

УДК 338:004.94

**BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) КАК СПОСОБ СНИЖЕНИЯ РИСКОВ УДОРОЖАНИЯ СТОИМОСТИ ПРОЕКТА****Шалина Д.С., Ларионова В.А.***ФГОАУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, e-mail: d.shalina2011@yandex.ru, v.a.larionova@urfu.ru*

В статье поднимается проблема удорожания стоимости инвестиционно-строительных проектов в процессе их реализации. Превышение бюджета проекта является распространенной проблемой капиталоемкой строительной отрасли. Реализация строительного проекта в рамках бюджета без потери его качества представляется основной целью инвестора. Причиной удорожания стоимости проекта являются как внешние, так и внутренние риски. В рамках исследования был осуществлен анализ данных рисков по иерархической структуре RBS. С помощью экспертного опроса была проведена оценка частоты возникновения рисков и тяжести их последствий. Риски удорожания стоимости проекта относятся к поправкам на риск и учитываются при расчете чистого приведенного дохода. Инструментом снижения рисков может служить информационное моделирование объектов строительства, или BIM. Анализ влияния BIM-технологий на основные риски проекта показал, что с помощью данных технологий можно снизить большинство рисков, приводящих к удорожанию стоимости проекта, что, в свою очередь, будет способствовать улучшению показателей экономической эффективности проекта. Результаты исследования подтвердили выдвинутую гипотезу о том, что внедрение BIM-технологий снижает риск удорожания стоимости проекта в процессе строительства.

**Ключевые слова:** BIM, инвестиционно-строительный проект, бюджет проекта, удорожание, риски проекта

**BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) AS A WAY TO REDUCE RISKS OF THE PROJECT COST RISE****Shalina D.S., Larionova V.A.***Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, e-mail: d.shalina2011@yandex.ru, v.a.larionova@urfu.ru*

The article talks about the problem of increasing the cost of investment and construction projects in the process of their implementation. Exceeding the project budget is a common problem in the capital-intensive construction industry. The implementation of a construction project within the budget without loss of its quality is the main goal of the investor. The reason for the rise in the cost of the project is both external and internal risks. As part of the study, an analysis of these risks was carried out according to the hierarchical structure of RBS. With the help of an expert survey, an assessment of the frequency of risks and the severity of their consequences was carried out. The risks of increasing the cost of the project relate to risk adjustments and are considered when calculating net present income. Information modeling of construction objects or BIM can serve as a risk reduction tool. Analysis of the impact of BIM technologies on the main risks of the project showed that with the help of these technologies, it is possible to reduce most of the risks that lead to an increase in the cost of the project, which, in turn, will contribute to improving the economic efficiency of the project. The results of the study confirmed the hypothesis that the introduction of BIM technologies reduces the risk of a rise in the cost of the project during construction.

**Keywords:** BIM, investment and construction project, project budget, rise in price, project risks

Сфера строительства представляет собой одно из основных направлений инвестиционных вложений. Недвижимость как актив привлекает инвесторов своей надежностью и потенциальной доходностью. Инвестиции в строительство имеют определенные риски, которые оказывают прямое влияние на качество построенного объекта, время его строительства и бюджет инвестиционно-строительного проекта [1].

В условиях неопределенности инвестиционно-строительный проект (далее ИСП) особенно подвержен финансовым рискам как неким неблагоприятным событиям, возникающим в процессе движения денежных потоков. К таким рискам могут быть отнесены: рыночные, кредитные, процентные, валютный, налоговые, инфляционные и др. Как правило, классификация финансовых рисков выстраивается на основе причин их

возникновения. Например, рыночный риск вызывается изменениями рыночных цен или каких-либо других параметров рынка, а налоговый – налоговым законодательством [1, 2]. При этом различные риски в процессе реализации ИСП могут приводить к одному и тому же негативному следствию [3]. В исследовании рассматриваются наиболее существенные риски, которые вызывают удорожание стоимости ИСП по созданию объектов недвижимости.

Реализация ИСП в заданные сроки в рамках бюджета и без потери качества является основной целью его стейкхолдеров. Учет возможных рисков на начальных этапах проекта максимально способствует выполнению поставленной цели. Однако в большинстве случаев в процессе реализации проекта могут появляться неучтенные факторы, которые станут причиной значительного удорожания стоимости ИСП.

Удорожание стоимости проекта рассматривается как некоторое превышение запланированной стоимости. Это влечет за собой снижение экономической эффективности инвестиций и, как следствие, снижение привлекательности подобных вложений [4, 5]. Для предотвращения таких ситуаций требуется, прежде всего, осуществление эффективных мер по минимизации наиболее значимых рисков, вызывающих удорожание стоимости ИСП.

Результаты исследований и строительная практика подтверждают тот факт, что удорожание стоимости ИСП – это реальная и значимая проблема [3, 4]. При этом сама проблема не нова, а пути ее решения требуют совершенствования системы управления стоимостью ИСП [4]. Одним из современных подходов к управлению проектами является внедрение BIM-технологий, которые способствуют повышению качества проектирования объекта строительства и планирования процесса реализации проекта. На основе созданных BIM-моделей участники проекта осуществляют эффективное взаимодействие на всем протяжении жизненного цикла реализации соответствующих проектов [6].

В ходе исследования была выдвинута гипотеза о том, что внедрение BIM-технологий поможет сократить риски удорожания стоимости ИСП в процессе их реализации.

Целью данного исследования является анализ влияния BIM-технологий на риски инвестиционно-строительных проектов, способствующих повышению их стоимости в процессе реализации.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- исследовать экономические факторы удорожания стоимости ИСП;
- провести оценку частоты возникновения различных рисков ИСП и тяжести их последствий на этапе строительства объектов недвижимости;
- проанализировать роль BIM-технологий в снижении рисков, приводящих к удорожанию ИСП.

## Материалы и методы исследования

### *Методы анализа рисков*

Существует определенная последовательность анализа риска. В первую очередь, выявляются и оцениваются причины возникновения рисков [5]. В данном исследовании изучались риски, следствием которых явилось незапланированное удорожание стоимости ИСП, что отрицательно сказывалось на их эффективности. Тем не менее, может иметь место и запланированное удорожание, которое при этом включается в бюджеты про-

ектов. Запланированное удорожание обычно содержит в себе, например, удорожание стоимости в сейсмических районах строительства или работ, выполняемых в зимнее время. Это удорожание закладывается в стоимость проектов и не учитывается при проведении опроса. Однако довольно часто возникают случаи, которые невозможно предсказать, или случаи, которые были недооценены. Одним из примеров непредсказуемого риска является пандемия коронавируса, когда деятельность в строительной сфере была приостановлена до стабилизации в стране эпидемиологической ситуации [7].

Далее следует этап определения потенциального ущерба при возникновении различных рисков. В нашем случае это и есть удорожание стоимости ИСП, требующее последующей оценки его последствий. После этого формируются методы снижения рисков на каждом этапе реализации ИСП. В конце анализа рисков разрабатываются и реализуются мероприятия по снижению воздействия рисков на реализацию ИСП [5].

### *Анализ рисков, следствием которых является незапланированное удорожание проекта*

В процессе анализа каждому риску (рис. 1) был присвоен код по иерархической структуре рисков (RBS).

При оценке рисков, вызывающих удорожание стоимости проекта (табл. 1), были определены их средняя частота возникновения и средняя тяжесть последствий. Было найдено математическое ожидание оцениваемых величин, т.е. среднеарифметическое произведение возможных значений величин (оценочные баллы от 1 до 5) и соответствующих им частот (долей экспертов, поставивших соответствующие баллы) (табл. 1).

Анализ литературы и экспертный опрос показывают, что большинство причин, повлекших удорожание, связано с предпроектным планированием и проектированием. Имеют место и причины, которые обычно возникают на стадии строительства ИСП [5, 9].

Большинство рисков имеет высокий уровень значимости, т.е. риски возникновения удорожания стоимости проекта имеют высокую вероятность и несут высокий потенциальный ущерб. В свою очередь, удорожание стоимости проекта в виде увеличения бюджета проекта приводит к более весомым последствиям:

- увеличению затрат;
- увеличению времени на реализацию ИСП (разрешение коллизий, исправление ошибок);
- снижению качества проекта (качество итогового результата – объекта).

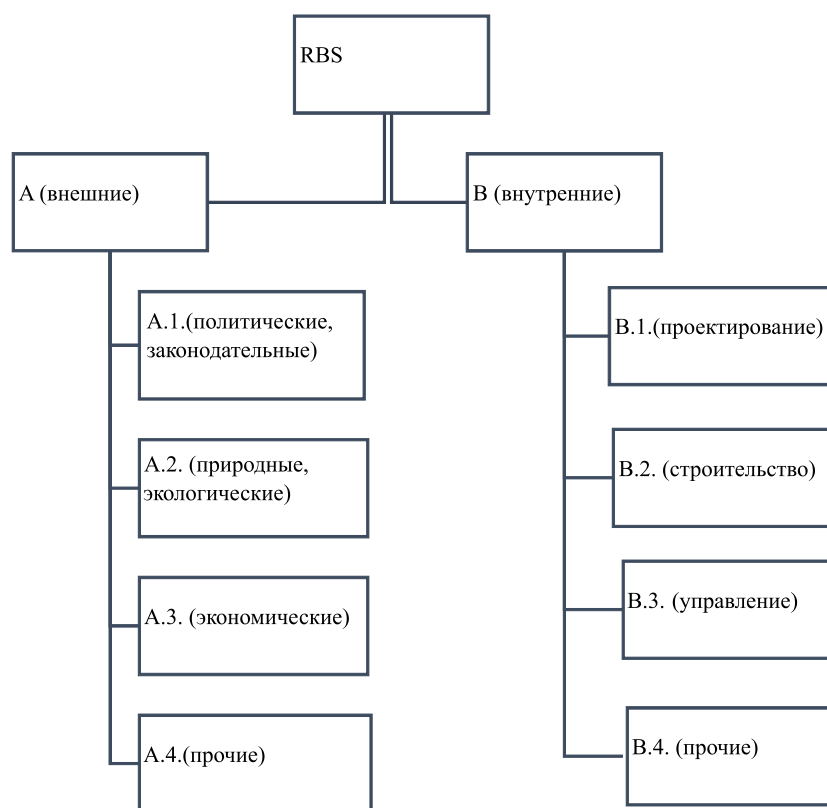


Рис. 1. Иерархическая структура (дерево) рисков (RBS) [8]

Таблица 1

Идентификация рисков, приводящих к удорожанию стоимости ИСП [5, 9]

№	Наименование риска	Код по RBS	Средняя вероятность	Средняя тяжесть последствий
1	Влияние человеческого фактора при выборе проектных решений	В.1.1	4,0	3,8
2	Неточности в проектировании объекта строительства	В.1.2	4,0	4,5
3	Отсутствие автоматизированных инструментов распознавания проблемы в проектной документации	В.1.3	3,9	3,5
4	Некачественное планирование этапов реализации проекта	В.1.4	3,5	3,9
5	Отсутствие эффективного мониторинга в процессе реализации проекта и несвоевременного принятия решений	В.2.1	3,6	3,7
6	Негативное влияние климатических факторов на ход строительства объекта	А.2.1	2,3	2,2
7	Низкий уровень контроля за строительными работами	В.2.2	3,5	3,5
8	Отсутствие рабочих необходимой квалификации	В.2.3	3,5	3,6
9	Возникновение технических ошибок на строительной площадке	В.2.4	3,6	3,9
10	Возникновение простоев в связи с задержками поставок материалов	А.3.1	3,7	3,5
11	Несоблюдение сроков выполнения работ	В.3.1	3,8	4,1
12	Неэффективное управление человеческими ресурсами	В.3.2	3,4	3,7
13	Наличие негативного микроклимата в команде проекта	В.4.1	2,7	2,8

Таблица 2

## Последствия удорожания стоимости проекта по группам

Увеличение затрат	Увеличение времени на реализацию	Сокращение качества проекта
1. Перерасход материалов для исправления коллизий 2. Потребность в дополнительных трудовых ресурсах для решения проблем 3. Увеличение времени использования машин и оборудования	1. Незапланированное время на решение проблем 2. Простой рабочих и оборудования 3. Увеличение времени поставок материалов, комплектующих и оборудования	1. Сокращение времени на реализацию запланированных дизайнерских решений 2. Отказ от комплексного благоустройства территорий 3. Отказ от озеленения придомовой территории

На основании мнений экспертов была составлена табл. 2 последствий удорожания стоимости проектов по затратам, времени и качеству.

Значимость удорожания стоимости проектов обуславливается рисками с высокой вероятностью их наступления и с серьезными последствиями. Данные риски следует брать во внимание и вести их подробный учет при принятии управленческих решений и в расчетах экономической эффективности ИСП [2].

*Анализ удорожания стоимости проекта с точки зрения экономических факторов*

Удорожание стоимости предполагает увеличение затрат, а значит, изменяется чистый приведенный доход (NPV). NPV – это сумма приведенных инвестиций и доходов к уровню цен  $t = 0$  (1):

$$NPV = \sum_{i=0}^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t}, \quad (1)$$

где  $NCF_t$  – чистый денежный поток за интервал  $t$ ;

$i$  – ставка дисконтирования,

$n$  – количество временных интервалов.

Для приведения к базовому уровню цен используется дисконтирование, которое включается в себя корректировку стоимости с помощью ставки дисконтирования (2):

$$i = i_f + \text{поправки на риск}, \quad (2)$$

где  $i_f$  – безрисковая ставка.

Ставка дисконтирования – это ставка, требуемая инвестором и определяющая норму доходности на вложенный рубль. Она зависит от внешних и внутренних рисков проекта: чем больше риск, тем больше ставка.

Поправки на риск в исследуемом случае – это риски, вызывающие удорожание. При увеличении поправок на риск возрастает ставка дисконтирования и, как следствие, снижается чистый приведенный доход. Чтобы предотвратить возникновение удорожания, нужно использовать способы снижения ставки дисконтирования через сни-

жение рисков, которые, в свою очередь, являются причинами возникновения исследуемого явления. В качестве инструмента снижения рисков предлагается использовать BIM-технологии.

*Использование BIM-технологий для снижения рисков проекта*

BIM-технологии представляют собой технологии информационного моделирования зданий и сооружений. Они формируют единое информационное пространство для реализации ИСП. В результате этого участники инвестиционно-строительного процесса имеют доступ к актуальной информации об объекте в течение всего жизненного цикла ИСП [6, 10].

В связи с тем, что информационное моделирование охватывает всех участников данного процесса, изменяется или совершенствуется вся система их взаимодействия. Тем самым внедрение BIM-технологий является стимулом развития сотрудничества основных участников проекта: заказчика, застройщика, генерального подрядчика, генерального проектировщика, а также субподрядчиков, поставщиков и эксплуатационных организаций. При этом система их взаимоотношений обретает вид сети [6].

В процессе реализации ИСП постоянно увеличиваются затраты и сокращается возможность внесения соответствующих изменений. Если в проекте необходимы корректировки, выгоднее учесть их на еще стадии проектирования объектов недвижимости [11]. Поэтому большую значимость BIM-технологии приобретают на стадии проектирования. Однако в использовании информационного моделирования заинтересованы сегодня и строительные, и девелоперские компании. На первый план выходит вопрос обучения навыкам использования BIM-технологий или включения в штатный персонал BIM-менеджеров [6, 12].

Информационные моделирование обеспечивает высокое качество ИСП за счет возможности устранения технико-технологических и организационно-экономических

коллизий еще на стадии проектирования. Используя информационную модель, проектировщики могут спроектировать различные варианты объекта строительства и выбрать оптимальный из них. При этом временные затраты на вариантную проверку снижаются в 6 раз. BIM-технологии позволяют автоматически выявлять технико-технологические недоработки на базе информационной модели [10].

В связи с увеличением уровня точности и детализации проекта погрешность в оценке стоимости строительно-монтажных работ снижается на 10–15%. При этом разработанные проектные решения носят согласованный характер, а вероятность возникновения проблем в ходе строительства является весьма незначительной [12].

BIM-технологии можно рассматривать как долгосрочные инвестиции, приносящие доход в виде экономии затрат и повышения качества результата. Инвестиционная модель внедрения данных технологий может быть представлена в виде единоразовых вложений и получения дохода в течение последующих лет. Следовательно, реальный экономический и социальный эффект от внедрения информационного моделирования в сфере строительства можно получить только через несколько лет.

Инвестиции на внедрение BIM-технологий увеличивают общий объем инвестиций в проект, при этом уменьшаются его риски, что в итоге приводит к более высоким показателям эффективности инвестиционных вложений. Оценивая данные технологии как инвестиции на долгосрочную перспективу, можно говорить о NPV примерно на 25% [12]. Этот показатель может быть достигнут благодаря снижению ставки дисконтирования или снижению уровня рисков.

Таким образом, внедрение BIM-технологий будет способствовать улучшению финансово-экономических показателей ИСП за счет своего функционала и возможностей.

При внедрении BIM технологий компании – участники ИСП могут столкнуться со сложностями финансово-экономического, организационно-технического и политического характера [13]:

- на данный момент информационные системы в строительной сфере не взаимодействуют друг с другом;
- органы власти пока не могут принимать цифровые данные, связанные со сферой строительства;
- необходимо обучение не только работников строительной сферы, но и административных участников строительного процесса (органов власти, экспертизы и т.д.);

– российское программное обеспечение имеет низкую функциональность и эффективность.

Данные трудности следует учитывать при использовании BIM-технологий как инструмента сокращения риска удорожания стоимости ИСП.

#### *Методы проведения исследования*

Исследование базируется на результатах эмпирического метода исследования – метода экспертных оценок. В ходе исследования был проведен опрос экспертов в сфере девелопмента недвижимости. Для получения наиболее релевантных результатов были подобраны эксперты по следующим критериям:

- наличие высшего образования;
- стаж работы в строительной сфере;
- участие в реализации инвестиционно-строительных проектов;
- должностное положение: руководитель, инженер, менеджер или специалист.

В опросе приняли участие 13 экспертов, имеющих соответствующий опыт строительной деятельности и достаточную квалификацию. 69% экспертов имеют профильное высшее образование (Строительство, Архитектура, Экономика и управление в строительстве), 31% – высшее образование по другим направлениям подготовки. Около 30% экспертов имеют стаж работы в строительной отрасли 15–30 лет, 23% – 10–15 лет, 23% – 5–10 лет и 23% – менее 5 лет. 54% экспертов участвовали в реализации более 10 ИСП, 8% – в 8–10 проектах, 23% – в 5–8 проектах, 15% – в менее 5 проектах. 62% экспертов являются руководителями проектов, 15% – начальниками подразделений, 15% – инженерами, в том числе BIM-инженерами, 8% – специалистами.

Опрос экспертов проводился с использованием Google-форм. Помимо подтверждения квалификации и профессионального опыта в ходе опроса, эксперты отвечали на следующие вопросы:

– Какие риски наиболее вероятны при реализации инвестиционно-строительных (девелоперских) проектов? Исходя из вашего опыта оцените по пятибалльной шкале частоту возникновения негативных последствий от рисков проекта, где 1 соответствует «никогда», а 5 – «очень часто»;

– Какие риски оказывают наибольшее негативное влияние на эффективность проекта? Оцените на основе вашего опыта тяжесть последствий от рисков проекта по пятибалльной шкале, где 1 соответствует отсутствию негативных последствий, а 5 – очень тяжелым негативным последствиям;

– Может ли внедрение BIM-технологий снизить вероятность возникновения не-

гативных последствий рисков проекта? Оцените по пятибалльной шкале частоту возникновения негативных последствий от рисков проекта при применении BIM-технологий, где 1 соответствует «никогда», а 5 – «очень часто»;

– Может ли внедрение BIM-технологий снизить тяжесть негативных последствий рисков проекта? Оцените по пятибалльной шкале тяжесть последствий от рисков проекта при применении BIM-технологий, где 1 соответствует отсутствию негативных последствий, а 5 – очень сильным негативным последствиям.

Эксперты оценили частоту возникновения рисков проекта по пятибалльной шкале [14]:

- 1 – очень низкая вероятность (никогда);
- 2 – низкая вероятность (очень редко);
- 3 – средняя вероятность (редко);
- 4 – высокая вероятность (часто);
- 5 – очень высокая вероятность (очень часто).

Размер потенциального негативного воздействия риска на реализацию ИСП также оценивался по пятибалльной шкале [14]:

- 1 – негативное влияние отсутствует;
- 2 – незначительное;
- 3 – низкой тяжести;
- 4 – средней тяжести;
- 5 – очень тяжелые.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Девелоперские компании видят эффект от внедрения BIM-технологий в следующих аспектах:

– прозрачность проектных процессов (прозрачность действий, объемов и бюджета);

– автоматизация проектно-производственных процессов;

– улучшение качество проектных решений и результатов реализации проектов.

Совокупность данных элементов способствует снижению рисков реализации проектов и ставки дисконтирования относительно первоначальных вложений.

Результаты исследования представлены в виде матрицы вероятности рисков с применением и без применения BIM-технологий (рис. 2) и матрицы соответствующих последствий рисков (рис. 3). Чем ближе к центру, тем значение вероятности рисков меньше, а значит, и их последствия меньше (риски на рисунках обозначены кодами RBS).

Из диаграмм на рис. 2 и 3 видно, что с BIM-технологиями у большинства рисков снизились частота возникновения и тяжесть последствий, а некоторые из них не изменились, так как BIM-технологии на них не влияют. Особенно снизились следующие риски: возникновения простоев в связи с задержками поставок материалов, несоблюдения сроков выполнения работ, неэффективного управления человеческими ресурсами, отсутствия необходимой квалификации рабочих, возникновения технических ошибок на строительной площадке и влияния человеческого фактора при выборе проектных решений. Вместе с тем почти не изменились риски отсутствия автоматизированных инструментов распознавания проблемы в проектной документации, некачественного планирования этапов реализации проекта и негативного влияния климатических факторов на ход строительства.

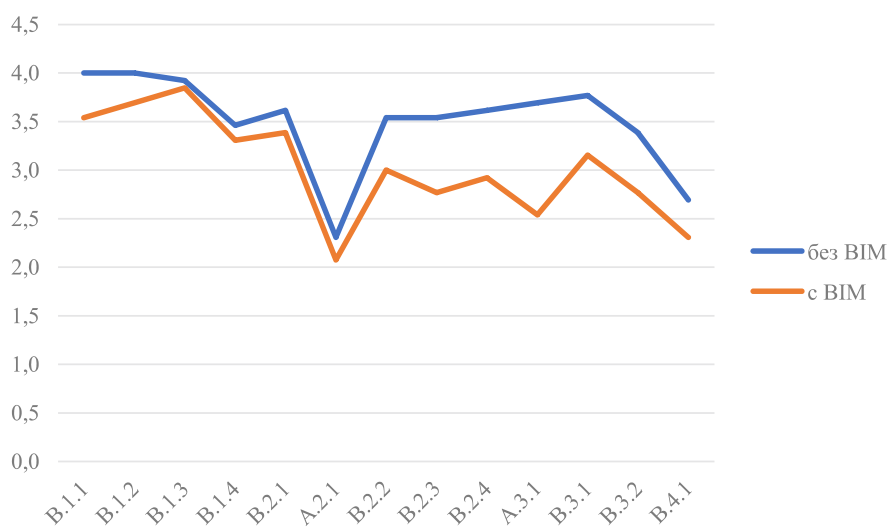


Рис. 2. Лепестковая диаграмма частот возникновения рисков с применением и без применения BIM-технологий в ИСП

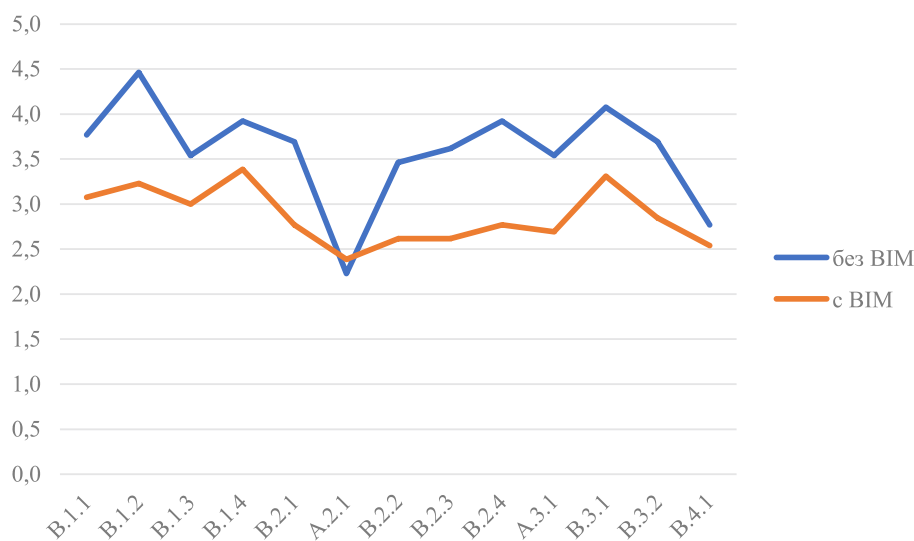


Рис. 3. Лепестковая диаграмма тяжести последствий рисков с применением и без применения BIM-технологий в ИСП

Таблица 3

Способы предотвращения рисков возникновения удорожания стоимости ИСП

Наименование риска	Мероприятия по предотвращению риска с помощью BIM
Отсутствие эффективного мониторинга в процессе реализации проекта и несвоевременного принятия решений	BIM-технологии объединяют всех участников проекта. Взаимодействие представлено информационной сетью. Руководитель проекта может в режиме реального времени отслеживать проектирование объекта. Информационное моделирование дает также возможность оперативного реагирования на изменения
Отсутствие автоматизированных инструментов распознавания проблемы в проектной документации	Технологии BIM распознают проблемы, которые могли допустить проектировщики, и указывает на них. При этом возможно быстрое моделирование различных вариантов возведения объектов
Неточности в проектировании объекта строительства	BIM-технологии повышают уровень проектирования, позволяют просматривать каждое техническое решение и выявлять ошибки при несоответствии технических характеристик
Влияние человеческого фактора при выборе проектных решений	Технологии BIM – это информационное моделирование, где влияние человеческого фактора заметно снижается, а сами технологии способны осуществлять внутрипроектные проверки. BIM-технологии позволяют на этапе проектирования определить необходимые материалы и изделия, планировать работы без простоев и перегрузки
Наличие технических ошибок на строительной площадке	Использование BIM-технологий генеральным подрядчиком позволяет детально просматривать модель объекта для более точного перенесения ее в реальность
Возникновение простоев в связи с задержками поставок материалов	Планирование доставки материалов при информационном моделировании производится на стадии проектирования. Однако, если поставщики не используют технологии BIM, то решить данную проблему сложно. Хотя можно изменить график работ для максимального приближения к запланированному сроку поставки
Низкий уровень контроля за строительными работами	BIM-технологии объединяют всех участников проекта, которые должны обладать определенными навыками работы
Несоблюдение сроков выполнения работ	Технологии BIM распознают и определяют проблемы и информируют об этом руководителя проекта. Они позволяют разработать несколько вариантов решения проблем

В табл. 3 для некоторых рисков удорожания стоимости ИСП прописаны соответствующие инструменты.

BIM обладает обширным функционалом для снижения вероятности и последствий большинства рисков, которые в дальнейшем

становятся менее значимыми. Следовательно, снижаются поправки на риск, вследствие этого уменьшается ставка дисконтирования. В итоге увеличиваются чистый приведенный доход, внутренняя норма доходности и сокращается срок окупаемости инвестиций. Так в целом повышается инвестиционная привлекательность проекта.

### Заключение

Удорожание стоимости проекта в строительстве является одной из распространенных проблем. Последствия данного явления находят отражение не только в бюджете проекта, но и в конечном результате.

Анализ причин данного явления показал, что удорожание стоимости ИСП обусловлено возникновением критических рисков. Данные риски учитываются при расчете ставки дисконтирования, увеличение которой приводит к снижению чистого приведенного дохода или увеличению инвестиционных затрат. Поэтому снижение рисков, приводящих к удорожанию, объективно необходимо.

В статье исследовалось использование BIM-технологий в качестве инструмента снижения данных рисков. Благодаря точности проектирования и планирования, возможности разработки графика затрат и автоматическим внутренним проверкам проектных решений информационное моделирование способно снизить риски, а значит, повысить инвестиционную привлекательность ИСП для инвестора. Таким образом, проведенное исследование подтвердило выдвинутую гипотезу о том, что использование технологий BIM может быть инструментом снижения рисков возникновения удорожания стоимости ИСП.

### Список литературы

1. Панфилов Р.А., Горбунов В.Н., Драгункина Н.М., Ключникова Е.Н., Чепыжова В.В. К вопросу о классификации рисков инвестиционно-строительной компании // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–1. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=17596> (дата обращения: 28.11.2021).
2. Вьонг Тхи Тхуи Зьонг, Ушакова Н.В. Классификация финансовых рисков при реализации инвестиционно-строительных проектов // Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки. 2016. № 1–1. С. 25–30.
3. Богачев С.Н., Школьников А.А., Розентул Р.Э., Климова Н.А. Строительные риски и возможности их минимизации // Academia. Архитектура и строительство. 2015. № 1. С. 88–92.
4. Вьонг Тхи Тхуи Зьонг, Ушакова Н.В. Удорожание стоимости инвестиционно-строительных проектов в России // Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки. 2016. № 3–1. С. 33–38.
5. Корабельникова С.С., Корабельников С.К. Цифровые технологии как элемент снижения рисков в строительстве // Дискуссия. 2019. № 2 (93). С. 18–27.
6. Чурбанов А.Е., Шамара Ю.А. Влияние технологического информационного моделирования на развитие инвестиционно-строительного процесса // Вестник МГСУ. 2018. № 7 (118). С. 824–835.
7. Приказ от 29 мая 2019 года N 314/пр «Об утверждении Методики разработки и применения укрупненных нормативов цены строительства, а также порядка их утверждения». Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/560345661> (дата обращения: 28.11.2021).
8. Институт управления проектами. Руководство к своду знаний по управлению проектом. Шестое издание. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2017. 762 с.
9. Nokulunga X., Thwala D., Clinton A. Cost of Poor Quality in Construction Projects in Swaziland. Conference: Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (Washington DC, USA, September 27-29, 2018). 2019. P. 1703–1711.
10. Рыбин Е.Н., Амбарян С.К., Аносов В.В., Гальцев Д.В., Фахратов М.А. BIM-технологии // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019. № 1 (28). С. 98–105.
11. Проектирование по BIM-технологиям [Электронный ресурс]. URL: <https://proekt.tessib.ru/bim-technology/designing-bim-technology/> (дата обращения: 10.11.2021).
12. Колчин В.Н. Применение BIM-технологий в строительстве и проектировании // Инновации и инвестиции. 2019. № 2. С. 209–214.
13. Риски при цифровизации строительной отрасли озвучил Антон Глушков на Чебоксарском экономическом форуме [Электронный ресурс]. URL: [https://www.vedomosti.ru/press\\_releases/2021/06/24/riski-pri-tsifrovizatsii-stroitelnoi-otrasli-ozvuchil-anton-glushkov-na-cheboksarskom-ekonomicheskom-forume](https://www.vedomosti.ru/press_releases/2021/06/24/riski-pri-tsifrovizatsii-stroitelnoi-otrasli-ozvuchil-anton-glushkov-na-cheboksarskom-ekonomicheskom-forume) (дата обращения: 15.10.2021).
14. Руководство по управлению рисками. Комитет ПАРТАД по внутреннему контролю, внутреннему аудиту и управлению рисками. 2018 [Электронный ресурс]. URL: <https://new.nfa.ru/upload/iblock/516/Rukovodstvo-po-upravleniyu-riskami.pdf> (дата обращения: 15.11.2021).