ИСП [2]. По своей сути ТИМ — это новый способ управления инвестиционно-строительным проектом на базе его ЦИМ.

По сравнению с традиционным подходом ТИМ обладает ощутимыми преимуществами, с помощью которых можно эффективно решить большой спектр задач в процессе реализации ИСП [3].

На данный момент преимущества ТИМ объясняют их масштабное внедрение в мировую строительную отрасль и в значительной степени в практику управления ИСП. Применение технологий повышает качество ПСД, обеспечивает своевременный информационный обмен, ускоряет взаимодействие между участниками ИСП и повышает результативность управленческих решений, что в целом снижает затраты на этапе строительства [4].

Несмотря на активный переход мировой строительной отрасли на ТИМ, в нашей стране существует множество причин, тормозящих внедрение технологий информационного моделирования. Среди основных факторов эксперты называют, прежде всего, отсутствие системной, четко выстроенной стратегии; дефицит высококвалифицированных специалистов; устаревшие методы проектирования и производства; дорогостоящие программные продукты; недостаточное финансирование. Одним из ключевых факторов, замедляющим переход на ТИМ, является отсутствие у пользователей понимания экономической целесообразности перехода ввиду сложности и невозможности подсчета экономического эффекта в краткосрочном периоде планирования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для того чтобы наметить рациональные пути устранения выявленных факторов, сдерживающих внедрение ТИМ, следует оценить существующее состояние, провести сравнительный анализ результатов с другими продвинутыми в этом аспекте странами и разработать необходимый методический инструментарий, адаптированный к российским условиям, на основе использования системного, процессного и ситуационного подходов, чтобы учесть взаимодействие всех участников; реализацию реинжиниринга бизнес-процессов и конкретные условия функционирования отечественной строительной отрасли.

Цифровая трансформация строительной отрасли в развитых странах началась достаточно давно.

Так, например, в США в 2003 г. была сформулирована национальная программа 3D-4D-BIM Program, в соответствии с которой использование ТИМ стало обязательным для объектов строительства общественных зданий².

Мировыми лидерами по уровню внедрения ТИМ в строительной отрасли являются Великобритания, США, страны ЕС и Сингапур. Эти страны достигли значительных успехов как по доле компаний, применяющих ТИМ в своей деятельности, так и по получаемому эффекту от использования данных технологий³ [5, 6]. Также в указанных странах оказывается существенная поддержка строительной отрасли со стороны государства в части внедрения ТИМ: разработаны дорожные карты перехода инвестиционно-строительной деятельности на технологии информационного моделирования и оказывается дополнительная поддержка при ведении строительства с использованием информационного моделирования [7].

В табл. 1 представлены значения показателей эффективности использования технологий информационного моделирования в ИСП стран — лидеров по внедрению информационных технологий [8, 9].

Технологии информационного моделирования не новы для России. В отечественной практике в последние 10–15 лет они уже использовались ранее в частном порядке отдельными компаниями строительной отрасли. До принятия государством программных решений о переходе на ТИМ они применялись при строительстве технологически сложных объектов в нефтегазовой отрасли, атомной энергетике и т.д., в меньшей степени — в области гражданского строительства коммерческими застройщиками.

Знаковым событием в конце 2021 г. стало утверждение Правительством РФ дорожной карты по использованию и внедрению технологий информационного моделирования в строительной отрасли. Ожидалось, что ТИМ будут способствовать своевременному принятию управленческих решений, улучшению качества строительной продукции и сокращению сроков реализации ИСП, что в конечном счете обеспечит их эффективность. В табл. 2, разработанной авторами на основании данных Минстроя РФ, приведены значения ожидаемых результатов показателей эффективности от внедрения ТИМ в России.

² Оценка применения BIM-технологий в строительстве. Результаты исследования эффективности применения BIM-технологий в инвестиционно-строительных проектах российских компаний : отчет. М., 2016. 47 с.

³ BIM Project Execution Planning Guide — Version 2.2. Computer Integration Construction Research Program is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License, except where otherwise noted. The Pennsylvania State University, 2019.

Табл. 1. Показатели эффективности от применения ТИМ за рубежом

Table 1. Performance indicators from the use of BIM abroad

Показатели эффективности Performance indicators	Значения показателей / Indicator values			
	Страны ЕС EU countries	Великобритания Great Britain	США The USA	Сингапур Singapore
Сокращение срока реализации ИСП, % Reduction of the ICP implementation timeframe, %	19	10–12	50	32
Сокращение ошибок в ПСД, % Reduction of errors in the DED, %	41	60	77	70
Сокращение сроков увязки и согласования ПСД, % Reduction of the time required for coordination and approval of the DED, %	35	50	71	60
Сокращение затрат на СМР, % Reduction of CIW costs, %	23	20	50	34

Табл. 2. Значения ожидаемых показателей эффективности от внедрения ТИМ в РФ

Table 2. Values of the expected performance indicators from the introduction of BIM in the Russian Federation

Показатели эффективности Performance indicators	Ожидаемые результаты Expected results
Сокращение сроков разработки ПСД Reduced timeframe for the development of the DED	на 20–50 % / by 20–50 %
Сокращение ошибок и неувязок в ПСД Reduction of errors and inconsistencies in the DED	до 40 % / up to 40 %
Сокращение сроков выполнения СМР / Reduced time to complete CIW	на 10 % / by 10 %
Сокращение срока реализации ИСП / Reduced ICP implementation time	до 50 % / up to 50 %
Сокращение сроков увязки и согласования ПСД Reduced timelines for linking and agreeing the DED	до 90 % / up to 90 %
Снижение неточностей планирования бюджета Reduction of budget planning inaccuracies	в 4 раза / 4 times
Сокращение затрат на СМР / Reduction of CIW costs	до 30 % / up to 30 %

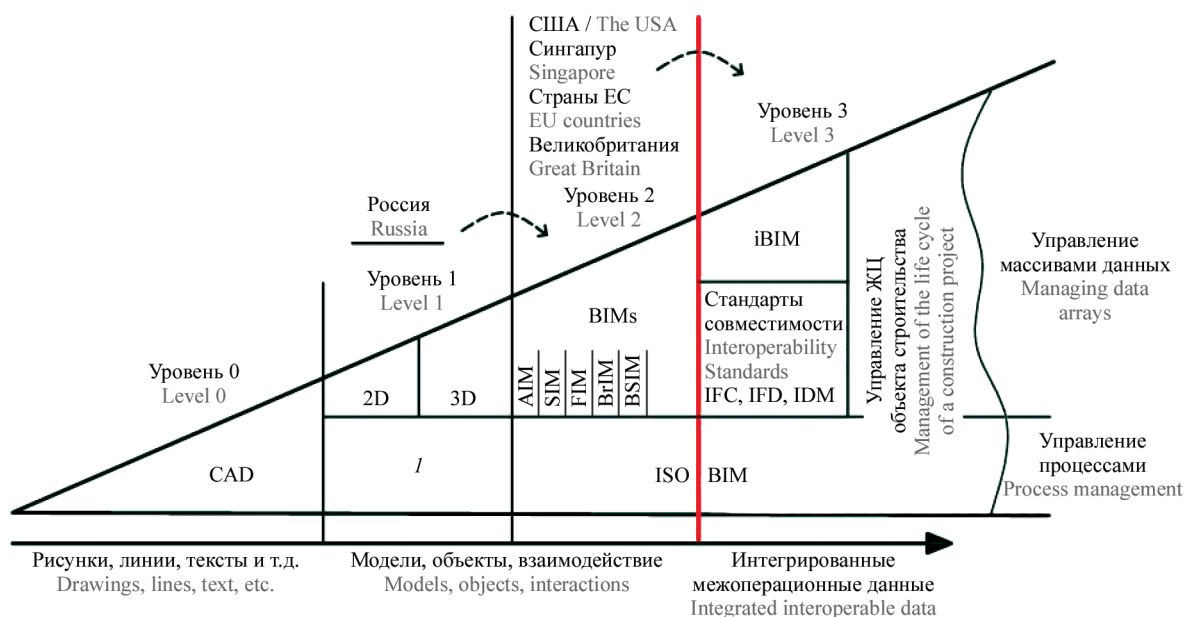
В апреле 2020 г. компания PwC в России представила результаты исследования «PropTech в России: обзор практики применения ТИМ и инновационных решений в области проектирования». В представленном обзоре указано, что только 5–7 % компаний инвестиционно-строительной сферы России используют ТИМ (в основном в крупных городах). По состоянию на 2021 г. это значение увеличилось до 12 %. Для сравнения, в Великобритании в 2019 г. уровень использования ТИМ компаниями в инвестиционно-строительной сфере составил 73 % (в 2011 г. это значение составляло около 10 %), в странах ЕС — 65 %, в США — 78 %, Сингапуре — 80 %.

На рис. 1 представлена диаграмма Бью-Ричардса, которая описывает так называемые «уровни зрелости ТИМ». Согласно этой диаграмме, Россия в настоящее время осуществляет переход с первого на второй уровень. В то же время США, Сингапур, страны ЕС и Великобритания уже находятся на втором уровне и переходят на третий [10–12].

Несмотря на правительственные документы и созданные условия [13–15], достигнуть перехода строительной отрасли России на использование ТИМ не удастся.

Стоит отметить, что по состоянию на конец 2022 г. ни одна компания инвестиционно-строительной отрасли РФ не представила в систематизированном виде информацию об экономическом эффекте применения ТИМ. Оценка масштабов внедрения ТИМ в настоящее время является также проблематичной [14, 16]. Нет точной информации, насколько широко используются возможности ТИМ — только для создания геометрической трехмерной модели или выполняется более полное насыщение информационной модели проектными данными.

К сожалению, существующие методики расчета экономического эффекта в строительстве не учитывают специфику отрасли и не адаптированы к условиям применения ТИМ. Сказывается влияние частично указанных выше и других причин. До сих пор отсутствует единая системная страте-



I — государственные и отраслевые стандарты проектирования / Government and industry design standards
 IFD — международный корпоративный словарь / International Framework for Dictionaries
 IDM — инструкция по передаче информации / Information Delivery Manual
 iBIM — интегральный BIM / Integrated Building Information Modelling
 AIM — архитектурная информационная модель / Architectural Information Model
 SIM — конструктивная информационная модель / System Information Modelling
 FIM — информационная модель оборудования / Fabrication Information Modelling
 BSIM — информационная модель инженерных сетей / Berkeley Short-channel IGFET Model
 BrIM — информационная модель дорог / Road Information Modelling

Рис. 1. Диаграмма Бью-Ричардса, описывающая уровни зрелости ТИМ

Fig. 1. The Bew-Richards diagram describing the levels of maturity of BIM

гия развития внедрения ТИМ в производственные отрасли, в которой должны найти свое место все имеющиеся нормативные правительственные документы с указанием конкретных тактических планов, мероприятий, действий, ответственных лиц, источников и размеров финансирования.

Требуется незамедлительно организовать подготовку высококвалифицированных сотрудников, способных не только качественно применять имеющееся ПО, но разрабатывать отечественное с учетом особенностей российской строительной отрасли. Это программное обеспечение должно увязывать новые и действующие технологии производства и проектирования на основе реинжиниринга бизнес-процессов.

Необходимо предусмотреть на переходном этапе финансирование, учитывая большие первоначальные затраты на запуск этого серьезного процесса. Как отмечают эксперты, не все предприятия и даже крупные компании имеют на это достаточно средств.

В России, как показывает опыт, стоимость проектирования с применением ТИМ дороже в среднем на 18–20 % по сравнению с традиционным проектированием. При этом нет стопроцентной гарантии, что эти затраты окупятся в рамках одного-двух проектов. В условиях сложившейся на сегодняшний

день нестабильной экономической ситуации многие компании инвестиционно-строительной сферы считают, что окупить вложения в ТИМ и получить положительный экономический эффект от их применения в краткосрочный период сложно ввиду наличия больших рисков.

Таким образом, существует острая необходимость в соответствующем методическом пособии, которое позволит пользователям и разработчикам ТИМ экономически обосновать целесообразность внедрения технологий информационного моделирования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сегодня актуальными задачами для ускорения внедрения ТИМ в строительной отрасли РФ являются разработка общего алгоритма действий по активизации внедрения ТИМ, методики выбора варианта ПО и метода расчета ожидаемого экономического эффекта на основе показателей эффективности применения технологии информационного моделирования на всех этапах ЖЦ ИСП.

Решение поставленных задач предполагается реализовать в соответствии с разработанным алгоритмом действий по активизации внедрения ТИМ в строительной отрасли РФ (рис. 2).

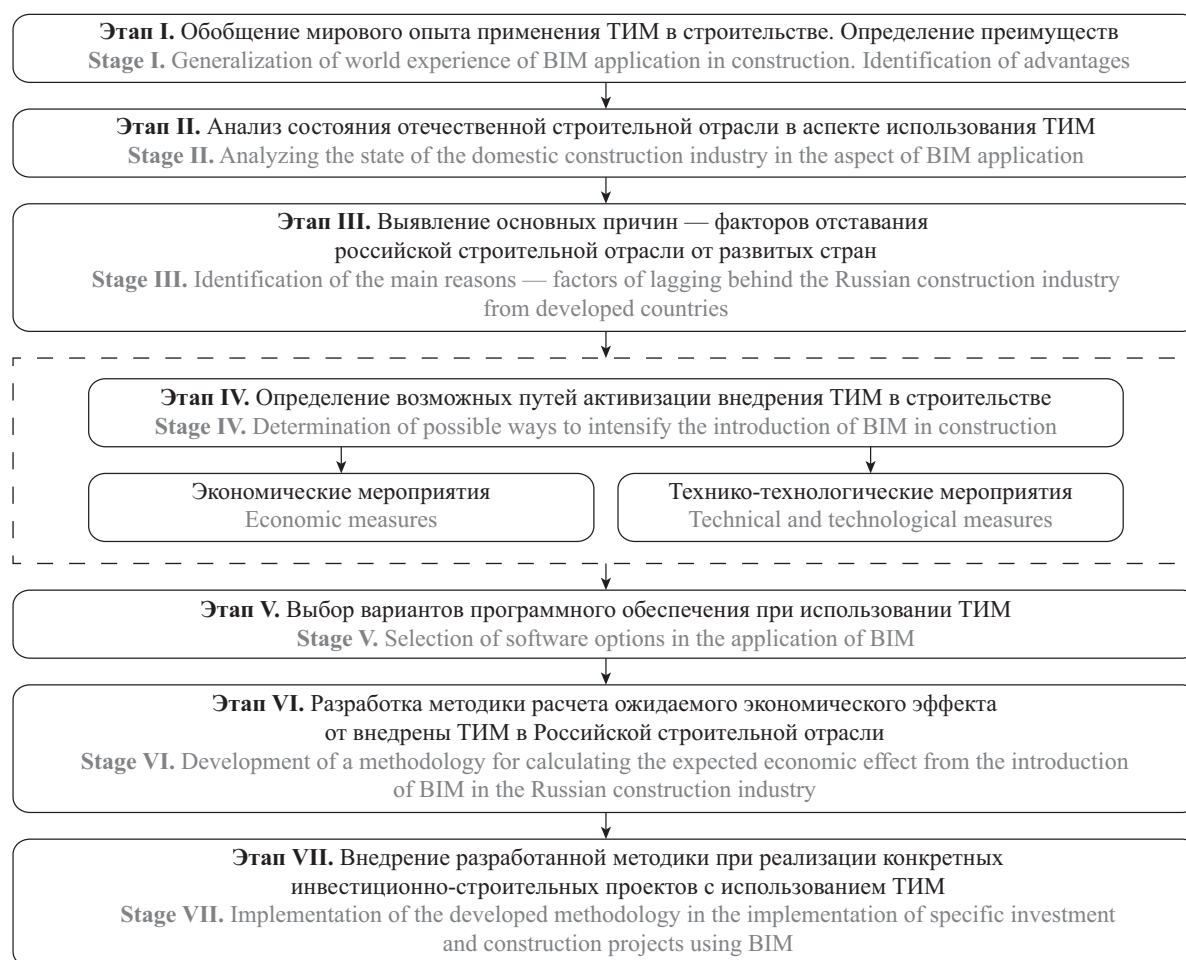


Рис. 2. Алгоритм действий по активизации внедрения ТИМ в строительной отрасли РФ

Fig. 2. Algorithm of actions to intensify the implementation of BIM in the construction industry of the Russian Federation

Выполнение этапов I–V предложенного алгоритма описано в данной статье в разделах «Введение» и «Материалы и методы». Для реализации этапов VI, VII разработаны соответствующие алгоритмы и экономико-математическая модель. На рис. 3 предлагается алгоритм действий по разработке отечественной методики расчета эффективности от использования ТИМ в ИСП.

Согласно представленному алгоритму на этапе I рассматриваются различные имеющиеся на сегодняшний день методики оценки эффективности внедрения ТИМ в ИСП на различных этапах ЖЦ проекта.

Для разработки конкретной методики оценки на этапе II необходимо определить требования к методам расчета с учетом специфики строительной отрасли. После чего выявляется возможность адаптации выбранных методов к специфике российской строительной отрасли (этап III) с учетом текущего уровня применения ТИМ в России. Основным нормативным документом, действующим в РФ в области ТИМ, является СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели

объектов на различных стадиях жизненного цикла», поэтому при определении требований к методам расчета и выявлении возможности адаптации к выбранным методам следует руководствоваться этим нормативным документом.

Для расчета ожидаемого экономического эффекта и выбора соответствующего ПО на IV этапе следует предложить набор частных показателей, количественно оценивающих уровень различных экономических характеристик, а также позволяющих оценить в комплексе эффективность применения ТИМ при реализации ИСП. На основе анализа опытных данных по результативности ТИМ авторы предлагают проводить оценку с помощью следующих показателей:

ΔS — снижение сметной стоимости ИСП;
 ΔT — сокращение времени реализации ИСП;
 Δm — сокращение затрат на материалы и исправление дефектов;
 ΔZ_0 — дополнительные затраты на применение ТИМ.

На основании полученных значений расчетных критериальных показателей эффективности производится оценка и выбор вариантов программного

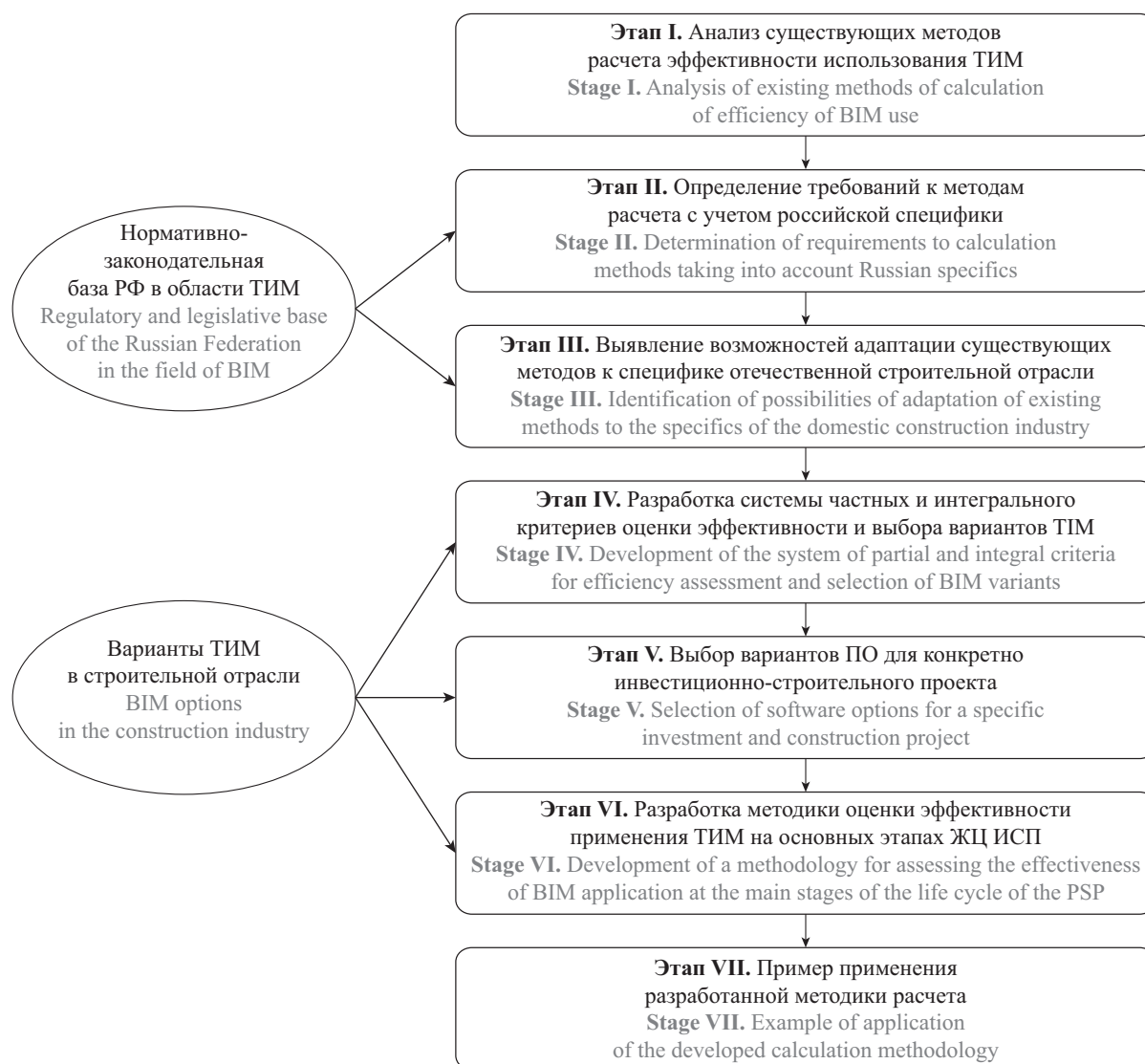


Рис. 3. Алгоритм действий по разработке отечественной методики расчета эффективности использования ТИМ в ИСП

Fig. 3. Algorithm of actions to develop a domestic methodology for calculating the effectiveness of the use of BIM in ICP

обеспечения (этап V) для каждого из этапов ЖЦ ИСП. В качестве примера на рис. 4 показана модель процесса выбора ПО для этапа проектирования.

На VI этапе предложена методика расчета интегрального показателя эффективности применения ТИМ при реализации ИСП (Э).

Зависимость интегрального показателя эффективности внедрения ТИМ при реализации ИСП от частных критериальных показателей можно представить в виде функции:

$$\mathcal{E} = f(\Delta S, \Delta T, \Delta m, \Delta Z_0).$$

Расчет экономического эффекта от использования ТИМ в ИСП предлагается производить по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ИСП}} = \mathcal{E}_{\Delta S} + \mathcal{E}_{\Delta T} + \mathcal{E}_{\Delta m} - \Delta Z_0,$$

где $\mathcal{E}_{\Delta S}$ — снижение стоимости строительства за счет сокращения прямых затрат; $\mathcal{E}_{\Delta T}$ — сокращение затрат на условно-переменную часть накладных

расходов в результате сокращения сроков реализации ИСП; $\mathcal{E}_{\Delta m}$ — сокращение затрат на корректировку проектной документации, более точный подсчет количества материалов без излишних запасов, а также сокращение затрат на переделки в процессе выполнения строительно-монтажных работ $\mathcal{E}_{\Delta m} = f(\Delta Z_{\text{пр}}; \Delta Z_m; \Delta Z_d); \Delta Z_0$ — дополнительные затраты связанные с внедрением ТИМ.

На заключительном VII этапе предлагается применить разработанную методику для оценки эффективности использования ТИМ в конкретных ИСП, реализуемых при помощи информационных технологий.

Предложенная методика расчета ожидаемого экономического эффекта была апробирована на примере строительства дошкольного образовательного учреждения (ДОУ) в г. Москве. Были произведены расчеты экономического эффекта до и после использования ТИМ. Результаты проведенных расчетов представлены в табл. 3.

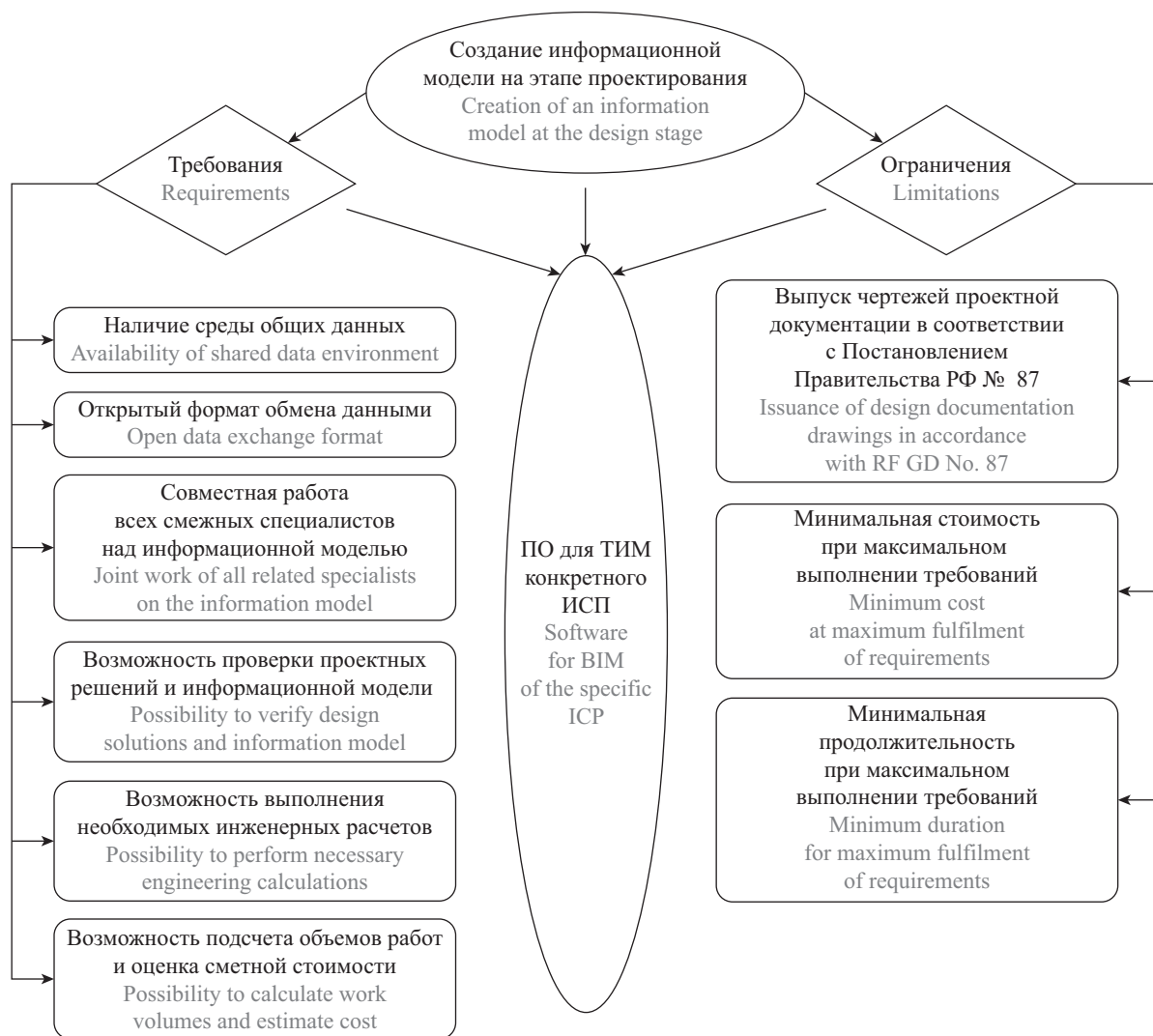


Рис. 4. Модель процесса выбора программного обеспечения для этапа проектирования

Fig. 4. Model of the software selection process for the design phase

Табл. 3. Расчетные значения экономического эффекта применения ТИМ в ИСП строительства ДОУ на 300 мест

Table 3. Calculated values of the economic effect of the application of BIM in the ICP of the construction of preschool for 300 children

Экономический эффект Economic effect	Расчетные значения, тыс. руб. Estimated values, thousand rubles	Показатели, % Indicators, %
Сокращение затрат на условно-переменную часть накладных расходов Reduction of costs for the conditionally variable part of overheads	7066,24	10
Сокращение прямых затрат на строительство Reduction of direct construction costs	30 149,28	7,9
Суммарное сокращение затрат на СМР Total reduction in CIW costs	37 215,52	6,3
Сокращение затрат на реализацию ИСП Reduction of ICP implementation costs	34 246,61	5,8

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ существующего состояния строительной отрасли в аспекте применения технологий информационного моделирования в сравнении с опытом зарубежных стран показал серьезное отставание.

Экспертно-аналитическая оценка позволила выявить основные факторы, препятствующие активному внедрению ТИМ в строительную отрасль России, а именно:

- отсутствие системной стратегии, учитывающей специфику и особенности отрасли;
- дефицит высококвалифицированных специалистов;
- низкий уровень компетенций и подготовки кадров;
- дорогостоящее программное обеспечение, преимущественно импортное;
- отсутствие интеграции новых технологий производства и проектирования с действующими;

- применение устаревших технологий;
- несвоевременное и неэффективное взаимодействие участников процесса;
- низкий уровень оперативного руководства;
- недостаточное финансирование;
- отсутствие методического инструментария для технико-экономического обоснования применения ТИМ.

В сложившейся в нашей стране непростой экономической обстановке последний фактор приобретает приоритетный характер. Предложенный авторами методический подход и методические разработки дают возможность пользователям и разработчикам экономически обосновать выбор ПО, а также необходимость и возможность применения ТИМ. Практическое использование предложенных алгоритмов и экономико-математической модели позволяет строительным компаниям рассчитать ожидаемый эффект с учетом всех расходов и принять обоснованные решения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Горохова Т.В.* Обоснование необходимости использования BIM-технологий с целью повышения эффективности строительных процессов. СПб.: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2020. 12 с.
2. *Ho P., Matta C.* Building better: GSA's National 3D-4D-BIM Program // *Design Management Review*. 2009. Vol. 20. Issue 1. Pp. 39–44. DOI: 10.1111/j.1948-7169.2009.tb00223.x
3. *Ильинова В.В., Мицевич В.Д.* Международный опыт использования BIM-технологий в строительстве // *Российский внешнеэкономический вестник*. 2021. № 6. С. 79–93. DOI: 10.24412/2072-8042-2021-6-79-93. EDN XWHWUJ.
4. *Kreider R.G., Messner J.I.* The uses of BIM. Classifying and selecting BIM uses version 0.9 Penn State. Computer Integrated Construction. 2013. 23 p.
5. *Ayinla K.O., Adamu Z.* Bridging the digital divide gap in BIM technology adoption // *Engineering, Construction and Architectural Management*. 2018. Vol. 25. Issue 10. Pp. 1398–1416. DOI: 10.1108/ecam-05-2017-0091
6. *Бачурина С.С., Голосова Т.С.* Этапы эффективного внедрения BIM в проектной компании // *Современные проблемы управления проектами в инвестиционно-строительной сфере и природопользовании*: мат. VI Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 20-летию кафедры управления проектами и программами. 2016. С. 104–109. EDN YGQRVP.
7. *Мурашова О.В.* Тенденции и проблемы внедрения информационных технологий в инвестиционно-строительной сфере // *Недвижимость:*

экономика, управление. 2016. № 3. С. 62–66. EDN XRVKVM.

8. *Добрынин А.П., Черных К.Ю., Куприяновский В.П., Куприяновский П.В., Синягов С.А.* Цифровая экономика — различные пути к эффективному применению технологий (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart City, BIG DATA и другие) // *International Journal of Open Information Technologies*. 2016. Т. 4. № 1. С. 4–11. EDN VKBTQH.

9. *O'Connell K.* Will Russia become the north star of BIM technology? // *Cycle of author's publications*. 2016.

10. *Eastman C., Teicholz P., Liston K., Sacks R.* BIM handbook: A Guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. 2nd Ed. Wiley & Sons, Inc., 2011. 624 p.

11. *Braila N., Panchenko N., Kankhva V.* Building information modeling for existing sustainable buildings // *E3S Web of Conferences*. 2021. Vol. 244. P. 05024. DOI: 10.1051/e3sconf/202124405024

12. *Таланов В.В.* Основы BIM. Введение в информационное моделирование зданий: учебное пособие. М.: ДМК Пресс, 2011. 391 с.

13. *Сизенко С.А., Кузьмина Т.К.* Современные информационные технологии в работе службы заказчика (технического заказчика) // *Научное обозрение*. 2015. № 18. С. 156–159. EDN UWONWN.

14. *Cao D., Li H., Wang G.* Impacts of building information modeling (BIM) implementation on design and construction performance: a resource dependence theory perspective // *Frontiers of Engineering Management*. 2017. Vol. 4. Issue 1. P. 20. DOI: 10.15302/J-FEM-2017010

15. Kankhva V.S., Andryunina Ya.A., Belyaeva S.V., Sonin Ya.L. Construction in the digital economy: prospects and areas of transformation // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 244. P. 05008. DOI: 10.1051/e3sconf/202124405008

16. Вербицкий В.А. Анализ программных комплексов и опыта внедрения BIM-технологий // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9. № 2. С. 14–28. DOI: 10.12731/2227-930X-2019-1-14-28. EDN LKKGGU.

Поступила в редакцию 23 мая 2023 г.

Принята в доработанном виде 1 сентября 2023 г.

Одобрена для публикации 10 сентября 2023 г.

ОБ АВТОРАХ: **Инеcса Галеевна Лукманова** — доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры экономики и управления в строительстве; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; РИНЦ ID: 352474, ORCID: 0000-0002-2631-3780; luklmanova@mgsu.ru;

Евгений Владимирович Ухалкин — начальник инженерно-технического отдела комплекса градостроительной политики и строительства г. Москвы; **Казенное предприятие города Москвы «Управление гражданского строительства» (КП УГС)**; 127473, г. Москва, ул. Краснопролетарская, д. 16, стр. 2; ukhalkin@yandex.ru.

Вклад авторов:

Лукманова И.Г. — научное руководство, концепция исследования нормативной базы, нормативно-методическое обеспечение, методические решения в сфере оценки бюджетных возможностей, написание текста статьи, итоговые выводы.

Ухалкин Е.В. — предоставление фактического материала, анализ статистики.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

REFERENCES

1. Gorokhova T.V. *Justification of the need to use BIM technologies in order to increase the efficiency of construction processes*. St. Petersburg State Economic University, 2020; 12. (rus.).

2. Ho P., Matta C. Building better: GSA's national 3D-4D-BIM program. *Design Management Review*. 2009; 20(1):39-44. DOI: 10.1111/j.1948-7169.2009.tb00223.x

3. Ilinova V.V., Mitsevich V.D. International experience of using BIM technologies in construction. *Russian Foreign Economic Journal*. 2021; 6:79-93. DOI: 10.24412/2072-8042-2021-6-79-93. EDN XWHWUJ. (rus.).

4. Kreider R.G., Messner J.I. *The uses of BIM. Classifying and selecting BIM uses version 0.9 Penn State*. Computer Integrated Construction. 2013; 23.

5. Ayinla K.O., Adamu Z. Bridging the digital divide gap in BIM technology adoption. *Engineering, Construction and Architectural Management*. 2018; 25(10):1398-1416. DOI: 10.1108/ecam-05-2017-0091

6. Bachurina S.S., Golosova T.S. Effective BIM implementation stages in project company. *Modern problems of project management in the investment and construction sector and environmental management : materials of the VI international scientific and practical conference dedicated to the 20th anniversary of the Department of Project and Program Management*. 2016; 104-109. EDN YGQRVP. (rus.).

7. Murashova O.V. The direction of the main attack or the digital world of construction. *Real Estate: Economics, Management*. 2016; 3:62-66. EDN XRVKMV. (rus.).

8. Dobrynin A., Chernykh K., Kupriyanovsky V., Kupriyanovsky P., Sinyagov S. The digital economy — the various ways to the effective use of technology (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart City, Big Data, and others). *International Journal of Open Information Technologies*. 2016; 4(1):4-11. EDN VKBTQH. (rus.).

9. O'Connell K. Will Russia Become the North Star of BIM Technology? *Cycle of author's publications*. 2016.

10. Eastman C., Teicholz P., Liston K., Sacks R. *BIM handbook : A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. 2nd ed. Wiley & Sons, Inc., 2011; 624.

11. Braila N., Panchenko N., Kankhva V. Building information modeling for existing sustainable buildings. *E3S Web of Conferences*. 2021; 244:05024. DOI: 10.1051/e3sconf/202124405024

12. Talapov V.V. *BIM Basics. Introduction to building information modeling : textbook*. Moscow, DMK Press, 2011; 391. (rus.).

13. Sinenko S.A., Kuz'mina T.K. Modern information technology in customer service (technical customer). *Scientific Review*. 2015; 18:156-159. EDN UWONWN. (rus.).

14. Cao D., Li H., Wang G. Impacts of building information modeling (BIM) implementation on design and construction performance: a resource dependence theory perspective. *Frontiers of Engineering Management*. 2017; 4(1):20. DOI: 10.15302/J-FEM-2017010

15. Kankhva V.S., Andryunina Ya.A., Belyaeva S.V., Sonin Ya.L. Construction in the digital econ-

omy: prospects and areas of transformation. *E3S Web of Conferences*. 2021; 244:05008. DOI: 10.1051/e3s-conf/202124405008

16. Verbitsky V.A. Analysis of software systems and experience in implementing BIM-technologies. *International Journal of Advanced Studies*. 2019; 9(2):14-28. DOI: 10.12731/ 2227-930X-2019-1-14-28. EDN LKKGGU. (rus.).

Received May 23, 2023.

Adopted in revised form on September 1, 2023.

Approved for publication on September 10, 2023.

B I O N O T E S: **Inessa G. Lukmanova** — Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of the Department of Economics and Management in Construction; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; ID RSCI: 352474, ORCID: 0000-0002-2631-3780; luklmanova@mgsu.ru;

Evgeny V. Ukhalkin — Head of the Engineering and Technical Department of the Complex of Urban Planning Policy and Construction of the City of Moscow; **State Enterprise of the city of Moscow “Civil Engineering Department”**; build. 2, 16 Krasnoproletarskaya st., Moscow, 127473, Russian Federation; ukhalkin@yandex.ru.

Contribution of the authors:

Inessa G. Lukmanova — scientific guidance, the concept of the study of the regulatory framework, regulatory and methodological support, methodological solutions in the field of assessing budget opportunities, writing the text of the article, final conclusions.

Evgeny V. Ukhalkin — provision of factual material, analysis of statistics.

The authors declare that there is no conflict of interest.