

На правах рукописи



**Аль-Заиди Зайд Али Кадхим**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ РИСКА НА ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Специальность: **2.1.14. Управление жизненным циклом объектов строительства**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва 2023

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ)

Научный руководитель: Доктор технических наук, доцент  
Абрамов Иван Львович

Официальные оппоненты: Зеленцов Леонид Борисович,  
доктор технических наук, профессор  
ФГБОУ ВО «Донской государственный  
технический университет»  
кафедра «Организация строительства»,  
заведующий кафедрой

Мотылев Роман Владимирович, кандидат  
технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Санкт-  
Петербургский государственный архитектурно-  
строительный университет»  
кафедра «Организация строительства»,  
заведующий кафедрой

Ведущая организация ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный  
университет»

Защита состоится 30 ноября 2023 г. в 11:00 (по местному времени) на заседании диссертационного совета 24.2.339.06, созданного на базе ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», по адресу: 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, 9 студия «Открытая сеть».

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» и на сайте <http://www.mgsu.ru>.

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Коротеев Дмитрий  
Дмитриевич

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** На совещании по вопросам развития строительной отрасли Президент Российской Федерации В.В. Путин указал, что строительство относится к ключевым, базовым отраслям, которые определяют динамику развития национальной экономики, обеспечивают занятость и доходы миллионов граждан. Было отмечено, что строительная отрасль в современных условиях переживает тяжелейший кризис и государство должно обеспечить ее поддержку с учетом того, что отрасль замыкает на себя большое количество предприятий.

Похожая ситуация сложилась в Ираке, где в настоящее время строительная отрасль развивается достаточно быстрыми темпами. В 2015 году объем строительных работ в стране составлял 5,53 млрд долларов, а в 2020 году этот показатель увеличился до 9,1 млрд долларов.

На рубеже 20-21 веков строительный сектор занимал одну из главенствующих позиций в экономике Ирака. Осуществлялась реализация многих инфраструктурных проектов, таких как строительство дорог, мостов, комплексное строительство жилых домов, школ, больниц и различных правительственных зданий.

Строительная отрасль Ирака значительно пострадала в результате длительного военного конфликта, начавшегося в 2003 г. В ходе боевых действий было разрушено большое количество зданий, и участники инвестиционно-строительной деятельности столкнулись с множеством проблем (экономические, политические, проблемы безопасности), которые создают препятствия для инвестирования в строительные проекты. Реализация многих крупных инвестиционно-строительных проектов была приостановлена. Качество строительных объектов резко снизилось, а стоимость их возросла. Существует острая необходимость пристально изучать влияние организационных, технических, экономических, военных, климатических и других факторов риска на строительную отрасль Ирака.

Проблема влияния факторов риска на деятельность строительных предприятий достаточно широко изучена в трудах российских ученых. Данные работы содержат большое количество актуальной информации и развитый аналитический инструментарий для исследований. Поэтому изучение влияния факторов риска на строительную отрасль Ирака предлагается выполнять, основываясь на результатах исследований в соответствующей сфере, проводимых в Российской Федерации. На процесс строительного производства влияют различные факторы: производственные, экономические, политические, организационные, технические, климатические и пр.

На каждом этапе реализации инвестиционно-строительного проекта возникает большое количество факторов риска. Снижение влияния факторов, вызывающих риски, является важным направлением деятельности по повышению эффективности работы строительных предприятий.

Риск - это оценка вероятности ожидаемого события. Производственная деятельность связана с риском отклонений от проведенных оценок и расчетов, неожиданным изменением ситуации. Риски строительного производства - сочетание вероятности и последствий наступления неблагоприятных событий.

Внутренние риски являются производной от уровня организации и технологии строительного производства, а также от технологического оснащения, производительности труда и представляют собой опасность потерь в процессе производства работ.

Внешние риски не зависят от организации строительного производства. На их уровень влияют многие неуправляемые факторы (организационные, военные, экономические, технические и климатические).

Устранение или уменьшение влияния факторов риска на этапе строительного производства может свести к минимуму негативные последствия.

Строительные предприятия выступают в качестве налогоплательщиков в местный и государственный бюджеты. Следовательно, проблема снижения уровня факторов, вызывающих риски, актуальна и является важной не только для строительных предприятий, но и для всего государства в целом. Однако в настоящее время вопросы управления факторами риска изучены недостаточно и требуют дальнейших исследований.

Строительное производство представляет собой совокупность процессов, между которыми сложно установить взаимосвязи без учета различных факторов. Учитывая многообразие данных процессов и взаимозависимость между участниками инвестиционно-строительного проекта, можно прийти к выводу, что при принятии управленческих решений в процессе строительства факторы риска необходимо учитывать в первую очередь.

Факторы риска распространяются на весь жизненный цикл объекта, при этом наиболее рискованным циклом является строительство. Инвесторы, проектировщики и государственные органы должны работать совместно, начиная с этапа технико-экономического обоснования, для своевременного устранения потенциальных факторов риска, а подрядные и субподрядные организации, обладающие достаточной квалификацией в области организации строительства, должны быть наняты на раннем этапе реализации инвестиционно-строительного проекта для обеспечения надежной подготовки к выполнению безопасных и эффективных строительных работ.

Выявление возможного возникновения факторов риска на каждом этапе и принятие соответствующих мер для их преодоления имеют большое значение. С другой стороны, поскольку данные риски ориентированы на всех заинтересованных участников реализации инвестиционно-строительного проекта, то, как эффективно заинтересовать различных участников управлять ими в контексте жизненного цикла объекта, имеет решающее значение для достижения поставленных целей.

Снижение воздействия факторов риска, влияющих на строительное производство, напрямую зависит от производственного и технического потенциала строительного предприятия: производительности труда, производственно-технического и трудового оснащения. Производственные риски связаны с убытками от приостановления строительства вследствие воздействия таких дестабилизирующих факторов, как несчастные случаи и повреждение основных и оборотных фондов (оборудование, строительные машины и др.), а также с внедрением в строительное производство новой техники и инновационных решений.

Всесторонняя оценка факторов риска и внедрение компенсационных мероприятий, направленных на уменьшение или исключение влияния указанных факторов, позволят руководителям строительных предприятий принимать необходимые управленческие решения и осуществлять успешную реализацию инвестиционно-строительных проектов. Соответственно, возникает необходимость в разработке методики оценки факторов риска и компенсационных мероприятий.

Таким образом, исследование влияния факторов риска на деятельность строительных предприятий имеет высокую теоретическую и практическую значимость для строительной отрасли, включающей в себя собственно строительные предприятия.

### **Степень разработанности темы исследования**

В результате исследования разработаны научные и методологические подходы, методики анализа и оценки факторов риска, мероприятия по снижению или предотвращению влияния факторов риска, существенно улучшающие организацию строительных процессов.

В настоящем исследовании проводится оценка факторов риска, влияющих на деятельность строительных предприятий при реализации инвестиционно-строительных проектов в Ираке.

Теоретической базой исследований являются научные труды российских ученых: Авиромы Л. С., Асаула А. Н., Альгина А. П., Атаева С. С., Афанасьева В. А., Балабанова И. Т., Бачкана Т., Болотина А. В., Бредихина В. В., Булгакова С. Н., Быстрякова А. Я., Грабового П. Г., Гранова Г. С., Гусакова А. А., Зеленцова Л.Б., Казаряна Р. Р., Карасева А. В., Карданской Н. Л., Киевского Л. В., Колотилкина Б. М., Кунина А. М., Лапидуса А. А., Мильнера Б. З., Мотылева Р.В., Олейника П. П., Прыкина Б. В., Ройтмана А. Г., Рыбальского В. И., Сергеева В. М., Синенко С. А., Стражникова А. М., Топчего Д. В., Черняка В. З., Шрейбера А. К. и Яковенко Е. Г., а также труды авторов из других стран, касающиеся некоторых теоретических и практических аспектов влияния факторов риска на строительные предприятия в Ираке: Khaleel T. A., Al-Hourani Hashem., Ahmed Z. J и др.

**Целью диссертационной работы** является сокращение влияния факторов риска на деятельность строительных предприятий Ирака.

**Задачи исследования:**

1. Анализ деятельности строительных предприятий Ирака.
2. Анализ факторов риска, присутствующих в строительной отрасли России и Ирака.
3. Классификация и ранжирование факторов риска.
4. Анализ методов оценки влияния факторов риска на деятельность строительных предприятий.
5. Моделирование влияния факторов риска на деятельность строительных предприятий Ирака.
6. Разработка компенсационных мероприятий с целью снижения или исключения влияния факторов риска на деятельность строительных предприятий.
7. Разработка методики оценки влияния факторов риска на деятельность строительных предприятий до и после внедрения компенсационных мероприятий.
8. Внедрение результатов исследований.

**Объектами исследования** являются факторы риска.

**Предметом исследования** является влияние факторов риска на деятельность строительных предприятий.

**Научная новизна** работы заключается в следующем:

1. Осуществлена выборка факторов риска, влияющих на деятельность строительных предприятий Ирака.
2. Проведено моделирование и сравнительный анализ влияния групп факторов риска на деятельность строительных предприятий.
3. Разработаны компенсационные мероприятия для снижения или исключения влияния факторов риска на деятельность строительных предприятий.
4. Разработана методика оценки влияния факторов риска на деятельность строительных предприятий до и после внедрения компенсационных мероприятий.

**Теоретическая значимость работы** заключается в развитии научных исследований факторов риска, влияющих на деятельность строительных предприятий.

**Практическая значимость работы** состоит в реализации методов, методик и компенсационных мероприятий с целью снижения или исключения влияния факторов риска на деятельность строительных предприятий. Результаты исследования позволили исключить или минимизировать влияние факторов риска на реализацию инвестиционно-строительных проектов. Разработанные мероприятия позволили снизить влияние факторов риска на деятельность строительных предприятий.

**Методология и методы исследования.** Методологическую основу исследования составляют общие теоретико-статистические методы, положения системно-структурного подхода и математической теории эксперимента.

Основным методом исследования является метод Монте-Карло (с использованием программы Primavera Risk Analysis), а также методы принятия решений, в том числе метод иерархического анализа.

**Положения, выносимые на защиту:**

- постановка задачи исследования;
- результаты анализа факторов риска;

- классификация факторов риска;
- результаты анализа и выбор метода для проведения исследования;
- методика моделирования факторов риска, влияющих на деятельность строительных предприятий;
- методика реализации результатов исследования.

**Степень достоверности полученных результатов** обусловлена использованием современных методов исследований, высокой воспроизводимостью полученных результатов.

Результаты внедрения подтвердили актуальность и востребованность задач, решенных соискателем в ходе исследования проблемы влияния факторов риска на деятельность строительных предприятий Ирака, а также достоверность полученных научных и практических результатов.

**Соответствие паспорту специальности.** Содержание диссертации соответствует пунктам 3, 4 и 7 паспорта специальности 2.1.14. Управление жизненным циклом объектов строительства:

- П. 3. Исследование и формирование методов разработки, видов обеспечения, критериев, моделей описания и оценки эффективности решения задач управления жизненным циклом объектов капитального строительства с использованием технологий информационного и математического моделирования, системного анализа, автоматизации и оптимизации принятия решений;

- П. 4. Исследование, формирование теоретических подходов к проектному управлению и планированию производственных процессов, в том числе в условиях неопределенности и риска. Разработка методов построения и развития проблемно-ориентированных систем управления на основе цифровой интеллектуальной поддержки принятия эффективных решений, нечеткого моделирования, оптимизации функционирования объектов капитального строительства на всех этапах их жизненного цикла;

- П. 7. Разработка методов и средств организации и управления жизненным циклом объектов капитального строительства в условиях ограничения доступности ресурсов, а также технических, экономических, экологических, социальных и других видов рисков. Методы и алгоритмы прогнозирования и оценки эффективности, качества и надежности строительных систем, поддержка принятия организационно-технических решений на всех этапах жизненного цикла объектов капитального строительства.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 13 научных статей, 6 из которых опубликованы в журналах, индексируемых в базе данных ВАК, 5 статей – на международных конференциях, индексируемых в базе данных Scopus, 2 статьи в научных журналах РИНЦ.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка сокращений и списка литературы из 182 наименований. Работа содержит 176 страниц, 42 рисунка, 34 таблицы и 5 приложений.

Для достижения цели была разработана общая методологическая схема диссертационного исследования, представленная на рис 1.

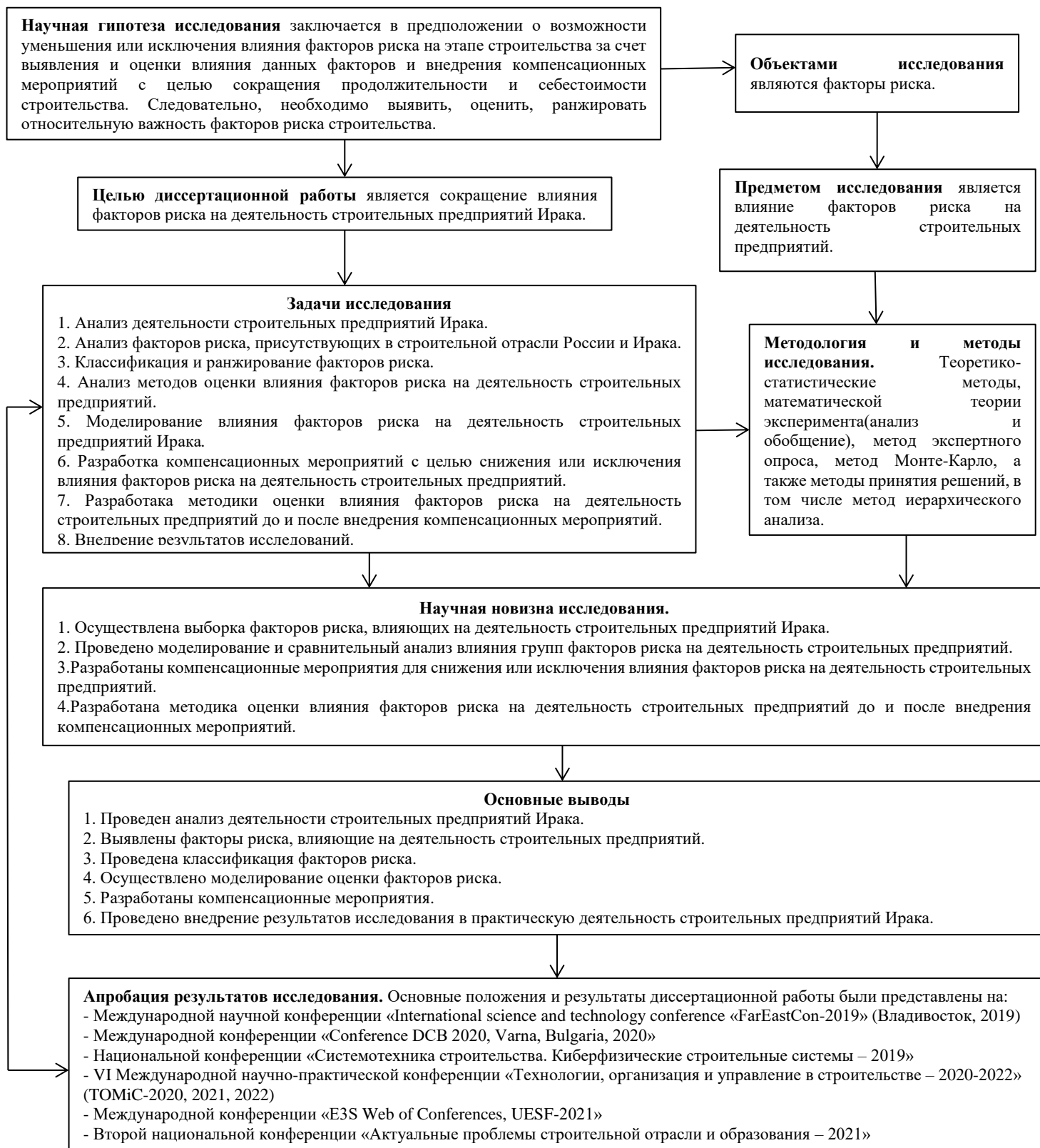


Рис. 1. Методологическая схема исследования

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** описывается актуальность темы, предмет и объект исследования, научная новизна, цели и задачи исследования, методика исследования и положения, выносимые на защиту. Дано описание теоретической, практической значимости работы и апробация результатов.

**Первая глава** посвящена обзору результатов теоретических исследований влияния факторов риска на деятельность строительных предприятий. Анализ научных трудов по теме исследования показал, что производственная деятельность строительных предприятий во многих странах, в том числе в России и Ираке, требует разработки методики для выявления и оценки различных факторов риска.

Проведена классификация и выделены группы факторов, вызывающих риски. Выявлены и описаны факторы риска и их влияния на показатели инвестиционно-строительных проектов. Выявление возможных факторов риска является одним из приоритетных направлений деятельности строительных предприятий при реализации инвестиционно-строительного проекта. На стадии планирования строительной деятельности необходимо учитывать вероятность возникновения неблагоприятных ситуаций. При реализации инвестиционно-строительных проектов возникает большое количество рискообразующих факторов. Данные факторы способны оказывать негативное воздействие на деятельность строительных предприятий и вызывать такие риски, как нарушение сроков сдачи объекта в эксплуатацию, возникновение незавершенного строительства, повышение себестоимости и низкое качество выпускаемой продукции. В связи с этим поиск методов оценки рискообразующих факторов, оказывающих воздействие, в том числе на функционирование строительных предприятий при реализации инвестиционных проектов, приобретает особую актуальность. Возникла необходимость разработки методики по выявлению и оценке факторов риска, влияющих на деятельность строительных предприятий, которая позволит достигать поставленных целей при реализации инвестиционно-строительных проектов.

**Вторая глава.** Анализ научно-практических исследований по вопросу оценки влияния факторов риска на деятельность строительных предприятий выявил два основных аспекта:

Первый - существует большое количество факторов риска, которые невозможно спрогнозировать при реализации строительных проектов в Ираке по причине военных, экономических, экологических и прочих условий. Поэтому строительным предприятиям необходим комплексный подход к выявлению, анализу и оценке влияния факторов риска на цели реализации проекта (стоимость, продолжительность и качество) для поиска решений и разработки мероприятий по уменьшению или исключению влияния данных факторов.

Второй - не существует методики оценки влияния данных факторов на деятельность строительных предприятий с целью выбора рациональной альтернативы предприятиям, имеющим интегрированные программы управления по противостоянию факторам риска путем выбора современных методов оценки.

Проведен анализ методов количественной и качественной оценки факторов риска (Матрица риска, метод Монте-Карло, теория Демпстера-Шафера, методы принятия решений экспертами (МИА), которые позволяют определить основные факторы риска и их влияние на потенциальные затраты, качество конечного результата и продолжительность инвестиционно-строительного проекта. Также были проанализированы такие методы как, контрольная карта, диаграмма Парето, Диаграмма Исикавы и метод черного ящика.

Результаты применения методов моделирования (матрицы риска, метода Монте-Карло, метода иерархического анализа, теории Демпстера-Шейфера и др.) показали, что наиболее подходящими для исследования факторов риска в деятельности строительных предприятий являются: метод Монте-Карло, метод иерархического анализа.

**Третья глава** посвящена ранжированию экспертами факторов риска на деятельность строительных предприятий (табл. 1). Количество экспертов, участвующих в опросе, должно быть не менее 4, однако, было принято решение увеличить количество до 6, чтобы гарантировать консистентность и достоверность результатов ранжирования. Суммарный показатель каждого конкретного фактора риска был получен путём суммирования фактических баллов экспертов от 1 до 25 по степени влияния фактора риска, от наименьшего до наибольшего эффекта по 25-балльной шкале (1- наименее влиятельный фактор и 25 - наиболее влиятельный фактор).



Для оценки консистентности результатов экспертного опроса с помощью коэффициента конкордации (W) была определена теснота связи между ранжируемыми факторами:

$$W = \frac{12 \times S}{m^2 \cdot (n^3 - n) - m \sum T_i}, \quad (1)$$

где S – суммаризация квадратов отклонений суммы рангов, от средней арифметической суммы рангов.

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2, \quad (2)$$

$$T_i = \frac{1}{12} \sum (t_i^3 - t_i), \quad (3)$$

где  $t_i$  – количество повторяющихся элементов в оценках  $i$  одного эксперта;  
 $m$  – количество экспертов;  
 $n$  – количество ранжируемых факторов;  
 $\mu$  – среднее арифметическое.

**Таблица 1.** Ранжирование влияния факторов риска

№	Наименование факторов риска	Эксперты						$\Sigma$ рангов	Вес фактора
		1	2	3	4	5	6		
1	Задержки в графике строительства	24	22	20	19	19	21	125	0.061
2	Недостаток трудовых ресурсов	18	21	23	21	20	17	120	0.059
3	Простои, связанные с незапланированными событиями ( праздниками)	15	17	15	14	21	11	93	0.046
4	Низкая квалификация рабочих кадров	13	15	17	16	13	14	88	0.043
5	Изменение количества и спецификаций проекта	5	7	6	9	3	3	33	0.016
6	Задержка в передаче участка подрядчику	4	1	8	10	7	1	31	0.015
7	Слабая координация между заказчиком и подрядчиком	7	5	9	6	4	5	36	0.018
8	Нехватка или низкое качество строительных материалов	23	19	18	22	23	16	121	0.059
9	Отсутствие механизмов и технических средств	11	12	11	13	12	15	74	0.036
10	Низкое качество обслуживания механизмов и оборудования	10	6	4	7	9	2	38	0.019
11	Разница в характере земли в проекте (целевое назначение земельного участка)	3	4	7	5	8	10	37	0.018
12	Высокая температура летом (выше 50 °С)	17	13	21	20	16	23	110	0.054
13	Воздействие стихийных бедствий (землетрясения, наводнения)	16	18	13	15	14	19	95	0.047
14	Банкротство подрядчиков предприятий	6	8	10	8	5	9	46	0.023
15	Инфляция и колебания цен	19	23	19	24	17	20	122	0.060
16	Изменение обменного курса	9	2	5	4	11	8	39	0.019
17	Задержка или неуплата финансовых взносов для предприятий	25	24	22	21	24	22	138	0.068

№	Наименование факторов риска	Эксперты						Σ рангов	Вес фактора
		1	2	3	4	5	6		
18	Подмена представителями власти интересов общества интересами частного характера (коррупция)	16	18	21	17	19	15	106	0.052
19	Изменения в законодательстве и правовых нормах в области строительной деятельности	2	3	1	3	6	4	19	0.009
20	Задержки с поставками материалов и оборудования из-за вооруженных конфликтов	21	20	18	23	25	18	125	0.061
21	Получение работниками травм из-за боевых действий, ведущихся рядом со строительной площадкой	22	14	12	25	18	24	115	0.057
22	Повреждение некоторых частей проекта и оборудования в результате военных столкновений	20	16	24	18	22	25	125	0.061
23	Забастовки и массовые беспорядки	14	11	16	12	15	12	80	0.039
24	Социальные проблемы между жителями региона и предприятием, реализующим проекты	1	9	2	1	2	7	22	0.011
25	Задержка результатов лабораторных исследований	8	7	3	2	1	6	27	0.013
26	Работа без защитной одежды, несоблюдение техники безопасности при работе с оборудованием	12	10	14	11	10	13	70	0.034

Для обработки консистентности результатов экспертного опроса с помощью коэффициента конкордации ( $W$ ) как в формуле (1):

$$W = \frac{12 \times 45866.5}{(6)^2 \cdot (26^3 - 26) - 6 \times 4} = 0.87, \quad (4)$$

Так как  $W > 0.5$ , то существует консистентность мнений экспертов. Значение коэффициента равно 0.87, что свидетельствует о высокой степени согласованности мнений экспертов.

Степень согласованности также оценивается путем расчета коэффициента корреляции Пирсона с использованием приведенного ниже уравнения:

$$X_p^2 = w \times m \times (n - 1) = 0.87 \times 6 \times (26 - 1) = 130.5, \quad (5)$$

Вычисленный коэффициент Пирсона сравнивается с табличным значением для числа степеней свободы  $n - 1 = 25$  и при заданном уровне значимости  $\alpha = 0.05$ .

Так как  $X_p^2$  расчетный 130.5 > табличного – 37.652, то  $W = 0.87$  – величина не случайная, а потому полученные результаты по степени их значимости имеют смысл и могут использоваться в дальнейших исследованиях.

К дальнейшему исследованию будут привлечены 16 факторов риска, имеющих большое значение с точки зрения их влияния на деятельность строительных предприятий. При этом остальные факторы, несущественно влияющие на деятельность строительных предприятий по мнению экспертов, не учитываются.

Результаты этого опроса можно рассматривать как основные факторы риска, влияющие на строительное производство в развивающихся странах, в том числе в Ираке, поскольку все факторы, представленные в табл. 1, были извлечены из прошлых исследований, полевых визитов

и интервью, проведенных в различных проектах и предприятиях. Таким образом, эти факторы будут служить руководством для исследователей, которые заинтересованы в этой области, чтобы сэкономить время и ресурсы.

Алгоритм, изображенный на рис. 2, иллюстрирует два практических этапа исследования:

1. Определение влияния групп факторов риска на деятельность строительных предприятий, реализующих инвестиционные проекты по строительству многоэтажных домов в Ираке, с использованием модели иерархического анализа (МИА).

2. Оценка влияния факторов риска на продолжительность реализации инвестиционно-строительного проекта и анализ компенсационных мероприятий, проведенных предприятиями с целью исключения или уменьшения влияния факторов, с помощью моделирования методом Монте-Карло в программе Primavera Risk Analysis PRA.



Рис. 2. Алгоритм практических этапов исследования

1. В ходе исследования была проведена оценка влияния факторов риска на трех предприятиях с использованием модели иерархического анализа.

$$X = \begin{bmatrix} 1 & x_{12} & \cdot & \cdot & x_{1n} \\ x_{21} & 1 & \cdot & \cdot & x_{2n} \\ \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdot & \cdot & 1 \end{bmatrix}, \quad (6)$$

где  $x_{ij}$  принимает значения в  $[9,2]$  если группа факторов  $i$  важнее группы факторов  $j$  или  $[\frac{1}{9}, \frac{1}{2}]$  если наоборот. Значение  $x_{ij}$  отражает степень значимости группы факторов  $i$  относительно группы факторов  $j$  по мнению эксперта;  $n$  – количество групп факторов риска.

Приоритет каждой группы факторов рассчитывается путем попарных сравнений между данными группами факторов после сбора мнений экспертов, участвующих в анкетировании (рис 3).



Рис. 3. Структура групп факторов риска, влияющих на деятельность строительных предприятий Ирака

$$P_{r,i} = \frac{Cg(x_{i1}, \dots, x_{in})}{\sum_j Cg(x_{j1}, \dots, x_{jn})}, \quad (7)$$

где  $P_{r,i}$  – приоритет группы  $i$ ;  $Cg(x_1, \dots, x_n)$  – функция среднего геометрического;

$$Cg(x_1, \dots, x_n) = \sqrt[n]{x_1 \cdots x_n}, \quad (8)$$

После получения локальных приоритетов по каждому из изученных групп факторов, а также локальных приоритетов предприятий в соответствии с влиянием данных групп, глобальный приоритет для каждого предприятия рассчитывается следующим образом:

$$ГП = \begin{pmatrix} P_{11} & \cdots & P_{1n} \\ P_{12} & \cdots & P_{2n} \\ P_{13} & \cdots & P_{3n} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} P_{r,1} \\ \vdots \\ P_{r,n} \end{pmatrix}, \quad (9)$$

где ГП - глобальный приоритет предприятий;  $P_{ij}$  - приоритет предприятия  $i$  по  $j$ -ой группе факторов риска.

С целью определения влияния факторов риска на строительные предприятия с помощью методики иерархического анализа, выбранные предприятия сравниваются по глобальным приоритетам (коэффициентам приоритетности) с использованием соответствующей шкалы, см. табл.2.

Таблица 2. Шкала оценки коэффициента приоритетности

Коэффициент приоритетности		Рекомендации лицам, принимающим решения
Количественный	Качественный	
0.0 – 0.25	Низкое влияние	Неминуемого риска нет. Но необходимо рассмотреть возможные способы снижения риска. Должен проводиться мониторинг изменений, связанных с порядком

Коэффициент приоритетности		Рекомендации лицам, принимающим решения
Количественный	Качественный	
		прохождения проверок, оформлением документации, строительными материалами и окружающей средой.
> 0.25 – 0.5	Среднее влияние	Продолжать работу нужно с осторожностью. Рекомендуется дополнительный контроль, проверка осуществляется в течение 30 дней.
> 0.5 – 0.75	Высокое влияние	Высокий приоритет для осуществления корректирующих действий. Продолжать работу нужно с особой осторожностью. Необходимо учитывать важность немедленного применения дополнительных мер контроля, реализация которых должна быть осуществлена в течение 7 дней.
> 0.75 – 1.0	Катастрофическое влияние	Работа должна быть остановлена (работа запрещена), способы реагирования на риски должны быть пересмотрены.

2. Оценка влияния факторов риска с помощью моделирования по методу Монте-Карло позволяет на основе полученной информации составить рациональный график выполнения работ, идентифицировать возможные факторы риска и отследить их появление, а также своевременно реагировать на неблагоприятные последствия рисков событий.

В диссертационной работе была выполнена методика оценки влияния факторов риска на продолжительность строительства как один из основных показателей деятельности строительных предприятий с использованием метода Монте-Карло. В процессе модели проекта значения вычисляются много раз (итерируются), при этом входные значения (например, оценка затрат или продолжительность деятельности) выбираются случайным образом для каждой итерации из вероятностных распределений этих переменных (рис. 4). Гистограмма (например, стоимости или даты завершения проекта) рассчитывается на основе итераций. Анализ рисков (Oracle primavera) используется для симуляции методом Монте-Карло.

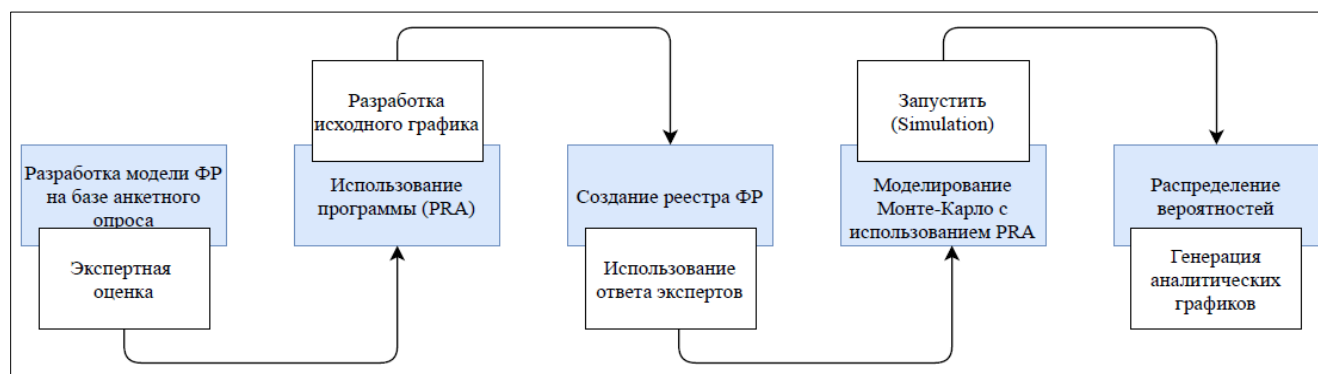


Рис. 4. Процессы методики моделирования (simulation).

Моделирование методом Монте-Карло может применяться для устранения вероятностной неопределенности при оценке инвестиционно-строительных проектов. Кроме того, указанный метод позволяет провести количественный анализ факторов, вызывающих риски, а также оценить

их влияние на деятельность строительных предприятий и продолжительность реализации проекта до и после внедрения компенсационных мероприятий.

Неопределенность продолжительности проекта может быть рассчитана с помощью уравнения (8):

$$H_{\Pi} = \sum_{i=1}^n \text{Ч}_i \times \text{В}_i \times \text{П}_i, \quad (10)$$

где  $H_{\Pi}$  - неопределенность продолжительности проекта;

$\text{Ч}_i$  - чувствительность к влиянию фактора риска;

$\text{В}_i$  - вероятность возникновения фактора риска;

$\text{П}_i$  - запланированная продолжительность деятельности  $i$ .

Случайная продолжительность деятельности  $C_{\Pi}$  рассчитывается на основе оптимистичной  $O_{\Pi}$  и пессимистичной  $P_e$  продолжительности деятельности:

$$C_{\Pi} = O_{\Pi} + (P_e - O_{\Pi}) \times \text{Ч}_c, \quad (11)$$

где  $\text{Ч}_c$  - случайное число  $0 < \text{Ч}_c < 1$ .

**Четвертая глава.** В соответствии с описанными этапами иерархического анализа проводились расчеты относительной важности (приоритета) исследуемых строительных предприятий с точки зрения влияния на них факторов риска. Проведено попарное сравнение между группами факторов, и после обеспечения консистентности определена относительная важность (приоритет).

После этого с учетом групп факторов риска рассчитываются приоритеты исследуемых предприятий. Это делается с помощью матрицы попарного сравнения предприятий по каждой из групп факторов и расчета приоритета данных предприятий.

Оценивались изучаемые предприятия с использованием шкалы коэффициента приоритетности (табл.2) по влиянию на них групп факторов риска (табл. 3).

Таблица 3. Расчет коэффициента приоритета предприятий

	0.59		0.65		0.64		0.54		0.53
0.19	0.25	+ 0.11	0.23	+ 0.37	0.27	+ 0.26	0.17	+ 0.07	0.33
	0.16		0.12		0.1		0.3		0.14

С целью оценки влияния групп факторов риска на деятельность строительных предприятий ранжируются в соответствии с их общим весом (коэффициентом приоритета) следующим образом:

Коэффициент приоритета (предприятие 1) =  
 $(0.19 \times 0.59) + (0.11 \times 0.65) + (0.37 \times 0.64) + (0.26 \times 0.54) + (0.07 \times 0.53) = 0.6$  (высокое влияние)

Коэффициент приоритета (предприятие 2) =  
 $(0.19 \times 0.25) + (0.11 \times 0.23) + (0.37 \times 0.27) + (0.26 \times 0.17) + (0.07 \times 0.33) = 0.24$  (низкое влияние)

Коэффициент приоритета (предприятие 3) =  
 $(0.19 \times 0.16) + (0.11 \times 0.12) + (0.37 \times 0.1) + (0.26 \times 0.3) + (0.07 \times 0.14) = 0.17$  (низкое влияние)

После выявления и оценки факторов риска специалисты строительного производства могут принять необходимые решения и внедрить организационно-технологические мероприятия по сдерживанию рисков путем снижения вероятности возникновения или минимизации их воздействия.

Разработан комплекс компенсационных мероприятий, которые разделены на четыре основные группы с их подкритериями (рис 5). Эти мероприятия были собраны в ходе анализа инвестиционно-строительных проектов и предприятий и интервью с экспертами, принимающими решения в строительном производстве Ирака с целью снижения или исключения влияния факторов, вызывающих риски.

Главная цель предлагаемой методики состоит в том, чтобы согласно этапам матрицы риска и моделированию методом Монте-Карло, оценить влияние факторов риска на деятельность строительных предприятий и продолжительность реализации проекта (как один из основных показателей деятельности строительных предприятий до и после внедрения компенсационных мероприятий для снижения или исключения влияния указанных факторов).



Рис.5. Компенсационные мероприятия по снижению или исключения влияния факторов риска

Анализ и обобщение информации, полученной в процессе изучения научных трудов, экономической и геополитической ситуации в Ираке, посещение строительных объектов и опрос специалистов в строительной сфере позволил разработать ряд мероприятий с целью уменьшения или исключения влияния факторов риска (табл 4).

Таблица 4. Мероприятия для уменьшения или исключения влияния факторов риска на работу строительных предприятий в Ираке

Наименования	Основные мероприятия
Экономические мероприятия	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Мониторинг экономической ситуации (политика государства, инфляция, налоговая ставка)</li> <li>2. Контроль колебаний курса валют, позволяющий избежать высоких цен на материалы, оборудование и рабочую силу</li> <li>3. Формирование в бюджете предприятия резерва на случай повышения цен</li> </ol>
Организационные и технические мероприятия	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определение каналов коммуникации и передачи информации между заказчиком и подрядчиком для слаженной координации действий</li> <li>2. Установление сроков завершения работ и санкций за их нарушение</li> <li>3. Использование квалифицированных трудовых кадров</li> <li>4. Использование современных механизмов и технологий для строительства многоэтажных объектов и реконструкции зданий</li> </ol>



Наименования	Основные мероприятия
	5. Запрет на использование строительной техники рабочими без соответствующей квалификации и опыта 6. Определение возможности отклонения от сроков сдачи проекта в результате непредвиденных обстоятельств (без существенного ущерба для качества строительной продукции) 7. Дополнительные инвестиции в оборудование, материалы, персонал и логистические схемы. Пересмотр поставщиков оборудования и материалов
Политические и военные мероприятия	1. Максимальный мониторинг ситуации в регионе строительства, разработка схем и методов экстренной эвакуации сотрудников в случае военного нападения, разъяснение мер личной безопасности 2. Разработка маршрутов доставки рабочих и оборудования на место строительства, пролегающих вне закрытых дорог и расположения контрольно-пропускных пунктов 3. Создание защитного ограждения вокруг строительной площадки и организация предприятием круглосуточной охраны строительного объекта 4. Предотвращение протестов и политических демонстраций рядом с местом строительства, т.к. они вызывают сбои в работе
Мероприятия по управлению факторами риска (ФР)	1. Прогнозирование возникновения ФР с целью дальнейшего управления рисками 2. Диагностика источников риска (диагностика ФР) 3. Мониторинг проекта, его показателей, контроль за развитием рисков и выявление актуальных сценариев действий для компании во время возникновения каждого из возможных рисков 4. Составление периодических отчетов о ФР, вероятности возникновения рисков, обновление информационной базы данных по каждому инвестиционно-строительному проекту 5. Опесечение управленческой команды на объекте необходимой подготовкой: техническими знаниями о методах и технологиях строительства, используемых в проектах
Мероприятия по безопасности труда	1. Надлежащее планирование с учетом погодных факторов для обеспечения наиболее подходящих условий для работы 2. Оценка условий, в которых работают бригады площадок для обеспечения максимальной производительности 3. Обеспечение строительным предприятиям необходимыми средствами индивидуальной защиты рабочих в любое время 4. Проведение мероприятий по технике безопасности на рабочем месте и необходимости использования защитного оборудования

Таким образом, была установлена вероятная продолжительность инвестиционно-строительного проекта до и после внедрения компенсационных мероприятий по снижению или предотвращению влияния факторов риска с использованием моделирования методом Монте-Карло и графика торнадо (для определения чувствительности графика производства работ по проекту к воздействию различных факторов).

Применение результатов исследования (оценки влияния факторов риска на продолжительность и стоимость проектов) проводилось при реализации следующих инвестиционно-строительных проектов в Ираке:

**1. Жилой комплекс «Ворота Ирака»** (Ирак, г. Багдад, ул. Аль-Мутанна-24). На первом этапе разрабатывается исходный график проекта. В рассматриваемом случае график составлялся для 15-этажного корпуса с помощью программы Primavera Risk Analysis. После анализа



неопределенности для выявления возможных рисков и их связи с деятельностью предприятия создавался Реестр рисков (рис.6).

Реестр рисков										
Файл Правка Вид Инструменты Помощь										
Качественный Количественный										
Риск			До смягчения			Смягчение		После смягчения		
ID	T/O	Наименование	Вероятность	График	Оценка	Ответ	Наименование	Вероятность	График	Оценка
R1	T	Задержка или неуплата финансовых взносов для предприятий	Н	VH	36	Уменьшать		М	М	10
R2	T	Высокие температуры летом более 50 °С	Н	Н	28	Избегать		Н	Н	28
R3	T	Задержки в графике строительства	Н	VH	36	Уменьшать		М	Н	20
R4	T	Задержка поступления на объект материалов, оборудования и рабочих из-за военных действий	Н	VH	36	Избегать		М	Н	20
R5	T	Недостаток трудовых ресурсов	Н	Н	28	Уменьшать		М	L	5
R6	T	Забастовки и массовые беспорядки	Н	Н	28	Избегать		М	L	5
R7	T	Низкая квалификация рабочих кадров	Н	Н	28	Передача		М	Н	20

Рис. 6. Реестр рисков (Предприятие 1)

Гистограмма кумулятивного распределения всех видов работ по проекту в соответствии с исходным графиком продолжительности работ (рис 7). С вероятностью 50% все работы проекта могут быть завершены 05.02.2021 г. (262 дня). С вероятностью 80% проект может быть завершен 13.02.2021 г. (270 дней). Указанная продолжительность включает в себя строительно-монтажные, подготовительные и проектные работы.

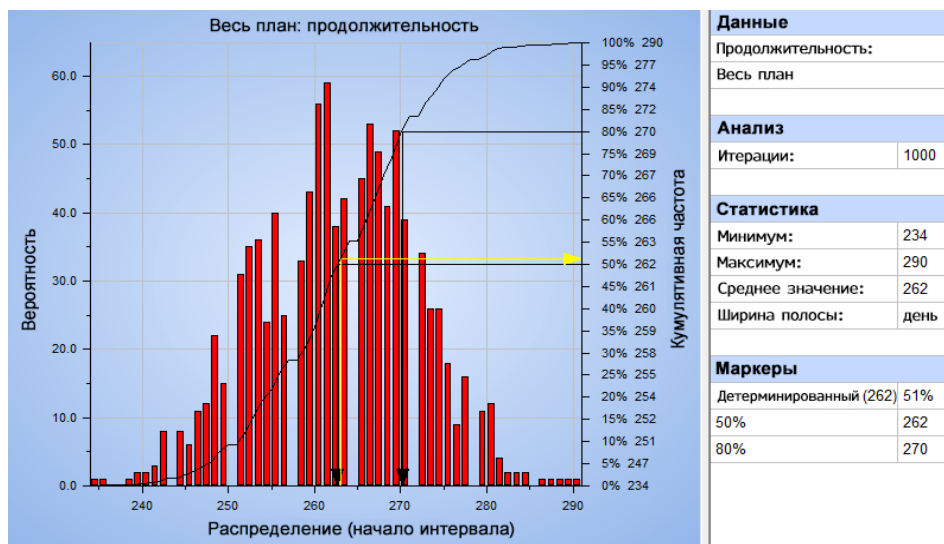


Рис. 7. Первоначальный график продолжительности работ по проекту

На рис. 8 представлена гистограмма кумулятивного распределения всех работ по проекту до внедрения мероприятий по уменьшению или ограничению влияния рисков. С вероятностью 50% все работы по проекту могут быть завершены 20.07.2021 г. (427 дней). С вероятностью 80% все работы по проекту могут быть завершены 31.08.2021 г. (469 дней).

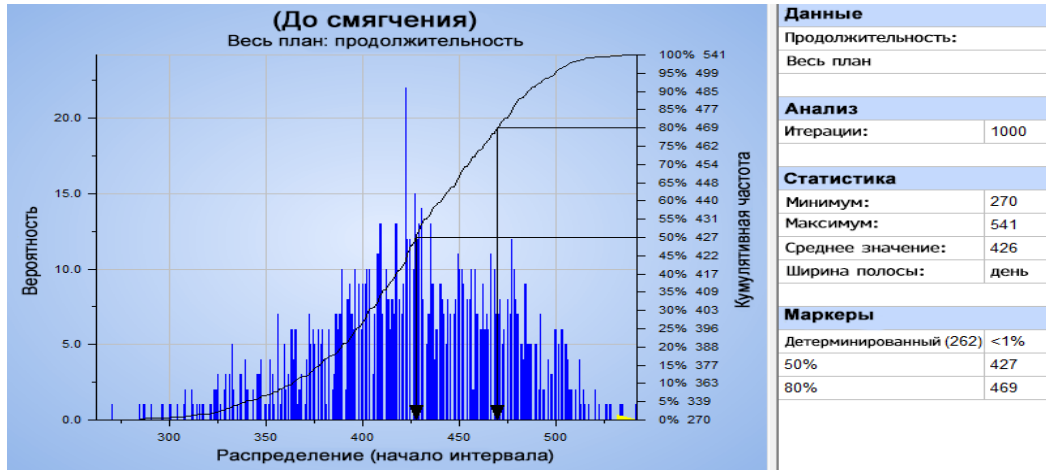


Рис. 8. Гистограмма продолжительности работ по проекту до внедрения мероприятий

На рис. 9 представлена гистограмма кумулятивного распределения всех видов работ по проекту после внедрения мероприятий по уменьшению или ограничению влияния рисков. С вероятностью 50% все работы по проекту могут быть завершены 13.04.2021 г. (329 дней). С вероятностью 80% все работы по проекту могут быть завершены 08.05.2021 г. (354 дня).

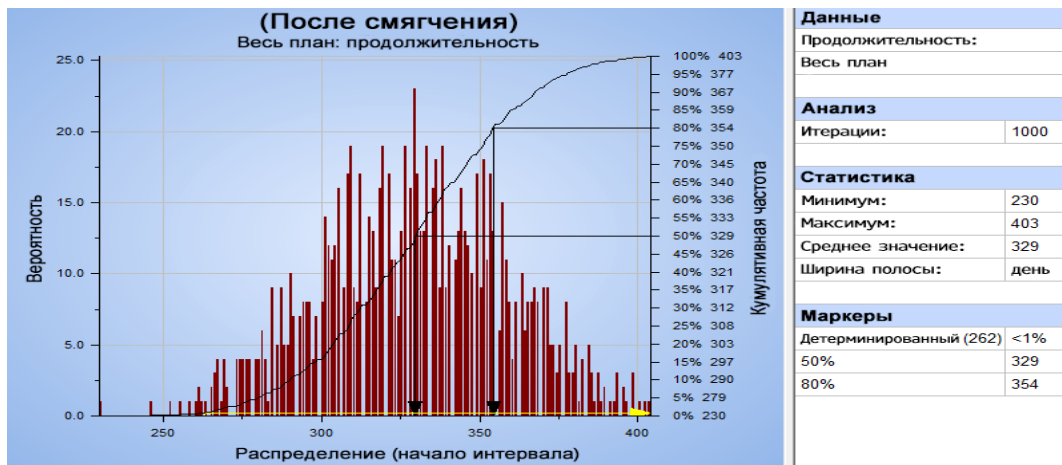


Рис. 9. Гистограмма продолжительности работ по проекту после внедрения мероприятий

На рис. 10 показано сравнение графиков вероятной продолжительности проекта, изображенных на рис. 7, 8 и 9.

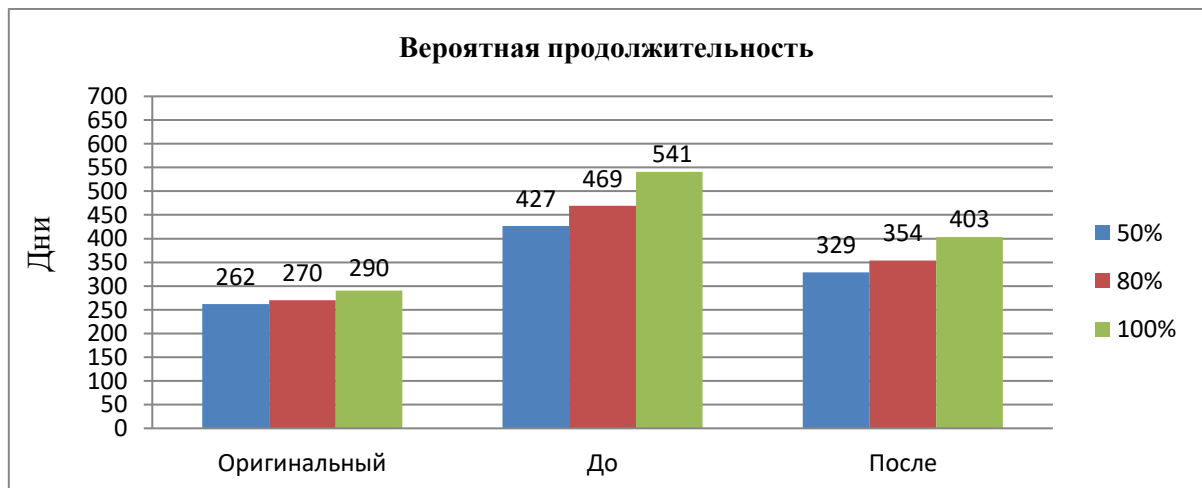


Рис. 10. Сравнение графиков продолжительности проекта

**2. Жилой комплекс Джабал Амель** (Ирак, г. Аль Дивания, ул. Цивилизация 122). На первом этапе разрабатывается исходный график проекта. В рассматриваемом случае график составлялся для 10-этажного корпуса с помощью программы Primavera Risk Analysis (рис. 11), по аналогии с предыдущим проектом.

Реестр рисков											
Качественный: Количественный											
Риск	ID	T/O	Наименование	До смягчения			Смягчение		После смягчения		
				Вероятность	График	Оценка	Ответ	Наименование	Вероятность	График	Оценка
	1	T	Задержки в графике строительства	VH	VH	72	Передача		VH	VH	72
	2	T	Высокая температура летом более 50 °C	VH	H	36	Избегать		H	M	14
	3	T	Задержка или неуплата финансовых взносов для предприятий	H	H	28	Уменьшать		M	L	5
	4	T	Недостаток трудовых ресурсов	H	H	28	Уменьшать		H	H	28
	5	T	Низкая квалификация рабочих кадров	H	M	14	Передача		M	M	10
	6	T	Простои, связанные с незапланированными событиями ( праздниками)	H	H	28	Принять		H	H	28
	7	T	Получение работниками травм из-за боевых действий, ведущихся рядом со строительной площадкой	H	VH	56	Избегать		H	H	28
	8	T	Отсутствие механизмов и технических средств	H	M	14	Уменьшать		M	M	10

Рис. 11. Реестр рисков проекта Джабал Амель

На основе 1000 итераций выполнялось моделирование Монте-Карло исходного графика выполнения работ по проекту (рис. 12), составлялись вероятные графики выполнения работ до и после внедрения компенсационных мероприятий по снижению или исключению факторов риска.

На рис. 12 представлена гистограмма кумулятивного распределения всех видов работ по проекту в соответствии с исходным графиком продолжительности работ. С вероятностью 50% все работы проекта могут быть завершены 01.01.2022 г. (313 дней). С вероятностью 80% проект может быть завершён 13.01.2022 г. (323 дня).

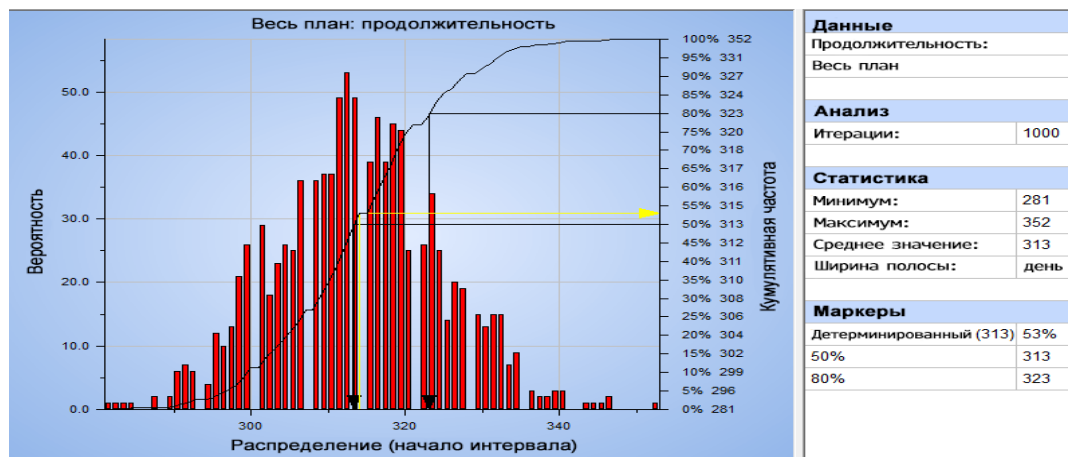


Рис. 12. Первоначальный график продолжительности работ по проекту

На рис. 13 представлена гистограмма кумулятивного распределения всех работ по проекту до внедрения мероприятий по уменьшению или ограничению влияния рисков. С вероятностью 50% все работы по проекту могут быть завершены 02.07.2022 г. (495 дней). С вероятностью 80% все работы по проекту могут быть завершены 11.08.2022 г. (535 дней).

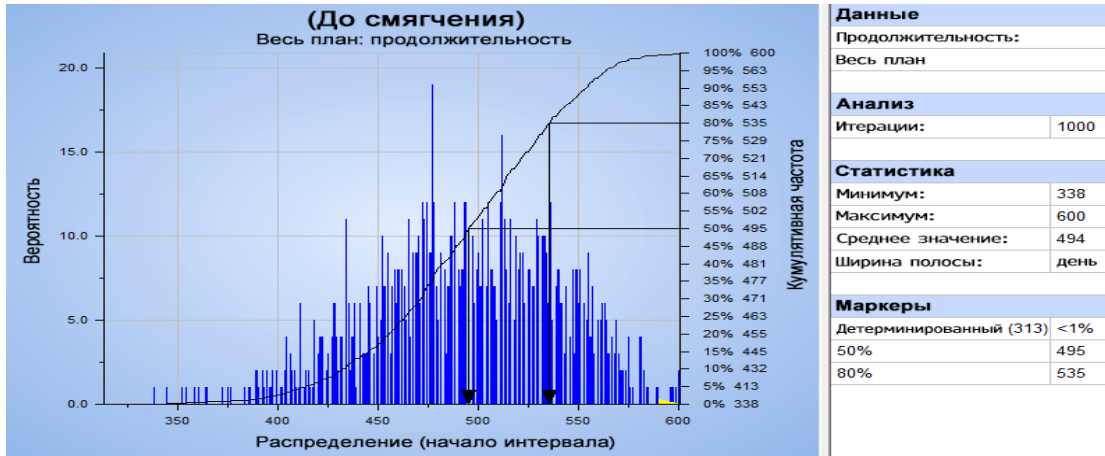


Рис.13. Гистограмма продолжительности работ по проекту до внедрения мероприятий

На рис. 14 представлена гистограмма кумулятивного распределения всех видов работ по проекту после внедрения мероприятий по уменьшению или ограничению влияния рисков. С вероятностью 50% все работы по проекту могут быть завершены 19.05.2022 г. (451 день). С вероятностью 80% все работы по проекту могут быть завершены 17.06.2022 г. (480 дней).



Рис. 14. Гистограмма продолжительности работ по проекту после внедрения мероприятий

На рис. 15 показано сравнение графиков вероятной продолжительности проекта, изображенных на рис. 12, 13 и 14.

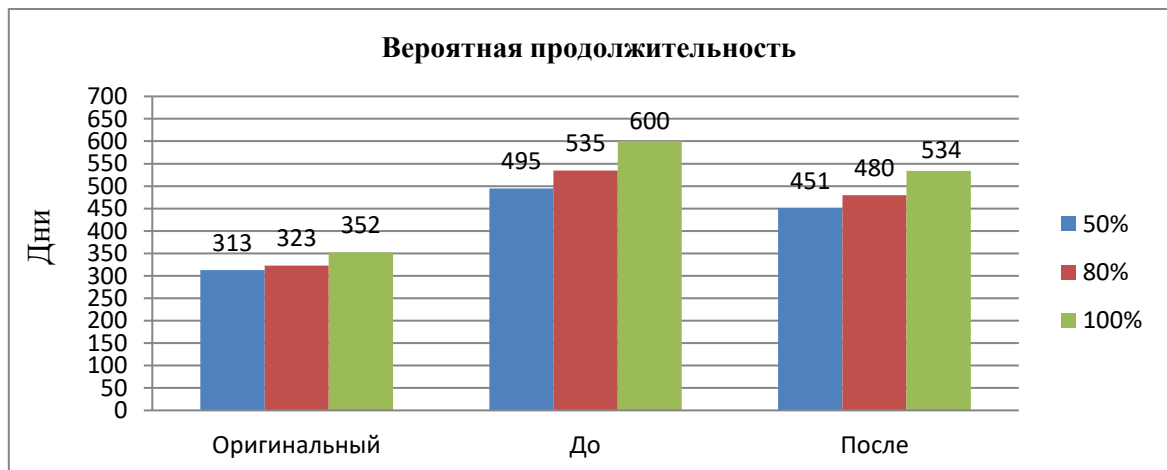


Рис. 15. Сравнение графиков продолжительности проекта

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- 1) Исследование влияния факторов риска на деятельность строительных предприятий Ирака подтвердило актуальность научной проблемы и выявило необходимость изучения экономических (финансовых), военных, организационных, технических, климатических и др. групп факторов.
- 2) Решена научная задача оценки факторов риска на строительном этапе жизненного цикла объекта.
- 3) Проведена классификация факторов риска и изучены аналитические методы, позволяющие графически отобразить факторы, влияющие на деятельность строительных предприятий. Определено, что для достижения целей настоящего исследования наиболее предпочтительным является использование методов Монте-Карло и иерархического анализа.
- 4) Предложена модель оценки влияния групп факторов риска на деятельность строительных предприятий при реализации инвестиционно-строительных проектов в Ираке и других странах. Приоритет (относительная важность) группы экономических факторов был равен (0.37), далее шли военные факторы со значением (0.26), организационные (0.19), технические (0.11), затем климатические факторы со значением приоритета (0.07). Установлено, что модель иерархического анализа может быть использована при принятии управленческих решений в строительных организациях. В ходе такого анализа осуществляется сбор мнений экспертов (лиц, принимающих решения). Полученные результаты обрабатываются и объединяются в матрицу решений.
- 5) Разработаны компенсационные мероприятия для снижения или исключения влияния факторов риска на деятельности строительных предприятий Ирака.
- 6) Разработана методика с использованием метода Монте-Карло и внедрена в деятельность строительных предприятий Ирака.

Результаты внедрения проведенных исследований подтверждены следующими строительными предприятиями Ирака:

- А) Строительное предприятие «Аламко», осуществляющее деятельность по реализации строительства жилого комплекса «Ворота Ирака» в центре г. Багдада, хорошо справилась с возникновением факторов риска и их влиянием. Она также произвела учет экономических и геополитических факторов, находящихся вне ее контроля, в соответствии с данными экспертного опроса. Результаты показали, что с вероятностью 80% первоначальная продолжительность инвестиционно-строительного проекта составляет 270 дней, после возникновения рисков и их дифференцированного влияния продолжительность значительно увеличивается – до 469 дней. Внедрение компенсационных мероприятий по уменьшению и (или) исключению влияния факторов риска позволило сократить продолжительность реализации инвестиционно-строительного проекта до 354 дней.
- Б) Строительное предприятие «С.В.С», осуществляющее деятельность по реализации инвестиционно-строительного проекта «Джабал Амель», ранее не имела надлежащего опыта управления факторами риска. Результаты исследования показали, что с вероятностью 80% первоначальная продолжительность реализации инвестиционно-строительного проекта составляет 323 дня, после возникновения факторов риска продолжительность увеличивается до 535 дней. Внедрение компенсационных мероприятий по уменьшению и (или) исключению влияния факторов риска позволило сократить продолжительность проекта до 480 дней.
- 7) Предложенные компенсационные мероприятия позволили снизить или исключить влияние факторов риска на деятельность строительных предприятий. Результаты проведенного исследования можно использовать для качественной и количественной оценки влияния факторов риска на деятельность строительных предприятий Ирака и других стран.

### **Рекомендации и перспективны дальнейшей разработки темы исследования**

По результатам исследования влияния факторов риска на деятельность строительных предприятий в Ираке разработаны следующие рекомендации:

- регулярное проведение обучения ответственных работников строительных предприятий Ирака способам моделирования с применением метода Монте-Карло с целью повышения технико-экономических показателей при реализации инвестиционно-строительных проектов;

- проведение дальнейших исследований по управлению рисками на всех этапах жизненного цикла объекта строительства;

- продолжение работы над развитием статистических и математических методов количественной и качественной оценки, таких как Монте-Карло, метод иерархического анализа, теория Демпстера-Шафера, метод матрицы рисков и т.д., и использование результатов проведенного исследования при обучении бакалавров, специалистов и магистров в строительных ВУЗах Ирака.

Направлениями для дальнейших исследований являются:

- математическое обоснование факторов риска во внешней и внутренней средах и комплексное влияние этих факторов на деятельность строительных предприятий;

- учет характера факторов риска в зависимости от видов строительства (промышленное, жилищное, социальное);

- разработка нормативных параметров факторов риска в зависимости от экономического, технического, производственного воздействия;

- разработка методики определения экономического эффекта от сокращения влияния факторов риска на деятельность строительных предприятий;

- исследование ущерба, возникающего в результате воздействия факторов риска на деятельность строительных предприятий.

## **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### **Публикации в изданиях, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий:**

1. Лapidus A. A., Abramov I. L., Al-Zaidi Z. A. Исследование методов для оценки рисков в условиях неопределенности планирования строительным производством // *Components of Scientific and Technological Progress*. – 2020. – №11(53) . – С. 13-18.

2. Abramov I. L., Al-Zaidi Z. A. K. Формирование модели оценки рискообразующих факторов, влияющих на устойчивое функционирование строительных предприятий // *Components of Scientific and Technological Progress*. – 2020. – №7(49) . – С. 15-24.

3. Abramov I. L., Al-Zaidi Z. A. Идентификация и оценка рискообразующих факторов при планировании производственной деятельности строительного предприятия // *Components of Scientific and Technological Progress*. – 2020. – №7(49) . – С. 25 - 29.

4. Abramov I. L., Al-Zaidi Z. A. Прогнозирование устойчивости строительных предприятий в условиях неопределенности // *Components of Scientific and Technological Progress*. – 2020. – №8(50) . – С. 5 - 9.

5. Al-Zaidi Z. A. K. Исследование эффективного функционирования строительных предприятий в условиях рисков // *Наука и бизнес: пути развития*. – 2020. – № 1(103) . – С. 18 - 23.

6. Abramov I. L., Al-Zaidi Z. A. Оценка деятельности строительных компаний Ирака в условиях дестабилизирующих факторов и возникновения рисков // *Строительное производство*. – 2021. – № 4. – С.16 - 23.

### **Статьи, опубликованные в журналах, индексируемых в международных реферативных базах Scopus, Web of Science:**

7. Lapidus A. A., Abramov I. L., Al-Zaidi Z A K. Assessment of the impact of destabilizing factors on implementation of investment and construction projects // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 951 012028 (2020).

8. Abramov I. L., Al-Zaidi Z. A. K. The level of influence of human and external risks on a construction company's sustainability // IOP Conf. Ser: Mater. Sci. Eng.753 042043. (2020).
9. Schreiber A. K., Abramov I L., Al-Zaidi Z. A. Assessment of risk-forming factors of construction production in conditions of uncertainty // E3S Web of Conferences 258, 09052 (2021). Doi.org/10.1051/e3sconf/202125809052.
10. Schreiber A.K., Abramov I. L., Al-Zaidi Z. A. Study of the impact of military factors and security threats on construction projects in Baghdad // E3SWeb of Conferences 258, 09066.(2021). Doi.org/10.1051/e3sconf/202125809066.
11. Abramov I. L., Al-Zaidi Z. A. K. The impact of risk factors of construction production on the results of activities of construction organizations in Iraq // AIP Conference Proceedings 2559, 060015 (2022). <https://doi.org/10.1063/5.009903>.

**Статьи, опубликованные в других научных журналах и изданиях:**

12. Лapidус А. А., Абрамов И. Л., Аль-Заиди З. А. Применение BIM-технологий для контроля и оценки строительных рисков // Системотехника строительства - Киберфизические строительные системы: МГСУ. – 2019. – С. 312-325.
13. Абрамов И. Л., Аль-Заиди З. А. Идентификация и оценка факторов риска, влияющих на строительство многоэтажных зданий в Ираке. Вторая национальная конференция «Актуальные проблемы строительной отрасли и образования – 2021». С. 821-827.