

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи



**ЧАПИДЗЕ ОТАРИ ДЖЕМАЛИЕВИЧ**

**СТРОИТЕЛЬСТВО МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ,  
В УСЛОВИЯХ РИСКОВ, ВЫЗВАННЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-  
ТЕХНИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ**

2.1.14. Управление жизненным циклом объектов строительства

**Диссертация**

на соискание учёной степени

кандидата технических наук

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор

**Лapidус Азарий Абрамович**

Москва – 2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>4</b>
<b>ГЛАВА 1. ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДИК ПО ВЫЯВЛЕНИЮ И ОЦЕНКЕ ФАКТОРОВ РИСКА В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ ОБЪЕКТА .....</b>	<b>10</b>
1.1 Обзор научных международных и национальных исследований на тему диссертационного исследования.....	10
1.2 Классификация факторов риска в жилищном строительстве .....	17
1.3 Управление проектом объекта капитального строительства и факторы риска .....	20
1.4 Факторы риска, влияющие на бюджет и продолжительность строительства многоэтажных жилых зданий.....	26
1.5 Математический аппарат для анализа факторов риска .....	33
Выводы по главе 1 .....	38
<b>ГЛАВА 2. МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ОСНОВНЫХ ЭТАПОВ ИССЛЕДОВАНИЯ .....</b>	<b>40</b>
2.1 Планирование эксперимента для определения факторов риска при строительстве многоэтажных жилых зданий.....	40
2.2 Метод экспертной оценки для анализа факторов риска.....	48
2.3 Традиционная оценка риска строительного объекта .....	60
2.4 Нечёткая логика как математическая модель для оценки факторов риска .....	64
Выводы по главе 2 .....	74
<b>ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПО УПРАВЛЕНИЮ И ВОЗДЕЙСТВИЮ НА ФАКТОРЫ РИСКА, ВЫЗВАННЫЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИМИ РЕШЕНИЯМИ, ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОКРАЩЕНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ. ....</b>	<b>75</b>
3.1 Формирование методики по управлению и воздействию на факторы риска, вызванные организационно-техническими решениями, для обеспечения сокращения продолжительности проектирования и строительства многоэтажных жилых зданий.....	75
3.2 Формирование исходных данных многоэтажного жилого здания для исследования....	79

3.3 Обработка результатов экспертного опроса математическим аппаратом .....	87
Выводы по главе 3 .....	109
<b>ГЛАВА 4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ .....</b>	<b>110</b>
4.1 Описание объектов капитального строительства для внедрения методики.....	110
4.2 Внедрение методики в деятельность плановых отделов строительной организации ..	115
Выводы по главе 4 .....	138
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>140</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>143</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А. Анкета эксперта и опросной лист эксперта .....</b>	<b>154</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Результаты сходимости экспертной оценки .....</b>	<b>166</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ В. Характеристика исследуемых факторов риска.....</b>	<b>223</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Характеристика АИП исследуемых объектов строительства....</b>	<b>229</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Акты внедрения.....</b>	<b>232</b>

## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность темы исследования.

Направление диссертационного исследования определено, исходя из современных тенденций и требований в области жилищного строительства.

Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации ежемесячно проводит оперативный мониторинг ситуации в жилищной сфере на территории субъектов страны. С 2010 года в Российской Федерации наблюдалась положительная динамика по объёму ввода жилья. По официальной статистике Министерства строительства за 2019-2023 годы, в России средний показатель застройки жилого фонда составляет 80,9 млн м<sup>2</sup> общей площади в год. [1]

Согласно материалам службы «ЕГРЗ<sup>1</sup>-Аналитика», по результатам анализа сайтов и проектных деклараций застройщиков на территории Российской Федерации на июнь 2022 года выявлено 9467 строящихся многоэтажных жилых домов<sup>2</sup>, совокупная площадь которых составляет 102 682 879 м<sup>2</sup>.

Анализируя данные о этажности частного жилищного фонда, осуществляемого застройщиками в РФ, мы можем заметить следующее: средняя высота жилых многоэтажных зданий, строящихся в России, составляет 19 этажей на одну строящуюся жилую единицу. Изменение средней высоты текущего строительства в РФ представлено на рисунке 1.

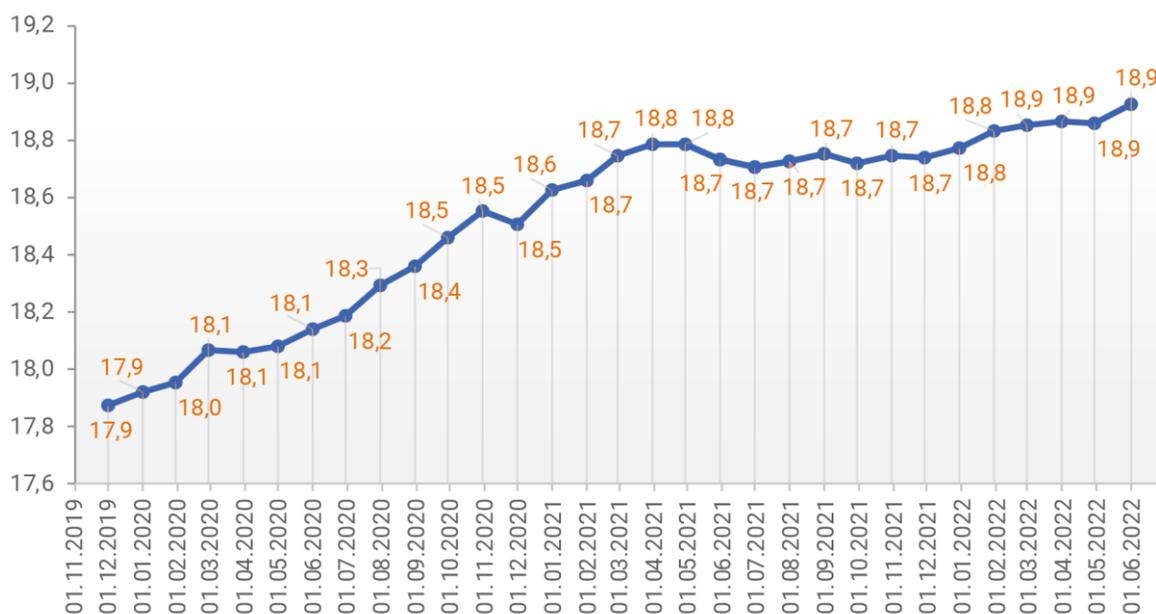


Рисунок 1. Динамика изменения средней этажности.

<sup>1</sup> ЕГРЗ — Единый государственный реестр заключений;

<sup>2</sup> Под многоэтажными жилыми домами здесь и далее по тексту понимается термин в соответствии с "СП 42.13330.2016. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений.", «-зона застройки многоэтажными жилыми домами (девять этажей и более)»

В последние годы значительно возрос интерес широкого круга предпринимателей и специалистов к проблемам технических рисков в строительстве. Этому поспособствовал накопленный опыт работы в условиях становления и развития рыночных отношений, быстрый рост темпа работ, использование новых технологий, сбои, поломки, все это приводит к непредвиденным факторам риска. [2]

Сегодня большинством руководителей предприятий и предпринимателей осознана необходимость анализа, оценки и учёта технических рисков. В современных условиях естественным и оправданным является проведение значительного количества исследований, посвящённых факторам технических рисков.

В последние годы изучение факторов технических рисков стало важным аспектом в строительной отрасли. На протяжении жизненного цикла проекта возникает множество организационных, технологических, технических и экономических рисков. Благодаря проведённым исследованиям было выявлено, что на параметры стоимости и продолжительности проекта может существенно влиять множество факторов технических рисков.

Как показывают исследования последних лет, стоимость объекта может увеличиваться до 20%, а продолжительность строительства может вырасти до 30%. [3,4]

Изучение факторов рисков и их прогнозирование является важным шагом на пути к достижению ожидаемых показателей проекта по параметрам продолжительности и стоимости строительства. Оценка вероятности возникновения неблагоприятных ситуаций на протяжении всего жизненного цикла строительного объекта имеет особую значимость. [5,6]

Без оценки факторов риска управление жизненным циклом проекта не может существовать. Интеграция процессов управления факторами риска в организацию и эффективное использование этого подхода могут принести значительную выгоду в экономии ресурсов. [7]

### **Степень разработанности темы исследования**

Различные аспекты факторов риска в строительном производстве рассматривались в ряде научных трудов отечественных и зарубежных исследователей: Буянова В.П., Грабового П.Г., Зеленцова Л.Б., Карданской Н.Л., Киевского Л.В., Кирсанова К.А., Король Е.А., Лapidуса А.А., Луговцова Н.Ю., Мильнера Б.З., Михайлова Л.М., Морозенко А.А., Мотылева Р.В., Олейника П.П., Прыкина Б.В., Синенко С.А., Стражникова А.М., Теличенко В.И., Чулкова В.О., Яковенко Е.Г., Fouladgar M. M., Ibrahim, Z.Z., Jobling, Paul, Merna, Tony, Smith, Nigel J., Yazdani Chamzini, Zadeh, L.A., Zavadskas E. K.

**Научно-техническая гипотеза.**

Сокращение продолжительности проектирования и строительства многоэтажных жилых зданий может быть достигнуто, если будут учтены спрогнозированные и систематизированные факторы риска в жизненном цикле объекта, вызванные организационно-техническими решениями.

**Цель диссертационного исследования** – Управление и воздействие на факторы риска, вызванные организационно-техническими решениями, для обеспечения сокращения продолжительности проектирования и строительства многоэтажных жилых зданий.

**Задачи исследования**

Для достижения поставленной цели в диссертации решались следующие задачи:

1. Обзор научных исследований, анализ проблем и перспектив развития отечественной строительной отрасли на примере строительства многоэтажных жилых зданий в условиях факторов риска.
2. Разработка алгоритма операционных действий по проведению эксперимента для систематизации и ранжировании факторов риска.
3. Анализ факторов риска при проектировании и возведении жилых многоэтажных зданий, формирование методологической базы исследования.
4. Формирование математической модели для анализа факторов риска.
5. Разработка методики по управлению и воздействию на факторы риска, вызванные организационно-техническими решениями, для обеспечения сокращения продолжительности проектирования и строительства многоэтажных жилых зданий.
6. Внедрение методики в строительное производство жилых многоэтажных зданий, оценка технико-экономического эффекта.

**Объект исследования** — Строительство многоэтажных жилых зданий

**Предмет исследования** — Процесс управления факторами риска, вызванные организационно-техническими решениями

**Научная новизна:**

1. Сформированы и систематизированы факторы риска.
2. Определена величина влияния факторов риска на продолжительность проектирования и строительства.
3. Создана система принятия решений по воздействию на факторы риска.
4. Разработана методика по управлению и воздействию на факторы риска, вызванные организационно-техническими решениями, для обеспечения сокращения продолжительности проектирования и строительства многоэтажных жилых зданий.

**Теоретическая значимость работы:**

Результаты исследования могут быть востребованы компаниями, осуществляющими строительство и проектирование жилых многоэтажных зданий в качестве генерального подрядчика или заказчика. С помощью методики, описанной в диссертации, компании смогут более организованно подходить к проектированию и строительству. Это позволит компаниям управлять производственным процессом более эффективно и принимать оптимальные пути решения для достижения требуемых результатов.

**Практическая значимость работы:**

Практическая значимость работы заключается в обосновании и апробации данных исследования для определения эффективности прогнозирования ключевых показателей в жизненном цикле многоэтажного жилого здания, с помощью представленной методики, основанной на математической модели «Нечёткая логика».

**Методология и методы исследования**

Данное диссертационное исследование основывается на следующих основных методологиях и методах научного исследования:

1. Методы системного анализа.
2. Методы организационно-технологического моделирования.
3. Методы анализа экспертных суждений.
4. Метод планирования эксперимента.
5. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта.
6. Элементы теории принятия решений.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Факторы риска при проектировании и строительстве многоэтажных жилых зданий.
2. Влияния факторов риска на продолжительность проектирования и строительства.
3. Воздействие на факторы риска с целью сокращения продолжительности проектирования и строительства.
4. Методика по управлению и воздействию на факторы риска, вызванные организационно-техническими решениями, для обеспечения сокращения продолжительности проектирования и строительства многоэтажных жилых зданий.
5. Внедрение результатов исследования в строительное производство многоэтажных жилых зданий.

**Степень достоверности**

Достоверность диссертационного исследования подтверждается достаточным количеством проведённых наблюдений, изученных отчётов качества при строительстве объекта,

репрезентативной выборкой факторов риска, использованием обоснованных методов математической статистики и результатами апробации согласно теме диссертации.

**Апробация результатов исследования:**

1. Пятая Международная научно-практическая конференция кафедр организационно-технологического профиля строительных ВУЗов и технических университетов, МГСУ, 2019 г. Москва;
2. 3-е заседание Международного консорциума архитектурно-строительных вузов и Президентского форума, BRAUIC, 2019, г.Москва;
3. Научно-практическая конференция «Влияние искусственного интеллекта на финансовую отрасль», МЦФЭР, 2020, г. Москва;
4. Научно-практическая конференция «Новое качество государственного строительного надзора в контексте реформирования контрольной и надзорной деятельности», ГБУ «ЦЭИИС», 2021, г, Москва;
5. Участие во всероссийском инженерном конкурсе 2022/23, г. Москва

**Внедрение** результатов исследования произведены на следующих объектах капитального строительства:

1. Застройка экспериментального жилого микрорайона с жилыми домами переменной этажности» по адресу: г. Москва, поселение Десёновское, в районе дер. Яковлево. Корпус 13 — 16 эт.
2. Жилые дома с инженерными коммуникациями и благоустройством по адресу: г.Москва, СВАО, 9-ая Северная линия, вл.3. — до 24 эт.

**Личный вклад соискателя учёной степени в получении результатов, изложенных в диссертации,** заключается в том, что автором выполнены наукометрический обзор, исследование, численный эксперимент, моделирование. Внедрение результатов диссертационной работы осуществлялось в деятельность плановых отделов строительных организаций. Диссертационная работа в полном объёме является самостоятельным исследованием. В работах, написанных в соавторстве, автор сформулировал принципы постановки задач, предложил модели описания и прогнозирования факторов риска, разработал алгоритмы решения поставленных задач, описал проводимые эксперименты и результаты моделирования, сформулировал окончательные выводы по проведённым исследованиям.

**Публикации.** Материалы диссертации достаточно полно изложены в 7 научных публикациях, из которых: 5 работ опубликованы в журналах, включённых в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК, 1 работа опубликована в журнале, индексируемых

в международных реферативных базах Scopus и Web of Science и 1 работа ВАК не входящая в перечень специальностей 2.1.14.

**Соответствие научно-квалификационной работы паспорту научной специальности.**

Тема диссертации соответствует пунктам 4 и 7 паспорта научной специальности 2.1.14 «Управление жизненным циклом объектов строительства», отрасль науки – технические науки:

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

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 надёжности строительных систем, поддержка принятия организационно-технических решений на всех этапах жизненного цикла объектов капитального строительства.**

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа включает в себя: введение, четыре главы, заключение, список литературы — 145 наименований, приложений — 5, рисунков — 46, таблиц —29. Общий объем диссертации – 233 страницы.

# **ГЛАВА 1. ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДИК ПО ВЫЯВЛЕНИЮ И ОЦЕНКЕ ФАКТОРОВ РИСКА В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ ОБЪЕКТА**

## **1.1 Обзор научных международных и национальных исследований на тему диссертационного исследования**

Обзор литературы в этом в данной работе исследует риск в проектах, риск на малых и средних предприятиях, управление риском, оценку риска, факторы риска, связанные с критериями успеха, и возможную корреляцию, общую для большинства строительных проектов. Обзор также включает обсуждение риска как сложной системы, которая позволяет факторам риска иметь взаимоотношения на разных этапах жизненного цикла проекта. Основная цель обзора состоит в том, чтобы обобщить исследования процессов управления рисками проекта, включая онтологию риска, риск как сложную систему и факторы риска, чтобы поддержать возможную корреляцию факторов риска, связанных с критериями успеха на разных этапах строительного проекта. Рассмотрена научная литература по критериям успеха и общим факторам риска, связанным с критериями успеха. Затем факторы риска на протяжении жизненного цикла проекта будут рассмотрены в литературе для выявления возможности их взаимосвязи.

В работах таких учёных, как А.Н. Асаула, В.А. Абчука, В.А. Чернова, В.С. Шутова, Л.Б. Зеленцова, Л.В. Киевского, М.В. Грачева, М.Г. Лапуста, М.В. Олейника, Н.В. Хохлова, Р.В. Мотылева, Р.М. Меркина, С.А. Синенко, С.М. Васина, Т.Н. Цай, Ю.П. Панибратова, И.Т. Балабанова, А.А. Лapidуса и других, достаточно глубоко рассматриваются вопросы, связанные с факторами риска.

В мировой практике существует множество классификаций рисков, что может вызвать затруднения при их систематизации и определении. Научно обоснованная категоризация помогает чётко определить каждый риск в контексте общей системы, разделить их на конкретные подгруппы в зависимости от характеристик и создать возможности для эффективного управления ими. Классификация рисков представляет распределение рисков на определённые группы в соответствии с общими признаками, для того чтобы достичь поставленных целей [8].

Различные виды рисков описаны в различных работах. Например, И.Т. Балабанов разделяет риски на две основные категории: чистые и спекулятивные, в зависимости от возможного результата. Чистые риски представляют возможность получения нулевого или

отрицательного результата, в то время как спекулятивные риски могут привести к получению как положительного, так и отрицательного результата [9,10].

Понятие риска проекта может иметь различные определения, которые представлены в работах многих авторов. Риски могут иметь как положительные, так и отрицательные последствия, влияющие на жизненный цикл проекта [11,12,13,14]. Однако научно обоснованная классификация рисков помогает эффективно управлять ими и достичь поставленных целей.

Поскольку это исследование касается рисков в контексте строительных проектов, разумно начать с обсуждения характера проектов. В контексте строительных проектов, важно понимать характер данных проектов. Согласно определению, приведённому в [15], проект является деятельностью, которая требует организации человеческих, материальных и финансовых ресурсов для выполнения уникального объёма работы с заданной спецификацией в рамках ограничений по стоимости и времени, с целью достижения количественных и качественных целей. Это определение выделяет три ключевые цели любого проекта: время, стоимость и качество, которые должны быть центральными приоритетами в процессе выполнения проекта. Также это подчёркивает необходимость эффективной организации имеющихся ресурсов для достижения желаемого конечного результата. Как отмечают [16,17,18,19,20], процесс любого строительного проекта состоит из этапов и требует хорошей организации участников проекта.

Различные авторы предлагают разное число этапов в проекте [21,22,23,24]. Самый простой подход определяет две основные фазы – разработку проекта и реализацию проекта. Эти два этапа можно дополнительно детализировать и разбить на большее количество этапов, например, технико-экономическое обоснование, проектирование, закупку, строительство, ввод объекта в эксплуатацию и эксплуатация. Рассмотрим четыре этапа: концепция, проектирование, закупка и производство. На этапе концепции имеется представление о проекте и анализируются условия его выполнения. На этапе проектирования архитекторы и инженеры создают строительные чертежи в соответствии с требованиями заказчика. На этапе закупок уточняются материалы или их аналоги для закупки. Наконец, подрядчик выполняет работу на этапе строительного производства.

Другим важным аспектом строительного процесса является организация самого проекта. В рамках строительных проектов принимают участие различные стороны, такие как заказчики, подрядчики, субподрядчики, производители и поставщики, архитекторы, инженеры, местные органы власти, финансирующие организации и другие. Важно правильно скоординировать работу всех участников проекта для достижения заданных целей и выполнения проекта в соответствии с требованиями. Недостаточная координация

или неправильная коммуникация между участниками могут привести к неэффективности и увеличению продолжительности в реализации проекта, что может повлечь за собой дополнительные расходы. Чем больше участников вовлечено, тем сложнее становится задача управления жизненным циклом проекта.

На рисунке 2 представлены различные модели, представленные в литературе [25]

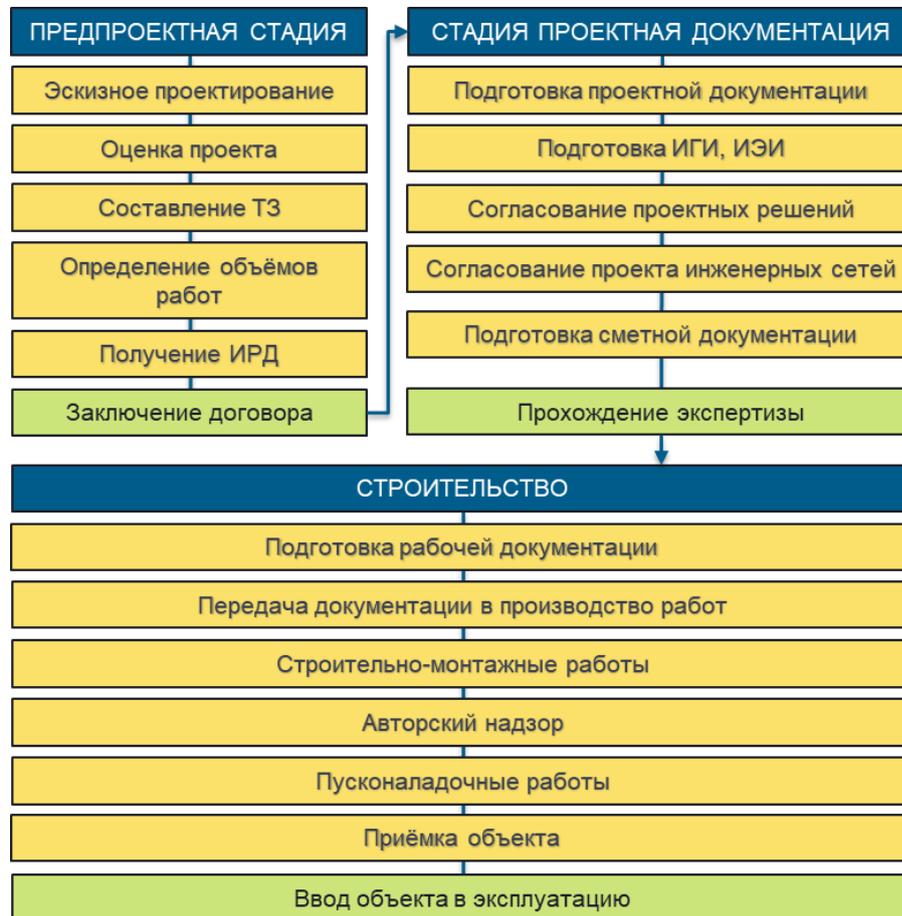


Рисунок 2. Этапы жизненного цикла строительного объекта

В научной литературе предлагаются различные определения риска проекта [26,27,28]. Некоторые из этих определений имеют общую черту: они определяют риск с точки зрения неопределённых событий и их влияния на цели проекта. В международном стандарте «Управление рисками проекта. Руководство по применению» [29] используются термины «вероятность» и «последствие» и определяется риск как сочетание вероятности возникновения события и его последствий для целей проекта. Поскольку в данном исследовании риски обсуждаются в контексте проекта, используется формальное определение из «Руководства по своду знаний по управлению проектами» [29]. Риск определяется как «неопределённое событие или условие, которое, если оно происходит, оказывает положительное или отрицательное влияние на цели проекта» [30] более подробно обсуждают концепцию риска и предлагают использовать более общую концепцию неопределённости. Они утверждают, что термин «риск» часто ассоциируется с

невзгодами и фокусируется на угрозах, а не на возможностях. Анкетирование, проведенное [31,32,33] усиливает этот аргумент, показывая, что большинство респондентов воспринимают риск как негативное событие. Принимая во внимание вероятность возникновения и последствия для целей проекта, те события, которые имеют высокую вероятность и большое влияние, подлежат управлению рисками, рисунок 3.

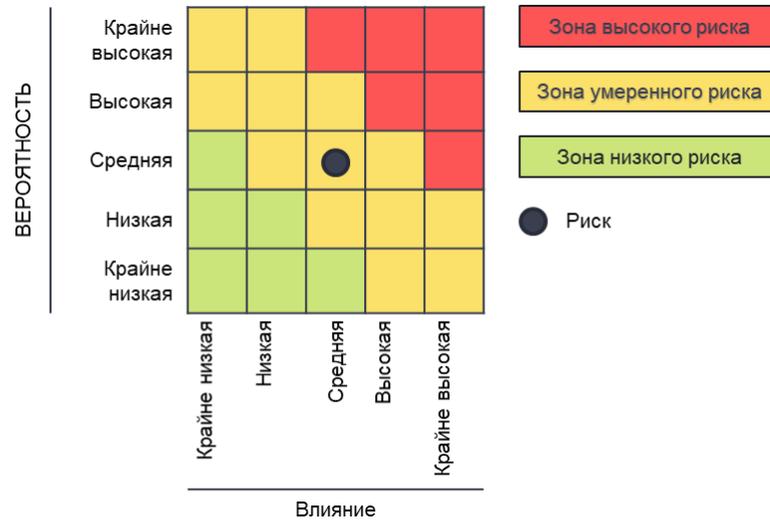


Рисунок 3. Матрица событий риска

Управление рисками является систематическим процессом, который включает выявление, оценку и реагирование на риски проекта. Главная цель этого процесса заключается в максимальном раскрытии возможностей и минимизации последствий рискованных событий. В литературе доступны различные модели управления рисками, в том числе и с разным количеством этапов. В свою очередь, [34,35] предлагают интегрированную методологию управления рисками в крупных и сложных строительных проектах, которая разделена на четыре фазы процесса: инициация, балансировка, обслуживание и обучение. Каждая фаза состоит из нескольких этапов, которые также могут быть подразделены на различные виды деятельности. Несмотря на разнообразие моделей, выявление, оценка и реагирование на риски являются основой управления рисками проекта. Рассмотрим модель, управления рисков, рисунок 4.



Рисунок 4. Управление рисками

Главным шагом в управлении рисками является обнаружение потенциальных рисков, которые могут оказать влияние на проект. Для этого рекомендуется привлечение как можно большего числа участников проекта. Существуют различные инструменты и методы для определения рисков, такие как мозговой штурм, мнение экспертов, структурированные интервью, анкеты, контрольные списки, исторические данные, тестирование и моделирование, оценка других проектов.

Исследования практики управления рисками [36,37,38] показывают, что контрольные списки и мозговой штурм являются наиболее применимыми методами выявления рисков, но идентификация риска часто зависит от индивидуальных суждений участников проекта. Однако интересное исследование [39] предполагает, что роль опыта в идентификации рисков может быть менее значительной, чем обычно считается. [40]

Несколько исследований способствовали получению знаний о конкретных, специфических и связанных рисках [41]. В процессе оценки рисков проводится оценка и ранжирование выявленных рисков с целью определения приоритетности для руководства. В литературе предложено множество моделей, использующих как качественные, так и количественные методы оценки проектных рисков.

Данное эмпирическое исследование практики оценки рисков в строительных проектах проводит анализ различных методов оценки рисков, используемых в Великобритании. Исследование указывает на то, что как качественные, так и количественные методы оценки проектных рисков применяются строительными компаниями. Среди наиболее успешных качественных методов можно выделить личный и корпоративный опыт и инженерную оценку, а среди количественных методов - анализ безубыточности, ожидаемую денежную стоимость и анализ сценариев. Однако некоторые авторы сообщают о противоположных результатах использования количественных методов.

Из исследований практики управления рисками в строительной отрасли Великобритании следует, что специалисты-практики в основном полагаются на профессиональные суждения, интуицию и опыт. Анкетный опрос, проведённый [42], показывает, что в строительной отрасли наиболее часто используемым методом является качественный анализ, тогда как количественные методы применяются очень редко.

Результаты исследования, проведённого [43], указывают на то, что при оценке рисков подрядчики в основном полагаются на профессиональный опыт и интуицию. [44] отмечает, что, хотя количественные методы имеют преимущества по сравнению с качественными, их использование ограничено из-за сложностей, с которыми сталкиваются практики. Автор обсуждает элементы, которые способствуют разработке работоспособного

решения для количественной оценки риска. Распределение рисков в проектах строительства является важной задачей, поскольку невозможно исключить все потенциальные риски. Однако, правильное распределение рисков между участниками проекта может существенно повлиять на эффективность проекта с точки зрения общей стоимости. Необходимо помнить о том, что нечёткое распределение рисков может привести к возникновению конфликтов между заказчиком и исполнителем.

Одна из проблем, выявленных в научной литературе, заключается в различном восприятии того, кому следует относить конкретный риск или группу рисков. В большинстве случаев, подрядчики указывают, что они должны нести большую часть проектных рисков, и оценивают эти риски, добавляя непредвиденные обстоятельства к цене предложения. Однако, использование средств на непредвиденные расходы было определено исследователями и практиками как существенный источник увеличения стоимости проекта [45].

Оценка и сознательное распределение рисков по контракту на соответствующего участника позволяет снизить цену предложения за счёт уменьшения средств на непредвиденные расходы и, следовательно, приводит к снижению общих затрат. В литературе можно найти ряд моделей, которые могут быть использованы для принятия решений о распределении рисков [46].

На высококонкурентном строительном рынке важно сосредоточиться на реализации проекта на основе этих трёх критериев. Возникновение факторов риска влияющие на продолжительность могут иметь много последствий для проекта и плохую репутацию для подрядчиков. [47,48] отметили, что неблагоприятные последствия факторов риска могут варьироваться от увеличения затрат и снижения производительности до расторжения контракта.

Одной из проблем при введении универсального рецепта для предотвращения или устранения факторов риска в строительных проектах является их уникальность по объёму работ, необходимому времени, цели проекта, среде, в которой проект строится, уровню сложности, продолжительности, бюджету, персоналу, способ доставки материалов. Этот объем вариаций не обеспечивает постоянных переменных, на основе которых процесс можно было бы полностью сформулировать и контролировать.

Было доказано, что между временем и бюджетом, время сложнее контролировать [49] На самом деле проекты в строительной отрасли обычно известны как проекты с высокой вероятностью факторов риска, [50,51,52] подчеркнули важность прогнозирования вероятности факторов риска приводящих к увеличению продолжительности в строительстве.

Существует множество исследований, выявляющие причины увеличения продолжительности строительства. Большинство исследований было сосредоточено на выявлении причин и внедрении превентивных решений. Более глубокие исследования были сосредоточены на выявлении наиболее важных причин формирования факторов риска. Распространённым методом для этого было проведение опросов специалистов строительной отрасли в определённых регионах.

Факторы риска, влияющие на продолжительность нельзя ни предвидеть, ни контролировать. Оправданные факторы также можно разделить на две подкатегории: некомпенсируемые и компенсируемые.

I. Некомпенсируемые: эти типы связаны с причинами, которые трудно или невозможно контролировать. Неблагоприятная погода, стихийные бедствия, пожары и наводнения являются примерами не подлежащих компенсации задержек. Эти типы иногда вызывают споры из-за их общего понимания. Например, когда рассматривается неблагоприятная погода, неблагоприятные условия должны быть достаточно серьёзными, чтобы их нельзя было предвидеть в это время года в районе проведения работ. Поэтому не всякая неподходящая погода может считаться поводом для увеличения продолжительности работ. Определение необычно суровой погоды основано на исторических данных для района.

II. Компенсируемые: эти типы непредсказуемы и неподконтрольны подрядчику, с той разницей, что в таких случаях подрядчик имеет право, как на увеличение продолжительности, так и на дополнительную компенсацию. Конструктивные изменения и приостановка работы являются двумя примерами задержек, подлежащих компенсации.



Рисунок 5. Категории строительных задержек связанные с участниками строительства



Рисунок 6. Категории строительных задержек, связанные с внешним воздействием [51]

Чтобы избежать задержек в строительстве, необходимо провести тщательное планирование и координацию всех этапов работ, а также учитывать возможные риски и проблемы на каждом этапе. Кроме того, важно иметь достаточный бюджет и ресурсы для решения непредвиденных проблем.

## 1.2 Классификация факторов риска в жилищном строительстве

Проект -это план деятельности, который имеет определённую структуру в том числе и в строительной сфере. Окружающая среда проекта – это совокупность объектов и факторов, не принимающих участия в проекте, но влияющих на проект.

Окружение проекта, не имеет способность по управлению факторами и объектами и его составляющим. Напрямую окружение проекта имеет такие возможности, хотя и весьма ограниченные.

Сфера окружения проекта рассматривается как важный ресурс для управления рисками проекта. Риски могут быть оценены как потенциальные угрозы или возможности, которые не соответствуют заранее установленным заключениям. Внешнее окружение проекта состоит из различных факторов воздействия, включая поставщиков материала, работ и услуг, необходимых для выполнения плана, а также покупателей конечных продуктов.

Для успешной реализации плана необходимо взаимодействие соучастников плана - субъектов работ, которая проходит в рамках данной сферы, подвергаемой управлению. Соучастники могут быть активными, т.е. независимо выполняющими работу в соответствии с планом, или пассивными, т.е. испытывающими влияние со стороны плана.

Они могут быть прямыми, т.е. соучастниками работы в рамках плана, или косвенными, т.е. соучастниками работы, которая реализуется объектами, находящимися вокруг данной сферы и оказывающей большое влияние на план, либо испытывающей его воздействие. [53]

Структура соучастников плана, их значимость, распределение обязательств и ответственности зависят от типа, масштаба и сложности плана, а также от текущего этапа его выполнения. Важно учитывать, что положение соучастников не является постоянным.

Взаимодействие и обмен ресурсами являются неотъемлемой частью проекта и его окружения. В ходе проекта происходят материальные, экономические, энергетические и информационные обмены. Этот процесс также сопровождается изменением состава участников проекта, их ролей и концепций взаимодействия.

Строительный процесс отличается сложностью и динамичностью, требуя постоянной готовности к достижению требуемых результатов на каждом этапе жизненного цикла объекта. Важным аспектом является учёт возможного возникновения рисков, способных нарушить стабильность социально-экономических порядков [54, 55, 56, 57].

Строительный процесс сопровождают многочисленные факторы-вызовы, обусловленные его сложной структурой. Они требуют активного подхода, в котором команда проекта должна быть готова достигать поставленных целей на каждом этапе реализации. Успех и конкурентоспособность строительных проектов зависят от их устойчивости к внешним и внутренним воздействиям. Особое значение имеет тщательная оценка и управление потенциальными рисками, которые могут негативно повлиять на стабильность социально-экономических систем [56, 57].

Рискология - научная дисциплина, обладающая своей философией и специфическим аксиоматическим аппаратом. В качестве базовых аксиом рискологии выступают три принципа:

1. В мире не существует видов деятельности, не связанных с риском.
2. Чтобы поля риска были категорированы на основе числовых мер, полученных с помощью положений целочисленной математики. Несмотря на то, что эта математика является "вещью в себе", она все же является основой для категоризации рисков.
3. Каждое событие и каждый человек являются уникальными и неповторимыми. Данная аксиома отражается в историческом процессе и означает, что повторение возможно только в созданных искусственных моделях с целью упрощения задачи [58].

Актуальными являются способы смягчения последствий риска, поскольку никакие способности и гениальность человека не могут его попросту исключить [59].

Строительная индустрия, как и другие отрасли, сталкивается с уникальными проектами, что значительно повышает степень проявления рискованных факторов [60,61,62].

Риск представляет собой неопределённое состояние или явление, которое, в случае наступления, может оказать влияние на одну или более целей проекта. Эти цели могут включать в себя такие параметры, как сроки выполнения, стоимость, качество и производительность. [63,64,65]

Факторов риска на всех стадиях жизненного цикла проекта множество: организационные, технологические, технические, экономические [66]. Учитывая данное исследование были выделены отдельные этапы жизненного цикла строительного объекта, на которых происходит воздействие факторов риска при возведении многоэтажных жилых домов. Авторы сосредоточили своё внимание на систематизации и группировке факторов риска по стадиям жизненного цикла, после обширного изучения научно-технической литературы [67,68,69,70].

Риски, связанные со строительством, можно разделить на несколько категорий в зависимости от их уровня и характера воздействия. К таким категориям можно отнести проектные риски, бизнес-риски, риски окружающей среды и внутренние риски, которые имеют место у каждого участника строительной цепочки.

При проведении оценки инвестиционно-строительных проектов требуется учитывать классификацию внешних и внутренних рисков.

В контексте реализации проектов в строительстве, возникновение рисков может быть рассмотрено с точки зрения их отношения к проектам. В рамках этого подхода, можно выделить несколько категорий рисков, таких как проектные риски, документированные риски и недокументированные риски.

Документированные риски могут возникать на разных стадиях проекта, например, при оформлении финансирования или кредитования, заключении контрактов с тендерными комитетами или конкурсной документацией. В свою очередь, недокументированные риски могут возникнуть из-за ошибок или неполноценной документации, а также по причине возможных событий, которые имеют место на стадии проектирования, реализации и эксплуатации объекта. Таким образом, классификация рисков является важным инструментом для оценки инвестиционно-строительных проектов и позволяет определить возможные факторы риска на различных этапах жизненного цикла строительного объекта. Систематизация и группировка рисков по стадиям жизненного цикла позволяет более точно оценить вероятность их возникновения и разработать соответствующие меры по управлению ими.

При изучении значимости рисков в проекте можно заметить, что их оценка и классификация могут различаться в зависимости от обстоятельств, опыта экспертов, целей компании, а также других факторов. Установление целей является ключевым этапом в деятельности организации, поскольку это определяет ее направление. Последующие управленческие решения направлены на достижение этих целей. Анализ внутренних и внешних рисков позволяет систематизировать их и предотвратить их влияние на проект. [71].



Рисунок 7. Классификация проектных рисков

### 1.3 Управление проектом объекта капитального строительства и факторы риска

Управление жизненным циклом включает в себя планирование, организацию и управление задачами и ресурсами для достижения цели проекта и контроля процесса реализации. У каждого проекта должна быть уникальная цель, ограничения и требования.

В области архитектурно-строительного проектирования проводятся различные работы, направленные на подготовку проектной и рабочей документации для объектов капитального строительства, включая как строящиеся, так и реконструируемые объекты. Процесс архитектурно-строительного проектирования предусматривает выполнение ряд предварительных мероприятий.

Перед началом проектирования необходимо заключить договор между Заказчиком и проектной организацией, а также сформировать техническое задания на проектирование.

Одним из важных этапов являются инженерные изыскания, а также сбор исходно-разрешительной документации.

Инженерные изыскания выполняются для получения необходимых данных, которые позволяют разработать проектную документацию, а также осуществить строительство или реконструкцию объектов капитального строительства. Они направлены на получение следующих материалов:

1. Информации о природных условиях территории, на которой планируется строительство или реконструкция объектов. Это включает данные о факторах техногенного воздействия на окружающую среду и прогнозе изменений этих факторов.
2. Материалы, необходимые для обоснования компоновки зданий, строений и сооружений, а также принятия конструктивных и объемно-планировочных решений относительно этих объектов. Это включает проектирование инженерной защиты объектов, разработку мероприятий по охране окружающей среды, создание проекта организации строительства или реконструкции.
3. Инженерные данные, необходимые для проведения расчётов оснований, фундаментов и конструкций зданий, строений и сооружений, а также их инженерной защиты. Эти материалы также используются для разработки решений по проведению профилактических мероприятий и других необходимых действий, выполнения земляных работ, а также для решения вопросов, возникающих в процессе подготовки, согласования и утверждения проектной документации.

В настоящее время проектные организации все больше автоматизируют свои операционные процессы по:

- исполнению проектов и моделей,
- управлению портфелем проектов,
- управлением рабочих групп проектировщиков по конкретным объектам.

Управление проектами уходит своими корнями в науку управления и в настоящее время является отдельной отраслью общего управления, которая определяется не только ее теориями и методологиями, но и использованием специализированных технологических инструментов. В 1983 году Институт управления проектами - PMI выпустил официальный документ, устанавливающий стандарты управления проектами. В 1987 году этот технический документ стал Руководством PMBOK (Сводом знаний по управлению проектами). Руководство PMBOK 1987 года было единственным стандартом и руководством по управлению проектами в то время в Соединённых Штатах. Руководство

PMBOK , пятое издание, содержит стандарты, процессы, процедуры и области знаний, которые до сих пор считаются одними из ведущих стандартов в мире [72,73] В 1984 году PMI разработала процесс сертификации для управления проектами, а в 1987 году учредила Руководство PMBOK®; эти два действия определили управление проектами как профессию [74,75,76,77] В 2007 году PMI добавили расширение Руководства PMBOK, касающееся конкретных отраслевых стандартов для строительных проектов . В настоящее время проект определяется как временная организационная единица, созданная для удовлетворения некоторой уникальной потребности, которая требуется организации в виде результата, продукта или услуги. Жизненный цикл проекта определяется как этапы, через которые проходит проект от начала проекта до закрытия. Фазы жизненного цикла обычно состоят из фазы инициации, планирования, выполнения, мониторинга и закрытия для большинства проектов, хотя использовались и другие названия. [78], например, определяют концептуализацию, планирование, выполнение и завершение как четыре фазы жизненного цикла проекта. [78] объединяет эти названия этапов в три этапа: этап определения, на котором определяются критерии успеха, этап внедрения/операций и этап оценки. Фазы жизненного цикла проекта могут различаться, например, в случае со строительными проектами. Независимо от того, сколько фаз составляет жизненный цикл, оценка риска должна быть непрерывной на протяжении всего жизненного цикла проекта.

Выделяются альтернативные подходы, такие как условный подход и субъективный подход к успеху проекта, которые не так широко используются. [79] описали два подхода к определению критериев успеха: жёсткий для объективистских подходов и мягкий для более субъективных подходов. Эти два подхода к определению критериев успеха составляют дихотомию «жёсткий/мягкий». [80,81,82] проанализировали пятьдесят восемь статей об успехе строительных проектов и обнаружили, что в основе успеха лежит общая основа соблюдения тройных ограничений. Обнаружено, что соблюдение ограничений с точки зрения стоимости, времени и качества может быть недостаточным для обеспечения общего успеха проекта. Идея этой недостаточности основана на тройных ограничениях, не включающих; удовлетворённость заинтересованных сторон, производительность, безопасность и процесс.

Оценка риска включает в себя выявление факторов риска, определение вероятности возникновения риска из-за этих факторов и вероятного влияния этого риска на проект.

Многие исследователи признают, что идентификация риска является первым шагом к управлению рисками и имеет важное значение для успеха проекта [83,84]. Один из авторов дополнительно отмечал, что оценку рисков следует рассматривать с системной точки зрения, чтобы выявить уязвимые места системы, такие как риски, связанные с

системами управления, связанными с самой оценкой рисков. Факторы риска, связанные с решениями руководства относительно критериев успеха проекта, соответствуют этому подходу к риску как к системе. В данном исследовании было сосредоточено на этих выявленных факторах риска критериев успеха.

Факторы риска, не устранённые на ранних этапах проекта, могут усложнить атрибуты управления рисками на более поздних этапах [85] Литературу о критериях успеха можно разделить на следующие три категории: литература, посвящённая кластерам критериев успеха, литература, в которой критерии успеха рассматриваются как инструмент [86] и литература, в которой рассматриваются факторы риска, связанные с критериями успеха на протяжении жизненного цикла проекта [87] В этом исследовании использовались первые две группы литературы для поддержки определённых аспектов риска, связанного с критериями успеха, но основное внимание уделялось факторам риска, связанным с критериями успеха в течение жизненного цикла проекта. Факторы риска могут перерасти в риски [88] Исследование атрибутов связанности рисков и развитие зависимостей, основанных на рисках, на протяжении всего жизненного цикла проекта представляет особый интерес на протяжении всего жизненного цикла проекта. Решения, принятые на этапе определения проекта, могут окончательно определить успех или неудачу, поскольку действия руководства могут быть не в состоянии справиться с неопределённостями, возникающими из этих первоначальных критериев успеха позже в жизненном цикле проекта.

Основная проблема заключается в том, что факторы риска, не устранённые на ранних этапах проекта, могут усложнить атрибуты управления рисками на более поздних этапах, что может способствовать повышению неопределённости и риска. Лучшее понимание факторов риска, влияющих на согласование проектов с головной организацией, повышает шансы на успех в бизнесе.

Выявление факторов риска является начальным этапом оценки риска, который необходим для успешного управления рисками [89,90,91,92]. Это исследование было связано с факторами риска, выявленными на протяжении жизненного цикла проекта, связанными с критериями успеха, особенно на этапах определения и эксплуатации. Решения, принятые на этапе определения проекта, могут определить его успех или неудачу, поскольку действия руководства могут быть не в состоянии справиться с неопределённостями, возникающими из первоначально определённых критериев успеха позже в жизненном цикле проекта.

Факторы риска, связанные с критериями успеха на этапе определения/ранней стадии проектов, были определены в литературе как узость внимания к успеху управления

проектом, а не к общему успеху проекта [93], двусмысленность в определении критерии успеха, неполнота критериев успеха проекта из-за неопределённости, разнообразие, приводящее к противоречивым ожиданиям [94,95] устанавливая нереалистичные и не оценивая важность критериев успеха. Факторами риска, связанными с критериями успеха на этапе реализации, являются отсутствие выделения ресурсов для поддержки целей проекта [96,97] отсутствие стратегического согласования с организацией и изменение контекста.

Управление проектами является крайне важным аспектом в работе организаций, и в настоящее время широко используется во многих сферах. Сегодня этот тренд продолжает набирать обороты. Однако, чтобы гарантировать успех проектов в динамичном бизнес-окружении, необходимо принимать во внимание не только уровень методов управления проектами и качество управленческой команды, но и осуществлять эффективное управление рисками.

Ключевую роль в успехе проектов играет не только планирование, координация и контроль, но также и управление возможными рисками, которые могут возникнуть на любой стадии проекта. Риски могут происходить из различных источников, включая технические, финансовые, кадровые и другие. Управление рисками помогает предотвратить или минимизировать негативные последствия для проекта, что может существенно повлиять на его успех. [98,99].

Успешное управление рисками имеет решающее значение для достижения целей проекта и минимизации потенциально негативных последствий. Управление рисками включает систематический процесс выявления, оценки и смягчения рисков на протяжении жизненного цикла проекта. [100]. Путём предвидения и активного управления рисками, команды проекта могут повысить качество принятия решений, оптимизировать распределение ресурсов и улучшить общую проектную производительность. Такой подход позволяет организациям эффективно реагировать на неопределённости и потенциальные нарушения, сокращая факторы риска и иные издержки. [101,102,103,104].

Создание осведомлённой о рисках среды позволяет организациям лучше выявлять, контролировать и реагировать на риски, тем самым минимизируя их воздействие и увеличивая вероятность успеха проекта. [105]

Кроме того, управление рисками способствует долгосрочной устойчивости и конкурентоспособности строительных компаний. Путём эффективного управления рисками организации могут защитить свою финансовую стабильность, репутацию и отношения с заинтересованными сторонами. Это позволяет им лавировать в

неопределённых рыночных условиях, приспосабливаться к изменяющимся регуляторным требованиям и использовать возникающие возможности.

Управление проектом, успех проекта, риск в проектах, риск на малых и средних предприятиях (МСП), управление рисками, оценка риска, критерии успеха, факторы риска, факторы риска, связанные с критериями успеха, и возможная корреляция, характерная для большинства строительных проектов. Обзор также включал обсуждение рассмотрения риска как сложной системы, которая позволяет рискам иметь отношения на разных этапах жизненного цикла проекта.

Успех управления проектом был основан на трёх ограничениях времени, стоимости и качества в литературе по строительным проектам, в то время как согласованное определение общего успеха проекта все ещё остаётся неуловимым. Строительные проекты, как правило, более сложные, чем проекты в других отраслях, из-за большого количества заинтересованных сторон. Риски в контексте управления проектами — это события, которые ещё не произошли.

Риски имеют больший потенциал для нанесения ущерба МСП, чем более крупным организациям, из-за того, что у МСП меньше ресурсов на противодействие риску. При оценке риска, связанного с критериями успеха в проектах, необходимо учитывать, как методологию мягких систем (SSM), так и методологию жёстких систем (HSM). Плохие решения, принятые на ранней стадии проекта, могут усложнить последующие фазы настолько, что попытки управления рисками могут оказаться безуспешными и поставить успех проекта под угрозу. В литературе идентифицируются общие факторы риска, связанные с критериями успеха на протяжении всего жизненного цикла проекта, рассматривающего процессы риска как сложную систему. Оценка риска на разных этапах жизненного цикла проекта даёт более целостное представление о риске. Общие факторы риска, указанные в литературе на этапе определения проекта, - это узость фокуса, двусмысленность, неполнота, разнообразие, не реалистичность и отсутствие ранжирования. [106]

Одним из определяющих критериев при выборе процессов для описания и определения степени детализации процессов является вероятность возникновения рисков в процессе/проекте. Степень детализации анализа процессов жизненного цикла проекта зависит от наличия и существенности рисков.

Специфическими особенностями бизнес-процессов управления строительством являются:

1. Большой объем вложенного капитала;
2. Продолжительность инвестиционно-строительного процесса;

3. Длительный период окупаемости проектов;
4. Широкий набор контрактных взаимоотношений всех участников проектов;
5. Многовариантность осуществления проектов;
6. Ужесточённые сроки реализации проектов;
7. Значительное число подрядчиков на всех стадиях жизненного цикла проекта строительства;
8. Использование новых технологий в производстве работ.

Ввиду указанных особенностей управлением жизненным циклом является сложной многокомпонентной системой, при осуществлении которой сложно учесть все аспекты, влияющие на процесс и конечный результат реализации проекта.

#### **1.4 Факторы риска, влияющие на бюджет и продолжительность строительства многоэтажных жилых зданий.**

Строительная отрасль является важной составляющей экономического роста в Российской Федерации, ориентировочно 6% ВВП страны, а также обеспечивает рабочими местами около 7 миллионов человек. Государственные заказы на строительные-монтажные работы составляют порядка около 40% от общего объёма, и ожидается, что в будущем правительство проинвестирует миллиарды рублей в модернизацию и расширение национальной инфраструктуры.

Однако, несмотря на столь значительные государственные инвестиции, их недостаточно для удовлетворения всех строительных потребностей Российской экономики. По данным Департамента государственных целевых программ и капитальных вложений Минэкономразвития России [107], в 2019 году государственные инвестиции, направленные на федеральные целевые программы, составили около 900 млрд руб., в 2018 году — 740 млрд руб., в 2018 году — 760 млрд руб. 2017. При этом общий объем строительных работ в отрасли в 2019 году составил 9 200 млрд руб., в 2018 году — 8 400 млрд руб., в 2017 году — 7 600 млрд руб., свидетельствуют данные Росстата. Эти цифры подчёркивают значительную долю государственных инвестиций в строительные проекты. Эффективное управление инвестициями в строительных проектах во многом зависит от точной оценки затрат, поскольку ценообразование играет решающую роль. Успешная реализация проекта и экономическая эффективность во многом зависят от точности расчёта стоимости. Стоит отметить, что в мире около 50% проектов завершаются вовремя и в рамках бюджета. В некоторых случаях первоначальная смета проекта превышала фактические затраты в 14 раз. Этот вопрос особенно актуален во времена экономического кризиса, когда организации сталкиваются с проблемой совершенствования своей стратегии ценообразования. В то

время как рыночные силы диктуют цены в периоды роста, организации сталкиваются с необходимостью более точного определения и потенциального снижения базовых затрат во время спадов.

На стоимость строительства влияют различные факторы, включая стоимость материалов, услуг, энергетических ресурсов и рыночную конъюнктуру. Это отражает взаимозависимость между строительной отраслью и экономикой в целом.

Инвестиционно-строительный процесс состоит из нескольких этапов, каждый из которых требует принятия управленческих решений и учёта затрат. Эти решения структурируют процесс формирования и изменения затрат на протяжении всего строительства. Этапы включают в себя:

1. Планирование, сравнительный анализ и оценка эффективности использования федерального бюджета на государственные инвестиции.
2. Проектирование, проверка смет государственных инвестиций.
3. Определение подрядных организаций, способных выполнить работы в установленные сроки, с необходимым качеством и в рамках установленной стоимости.
4. Проведение конкурсных процедур (по государственным проектам) и заключение договоров с победителями.
5. Строительство и сдача объекта в эксплуатацию.
6. Эксплуатация и содержание объекта в соответствии с его целевым назначением.

На каждом этапе необходимо определить стоимость строительства, разработать смету, внести коррективы и спрогнозировать затраты на последующие этапы. Учёт всех этих факторов и принятие соответствующих решений является неотъемлемой частью успешной реализации инвестиционно-строительных проектов. Учёт всех этих факторов и принятие соответствующих решений являются неотъемлемой частью успешного реализации инвестиционно-строительных проектов. Бюджетное планирование инвестиций в строительных проектах регулируется положениями, которые описывают этот процесс в соответствии с соответствующими нормами. Данные нормативные акты допускают использование эталонных объектов и устанавливают нормативы цены строительства (НЦС) для объектов непромышленной и инженерной инфраструктуры. Утверждение норм стоимости строительства осуществляется компетентным государственным органом и включение их в федеральный реестр сметных норм. Нормы стоимости строительства разрабатываются на основе ресурсного и технологического моделирования проектно-сметной документации по реализованным объектам, имеющим положительные экспертные заключения.

Факторы, влияющие на эффективность взаимодействия заинтересованных сторон при реализации строительного проекта, можно разделить на две взаимосвязанные группы: внутренние факторы и внешние факторы, как показано в таблице 2.

Таблица 2. Факторы неэффективного взаимодействия участников реализации объекта строительства [108].

Внутренние факторы	Внешние факторы
Отсутствие этапа обоснования инвестиций, предполагающего наличие системы оценки показателей эффективности на планируемые инвестиции	Несовершенство (отсутствие) законодательной базы (регламентов)
Отсутствие полного обоснования к расчёту предполагаемой стоимости строительства объекта, устанавливающего предельный объем государственных инвестиций	Отсутствие нормативных документов, регламентирующих подходы к расчёту предполагаемой стоимости строительства объекта
Формальный подход к формированию технического задания на проектирование	Отсутствие «работающих» стандартов
Слаборазвитый механизм договорных отношений	Отсутствие «здоровой» конкурентной среды
Отсутствие зафиксированной цены работ на единицу измерения в рамках твёрдой договорной цены	Неэффективное информационное пространство участников реализации объекта строительства
Разрыв сроков между утверждённой проектной документацией и началом строительства	Низкий уровень кадрового обеспечения (дефицит или отсутствие необходимых инженерных и рабочих кадров)
Нарушение нормативных сроков строительства	Несоблюдение сроков строительства

Существующие проблемы во взаимодействии заинтересованных сторон в системе реализации строительных проектов имеют различные негативные последствия. К ним относятся рост затрат и увеличение продолжительности проектирования и строительства, разрыв между прогнозируемыми и фактическими затратами, риски потери инвестиций и не достижения запланированной прибыли, использование неэффективных технологий, нарушение производственных процессов, низкое качество работ. [109]

В настоящее время эксплуатационные расходы не учитываются при выборе подрядчиков или установлении контрактных цен. Участники инвестиционно-строительного процесса признают, что выбор более дешёвого варианта часто приводит к ухудшению качества, а более дорогостоящие проекты в конечном итоге могут оказаться более экономически выгодными. Аналогичный вопрос возникает и в отношении энергоэффективности зданий и сооружений. Важный аспект создаваемой системы заключается в организации информационных ресурсов, доступных всем участникам и заинтересованным сторонам, как показано на рисунке 8.[110]



Рисунок 8. Схема информационных потоков при реализации инвестиционно-строительных процессов на стадиях определения цены строительства

Строительство — отрасль, требующая значительных ресурсов, включая людей, материалы, технологии и организацию процессов. Управление инвестиционно-строительными проектами включает в себя множество аспектов, включая формирование и контроль затрат. Планирование начинается на прединвестиционной стадии, и особого внимания требует управление затратами во время строительства. [111,112]

Управление затратами строительного проекта предполагает планирование ресурсов, оценку стоимости, формирование общей стоимости по каждой статье расходов и контроль затрат на протяжении всего процесса реализации. Международная практика опирается на методологию, которая оценивает стоимость проекта на протяжении всего его жизненного цикла на основе полученной оценки.

Однако нынешняя практика в строительной отрасли редко учитывает эксплуатационные затраты при выборе подрядчиков или установлении контрактных цен. Таким образом, необходимость учёта операционных расходов в инвестиционно-строительных проектах остаётся актуальной. Все вышеперечисленное позволяет оптимизировать взаимодействие заинтересованных сторон и обеспечить эффективное управление затратами на протяжении всего процесса реализации инвестиционно-строительных проектов. Международная ассоциация стоимостного проектирования предлагает основные принципы классификации проектов, которые определяют методы оценки и управления затратами. Учитывая эффективность этих стандартных систем и методологий в международной практике, их применение может быть ценным в отечественном строительстве.

В таблице 1 описаны методы расчёта затрат на каждом этапе ценообразования с указанием ошибок оценки и их доли в общих расчётах. Использование сметных норм служит основой для оценки затрат на разных стадиях проекта. Применение этих систем и методологий способствует эффективному взаимодействию заинтересованных сторон и обеспечивает управление затратами строительных проектов на всех стадиях реализации [113]. *Таблица 1. Применение сметных нормативов при оценке стоимости строительства объекта*

Этап формирования стоимости	Методы расчёта стоимости строительства объекта	Используемые сметные нормативы	Составленные документ и погрешность оценки, %	Класс оценки в зарубежной практике
Концепция проекта	Методы расчёта стоимости строительства объекта по укрупнённым показателям	Норматив цены строительства (НЦС)	Предварительная оценка объекта, 25-40%	5 класс
Обоснование инвестиций			Предварительная смета, 20-30%	4 класс
Проектирование	Методы расчёта стоимости строительства объекта по укрупнённым и/или элементным показателям	Норматив цены конструктивных решений (НЦКР)	Сметно-финансовый расчёт, 15-20%	3 класс
Проведение торгов				2 класс
Строительство	Методы расчёта стоимости строительства объекта по элементным показателям (в соответствии с договором могут использоваться и укрупнённые показатели)	Элементные сметные нормы (ГЭСН, ТЭСН (ФЕР/ТЕР) на различные виды работ; НЦКР (по согласованию)	Сметная Документация, 3-5%	1 класс
Расчёты за выполненные работы			Первичная учётная документация, 0%	

Оценка уровня развития проектов в зарубежных странах опирается не только на технологические карты, но и на блок-схемы. Понимание конечного направления строительного проекта имеет первостепенное значение, и этот подход таким же образом

применяется в отечественной практике. Для международного использования Методология № 18Р-97 [114] представляет собой рекомендуемую структуру, включающую полный набор технических промежуточных результатов, необходимых для подготовки проектной документации.

Реализация проекта требует значительных инвестиций и временных ресурсов. Следовательно, структура затрат становится сложной и требует тщательного обоснования [115].

В российской строительной отрасли современное ценообразование часто использует единый метод решения разнообразных задач, опираясь на цены за единицу продукции. Однако такой подход вызывает озабоченность среди участников строительного процесса. Заказчики зачастую не могут определить сметную стоимость объекта без подготовки проектной или рабочей документации и детальных сметных расчётов.

Для решения этих проблем важно продвигать прозрачную и комплексную систему ценообразования, учитывающую конкретные требования и сложности каждого проекта. Этого можно достичь за счёт использования передовых методов оценки затрат, таких как калькуляция затрат на основе деятельности или параметрическая оценка, которые учитывают уникальные характеристики и параметры строительного проекта. Приняв индивидуальный подход к оценке затрат, как Заказчики, так и подрядчики могут улучшить свои процессы принятия решений и добиться более точных и реалистичных цен.

Показатели стоимости и сроков реализации исследуемых объектов АИП в Москве представлены в таблице 2.

В результате проанализированных данных выявлено, что все объекты изучения демонстрируют отклонения в стоимости строительства, распределённые в диапазоне от 7,3% до 50,4%. Среднее значение отклонения стоимости для всех объектов составляет 17,3%, при медианном значении 13,3%. Относительно временных рамок выполнения проектов, практически все объекты проявляют отклонения, изменяющиеся в промежутке от 11,1% до 266,7%. Среднее отклонение по временным рамкам составляет 109,4%, а медианное значение равно 118,2% (что эквивалентно 13 месяцам).

Таблица 2. Показатели стоимости и сроков реализации исследуемых объектов АИП г. Москвы [115]

Условные обозначения	ПССО, Тыс.руб.	ФССО, Тыс.руб.	Дельта отклонения стоимости (ПССО-ФССО) Тыс.руб.	% отклонения стоимости	Начальный предполагаемый срок реализации объекта строительства, мес.	Фактический срок реализации объекта строительства, мес.	% отклонения срока
Объект 1.1.	8131219,781	9209517,39	-1078297,609	13,3	35	43	22,9
Объект 1.2.	699231,1903	763415,4933	-64184,30301	9,2	10	31	210,0
Объект 1.3.	2109992,61	2767964,193	-657971,5831	31,2	15,5	42	171,0
Объект 1.4.	653961,7	767551,7126	-113590,0126	17,4	11,5	15,5	34,8
Объект 1.5.	359064,2057	448353,5104	-89289,30467	24,9	11	37	236,4
Объект 1.6.	1135779,742	1221268,539	-85488,797	7,5	14	34	142,9
Объект 2.1.	2610922,198	3927649,83	-1316727,632	50,4	22	28	27,3
Объект 2.2.	1993063,012	2110210,68	-117147,6683	5,9	18	20	11,1
Объект 2.3.	283675,32	323520,7543	-39845,43433	14,0	12	44	266,7
Объект 2.4.	197526,2782	214600,2599	-17073,98174	8,6	8	26	225,0
Объект 3.1.	815887,8317	908671,7949	-92783,96314	11,4	12,5	12,5	0,0
Объект 4.1.	985426,5726	1174644,245	-189217,6729	19,2	10	24	140,0
Объект 4.2.	700064,5831	751193,8861	-51129,30309	7,3	20	20	0,0
Объект 5.1.	399624,144	508122,4428	-108498,2988	27,15	11	24	118,2
Объект 5.2.	2304334	2578431,978	-274097,9782	11,9	17	23	35,3

В сравнении с плановыми индикаторами, данные отклонения могут указывать на возможные проблемы в процессе выполнения строительства. Высокий уровень отклонений как по стоимости, так и по временным рамкам, требует пристального внимания и корректировки со стороны проектного управления. Различия в стоимостных показателях могут быть связаны, например, с недостаточной точностью первоначальной оценки затрат, изменениями в планировании и спецификациях, а также с ростом стоимости ресурсов. Что касается отклонений во временных рамках, они могут быть обусловлены различными факторами, такими как непредвиденные задержки, изменения в проектной документации, неэффективное управление и координация работ.

Подробные данные представлены в Приложении Г.

## 1.5 Математический аппарат для анализа факторов риска

В настоящее время большинство приложений автоматизации технологических процессов используют нечёткую логику (нечёткое множество), которая позволяет применять опыт операторов и технологов для управления процессами.

Термин "нечёткое множество" ("fuzzy set") был введён в 1965 году профессором Лотфи А.. Применение нечёткой логики вызвало настоящий бум творческой активности в Японии, где исследования были не только теоретические, но и ориентированные на применения. Нечёткая логика широко применяется в промышленных целях, таких как водоподготовка, портовые краны, системы управления в метро, а также системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Нечёткая логика также используется в системах моделирования в финансовой сфере и диагностики в медицине.

В литературе Лотфи Заде впервые было предложено использование нечётких множеств для решения инженерных проблем. Это связано с применением человеческой логики и алгоритмического представления процессов принятия решений и оценки человека. Теория нечётких множеств является инструментом, который пытается численно выразить неопределённость и неточность, предоставляя дополнительную перспективу наряду с детерминистическими и вероятностными моделями для решения проблем реальной жизни.

Преимуществом нечётких множеств является их способность обрабатывать и представлять лингвистические данные. Это особенно полезно в случаях, когда другие методы обработки данных оказываются неэффективными.

Проблемы, связанные с обработкой лингвистических данных, представляют собой сложную задачу, так как такие данные обладают неопределённостью, неточностью и неполнотой.

Теория множеств используется во многих математических теориях, и понятие множества представляет собой важный элемент этой области. Однако, при работе с конкретными примерами, возникают ситуации, когда не все элементы ясно определяются как принадлежащие или не принадлежащие к множеству.

Например, при выборе качественных машин и механизмов из набора парка строительной техники, не всегда возможно чётко определить, какие именно машины и механизмы могут выйти из строя, так как процесс имеет вероятностный характер.

Изображение нечёткого множества представлено на рисунке 9. В данном случае, элементы множества, которые частично принадлежат нечёткому множеству, обозначены разными оттенками серого цвета в зависимости от степени их принадлежности к множеству.

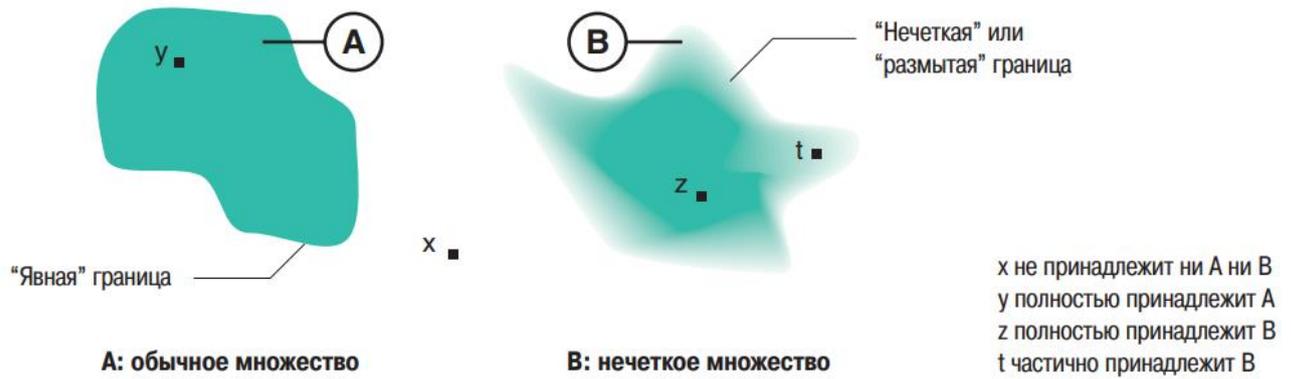


Рисунок 9. Пример нечёткого множества

В теории нечётких множеств функция принадлежности играет важную роль, так как она является основной характеристикой нечёткого объекта. Нечёткое множество определяется при помощи функции принадлежности, которая соответствует понятию "характеристическая функция" в классической логике. Все действия с нечёткими объектами производятся через операции с их функциями принадлежности, поэтому определение функции принадлежности является важной стадией.

Функция принадлежности может быть построена либо на основе статистической информации, либо при участии эксперта или группы экспертов. В первом случае функция принадлежности имеет частотную интерпретацию, а во втором случае степень принадлежности рассматривается как интенсивность проявления некоторого свойства или ощущения. Методы построения функции принадлежности делятся на прямые и косвенные.

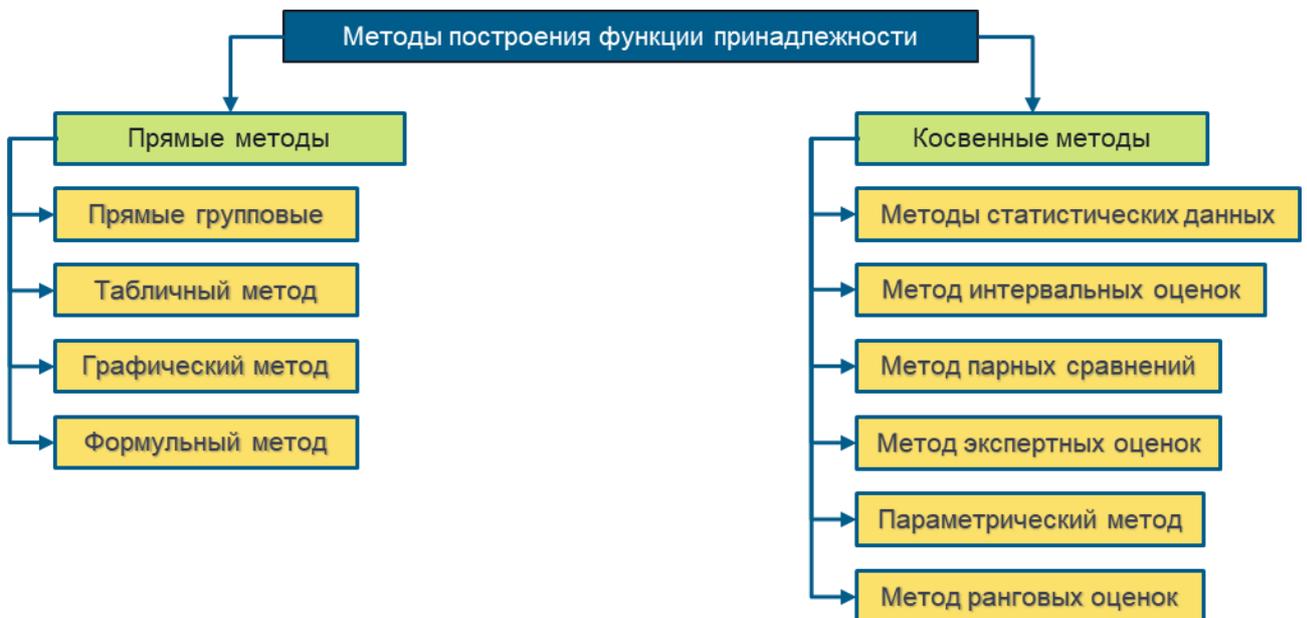


Рисунок 10. Классификация методов построения функций принадлежности

При построении функций принадлежности для нечётких множеств существуют определённые правила, которые определяются степенью неопределённости,

присутствующей при создании конкретных моделей нечёткости. Каждому нечёткому множеству можно сопоставить свойство, признак или атрибут, который описывает рассматриваемую группу объектов в универсуме.

Подобно классическим множествам, такое свойство может порождать предикат, который называется нечётким предикатом. Значения истинности данного предиката находятся в интервале от 0 до 1 для удобства.

Чем сильнее объект обладает рассматриваемым свойством, тем ближе значение истинности соответствующего нечёткого предиката к 1. В обратном случае, чем меньше объект обладает рассматриваемым свойством, тем ближе значение истинности к 0. Если объект определённо не обладает рассматриваемым свойством, то соответствующий нечёткий предикт принимает значение "ложь" (или 0). Если же объект определённо обладает рассматриваемым свойством, то соответствующий нечёткий предикт принимает значение "истина" (или 1).

Рассмотрим основные элементы системы, нечёткая система рисунок 11, состоит из следующих 5 элементов:

1. Лингвистические переменные
2. Функции принадлежности для фаззификации
3. Нечёткие правила
4. Операции с нечеткими множествами
5. Дефаззификация

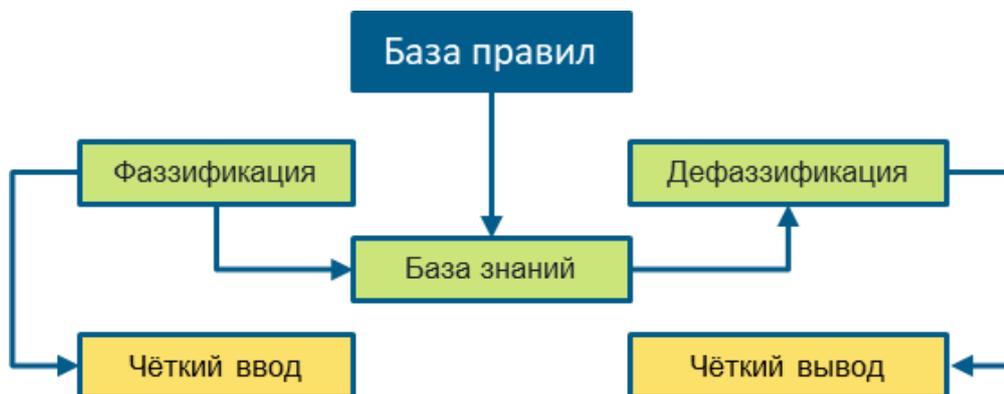


Рисунок 11. Нечёткая система

Лингвистические переменные: переменные, значениями которых являются слова или предложения. Когда система должна быть смоделирована, параметры системы определяются и устанавливаются как лингвистические переменные. Теперь этим переменным присваиваются соответствующие значения членства. Эти переменные обрабатывают частичную истину между полностью истинным и полностью ложным.

Методы нечёткой логики позволяют решать задачи, связанные с неопределённостью и нечёткостью входных данных. Для того чтобы использовать нечёткие методы для решения задач, требуется выполнить фаззификацию входных данных необходимо, т.е. реальные значения переменных переназначить на переменные.

Фаззификация позволяет учитывать неопределённость и нечёткость входных данных при решении задач с помощью нечётких методов. Процесс, который преобразует чёткие входные данные в нечёткое значение путём присвоения каждому элементу степени членства.

База нечётких правил: это простое правило «если» с условием и выводом, построенное для управления выходной переменной. Нечёткие правила оцениваются, и результаты отдельных правил объединяются с использованием операций с нечёткими множествами.

Дефаззификация: конечный результат, представляющий собой нечёткое значение, преобразуется в чёткое значение с использованием метода дефаззификации.

Нечёткое машинное обучение Алгоритмы машинного обучения в первую очередь направлены на извлечение знаний из данных, и для этой цели они используют традиционные методы кластеризации, классификации и ассоциации. Нечёткое множество применяется в сочетании с этими методами для получения более гибких результатов.

Нечёткие множества применяются на этапе самой обработки данных, поскольку они позволяют моделировать неполное и неточное представление данных. При отображении данных в модели использовался принцип нечёткого расширения. Для классификации и регрессии использовались системы на основе нечётких правил, обёрнутые фаззификаторами и дефаззификаторами.

Треугольная функция принадлежности	$A(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x \leq a \\ (x-a)/(m-a) & \text{if } x \in [a, m] \\ (b-x)/(b-m) & \text{if } x \in [m, b] \\ 0 & \text{if } x \geq b \end{cases}$
Функция принадлежности к одиночному элементу	$S(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x \neq m \\ 1 & \text{if } x = m \end{cases}$
Трапециевидная функция принадлежности	$T(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } (x \leq a) \text{ or } (x \geq d) \\ (x-a)/(b-a) & \text{if } x \in [a, b] \\ 1 & \text{if } x \in [b, c] \\ (d-x)/(d-c) & \text{if } x \in [c, d] \end{cases}$
Гауссова функция принадлежности	$G(x) = \exp[-(x-m)^2 / 2\sigma^2]$

Рисунок 12. Функция принадлежности

Алгоритмы кластеризации в основном делятся на жёсткую кластеризацию и мягкую кластеризацию. При жёсткой кластеризации каждый объект принадлежит только одному кластеру. Но при мягкой кластеризации, также известной как нечёткая кластеризация, каждый объект принадлежит более чем к одному кластеру, рисунок 12. При нечёткой кластеризации значение принадлежности каждого элемента к определённому кластеру изменяется в интервале от 0 до 1.

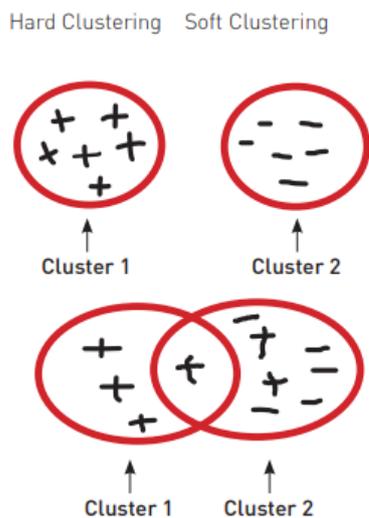


Рисунок 13. Жёсткая кластеризация и мягкая кластеризация



Рисунок 14. Сравнение нечёткой логики с другими технологиями управления

Преимущество использования нечёткого метода заключается в возможности более гибко и эффективно моделировать поведение системы или ее подсистемы, используя лингвистические метки-переменные и выражения вместо жёстких математических правил и уравнений. В настоящее время нечёткая логика, предложенная Лотфи Заде [116], служит хорошо зарекомендовавшим себя инструментом, широко используемым для моделирования различных аспектов управления рисками.

Благодаря уникальным возможностям нечёткой логики этот метод нашёл широкое применение при решении задач, связанных с оценкой рисков, ранжированием и расстановкой приоритетов на основе знаний, опыта и мнений экспертов. Это также позволяет настраивать функцию оценки рисков в соответствии с характером процесса. По сравнению с традиционными методологиями нечёткий подход предлагает двойные преимущества [117,118,119]: во-первых, он позволяет оценивать, ранжировать и приоритезировать риски на основе знаний, опыта и экспертных суждений, а во-вторых, облегчает настройку рисков, функция оценки формируется на основе характеристик процесса.

Управление неопределённостью в управлении рисками проекта является важнейшим аспектом, поскольку оно охватывает всю доступную информацию о потенциальных рисках, которые могут возникнуть. Моделирование неопределённости играет важную роль в анализе рисков проекта, позволяя прогнозировать потенциальные события с высокой точностью. Одной из причин этого является то, что неопределённости, связанные с рисковыми событиями, могут возникнуть из-за случайности и недостаточности данных о вероятности возникновения и потенциальных последствиях [120].

### **Выводы по главе 1**

1. Представленный автором в первой главе диссертационного исследования обзор отечественных и зарубежных исследований в области строительства на тему рисков, позволяет сделать следующий вывод: в настоящее время существует нерешённая задача отсутствия системного подхода к прогнозированию и оценке влияния факторов риска на параметр продолжительности строительства объекта, не рассмотрены конкретные методы и подходы к управлению рисками в проектах, а также отсутствует углублённый анализ факторов риска, связанный с организационно-техническими решениями строительного объекта

2. Существующая научная литература подчёркивает необходимость комплексной и систематической структуры, которая объединяет прогнозирование, оценку и управление рисками в строительных проектах. Такой подход позволит получить целостное понимание потенциальных факторов рисков и их влияния на продолжительность.

3. Стоит отметить, что острой проблемой является недостаточное внимание к классификации рисков и оценке их влияния на разные этапы жизненного цикла проекта. В научной литературе не рассмотрены критические риски, связанные как с проектированием, так и с выполнением строительных процессов, исследование которых

могло бы способствовать более точному прогнозированию и определению, и управлению рисками в данной области.

4. Внутренние факторы риска, связанные с управлением проекта, организацией работ и другими внутренними факторами, могут негативно повлиять на реализацию строительного проекта. Необходимо разработать методы и инструменты для идентификации и управления факторами риска.

5. Не проведено детальное исследование возможных стратегий и методов управления рисками проекта, что ограничивает понимание эффективных подходов к предотвращению рискованных событий и минимизации их последствий.

6. Определено, что факторы риска играют важную роль в управлении жизненным циклом проекта, требуется разработать подход, увязывающий факторы риска на всех этапах жизненного цикла проекта. Требуется определить взаимосвязь факторов риска и их влияние на продолжительность проектирования и строительства. Также необходимо проанализировать, как, воздействуя на факторы риска в жизненном цикле проекта, мы сможем оптимизировать продолжительность строительства.

7. Отсутствует анализ конкретных объектов строительства на предмет факторов риска, влияющих на продолжительность строительства, что ограничивает практическую значимость полученных выводов.

8. Использование нечёткой логики имеет более широкие применения в различных отраслях, включая промышленность, финансы и медицину. Однако, дальнейшие исследования и разработки всё ещё требуются для улучшения эффективности и точности применения нечёткой логики в реальных ситуациях, например, жилищного строительства.

9. Необходимо разработать систему классификации рисков, которая учитывала бы специфические особенности строительных проектов, и методы оценки рисков с целью более точного определения и планирования мер по их управлению или устранению.

10. Решение данных задач станет важным шагом в обеспечении успешной реализации строительных проектов и улучшении их устойчивости и конкурентоспособности.

## ГЛАВА 2. МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ОСНОВНЫХ ЭТАПОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Планирование эксперимента для определения факторов риска при строительстве многоэтажных жилых зданий

В начале 20-го века появилось новое направление - планирование эксперимента, цель которого заключается в разработке методов, обеспечивающих максимально точные результаты при минимальных затратах времени [121].

Для эффективного проведения эксперимента необходимо использовать принципы планирования эксперимента, основанные на определении оптимального и достаточного числа испытаний и условий, при которых они должны быть проведены.

Методы планирования эксперимента могут быть применены для решения множества задач. Одной из таких задач является поиск оптимальных условий, которые максимизируют или минимизируют определённый показатель эффективности. Планирование эксперимента также может использоваться для создания интерполяционных формул, которые позволяют оценить значения внутри экспериментального диапазона данных.

Кроме того, методы планирования эксперимента могут быть полезны при оценке и уточнении констант в теоретических моделях. Эти модели могут быть использованы для предсказания реакции или свойств системы на основе известных факторов и условий. Планирование эксперимента с помощью различных комбинаций параметров может помочь определить наилучшие значения констант модели. Эти методы позволяют проводить эксперименты с высокой точностью при минимальных затратах времени и материальных ресурсов. Они основываются на определении наиболее важных факторов и условий, при которых следует проводить испытания, и на использовании этих данных для получения наилучших результатов.

Кроме того, методы планирования эксперимента могут помочь в выборе наиболее подходящих гипотез из нескольких возможных вариантов. Это делает их полезными инструментами во многих областях науки и техники, где требуется проведение точных и надёжных исследований.

Каждый этап должен быть выполнен в соответствии с требованиями и целями эксперимента, чтобы обеспечить максимально точные и надёжные результаты. Важно учитывать все возможные факторы, влияющие на результаты эксперимента, и минимизировать их влияние на конечный результат. В научных исследованиях, направленных на разработку оптимального планирования эксперимента, особое внимание

уделяется параметрам, которые являются независимыми переменными в предполагаемой функциональной зависимости.

Перед началом планирования эксперимента представляется необходимым тщательно ознакомиться с информацией об объекте исследования и получить априорные данные.

Управляемые переменные, выступающие в качестве факторов эксперимента, должны быть не только независимыми друг от друга, но и обладать точностью и достоверностью измерений. Этапы проведения эксперимента в данном исследовании изображены на рисунке 15.



*Рисунок 15. Алгоритм проведения эксперимента*

Основная цель проведения эксперимента заключается в получении информации о факторах риска, вызывающих увеличение продолжительности и увеличения сметной стоимости объекта. Такой подход позволяет формализовать функционирование системы математически с высокой степенью достоверности. Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи: определение состава влияющих факторов, оценка степени их влияния на вершину системы и установление значений коэффициентов математической модели. Одним из важных аспектов исследования является анализ факторов рисков.

Задачей эффективного выявления факторов риска является анализ этапов работ и определение потенциальных диапазонов риска. Для достижения этой цели важно использовать разнообразные методы. В данной области широко применяются стандартные и специализированные опросные листы, составление и анализ диаграмм организационной структуры предприятия и карт технологических потоков, а также инспекционные посещения производственных подразделений. Стандартные и специализированные опросные листы представляют собой структурированные наборы вопросов, которые позволяют собрать информацию о различных аспектах работ и выявить связанные с ними факторы риска. Результаты анализа опросных листов позволяют определить вероятность возникновения рисков на различных этапах проекта.

Диаграммы организационной структуры предприятия и карты технологических потоков представляют собой графическое представление структуры и хода выполнения работ на предприятии. Анализ этих диаграмм и карт позволяет выявить уязвимые точки и связи между различными этапами работ, что способствует определению потенциальных факторов риска. Инспекционные посещения производственных подразделений являются ещё одним эффективным методом определения рисков. В ходе таких посещений эксперты имеют возможность оценить состояние оборудования, выполнение технологических процессов и соблюдение стандартов безопасности. Это позволяет выявить потенциальные опасности и риски, связанные с самим производством. Для проведения эксперимента формировались опросные листы, с факторами риска, где экспертам требовалось дать свою оценку тому или иному фактору по 5 бальной шкале.

Опросная анкета эксперта представлена на рисунке 16.

№	Фактор	Вероятность фактора риска					Влияние фактора на продолжительность				
		Редкий менее 5%	Маловероятный более 5%	Возможный более 10%	Вероятный более 25%	Неизбежный более 50%	Очень низкий Менее 2 нед.	Низкий 2-4 нед.	Средний 1-2 мес.	Высокий 2-3 мес.	Очень высокий Более 3 мес.
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
F1	Повышенная сейсмичность площадки строительства	x					x				
F2	Осадки		x					x			
F3	Зона археологического исследования		x							x	
F4	На месте строительства имеются сооружения под снос					x				x	
F5	Сжатый срок строительства			x					x		

Рисунок 16. Опросная анкета эксперта

Факторы риска определяются путём анализа научной литературы, а также изучением отчёта качества. Так как в исследовании основным параметром является продолжительность, то экспертам потребуется оценить не только вероятность возникновения фактора, но и величину влияния. Важно установить этапы работ, на которых факторы риска возникают, и идентифицировать потенциальные диапазоны риска. Для достижения этой цели необходимо использовать стандартные и специализированные опросные листы, а также проводить анализ организационной структуры предприятия и карт технологических потоков.

Жизненный цикл здания — это период, в течение которого осуществляются инженерные изыскания, проектирование, строительство, эксплуатация, реконструкция, капитальный ремонт, снос здания или сооружения.

В рамках диссертационного исследования рассматриваются основополагающие этапы жизненного цикла объекта: инженерные изыскания, проектирование, строительство и ввод объекта в эксплуатацию.

Жизненный цикл объекта состоит из семи основных этапов, каждый из которых имеет свою значимость и специфику:

1. Планирование: Этот этап предшествует всем остальным и является основой успешного развития объекта. На этом этапе определяются цели, задачи, требования и стратегии для достижения успеха в проекте.
2. Предпроектная стадия: На этом этапе проводится предварительный анализ и изучение возможности реализации объекта. Оцениваются финансовые аспекты, технические параметры, а также риски и ограничения проекта. В результате проведения предпроектной стадии формируется концепция будущего объекта
3. Проектная стадия: На данном этапе разрабатывается детальный проект объекта, включая его архитектурные, инженерные и технические решения. Также определяются необходимые ресурсы, график работ и бюджет проекта
4. Строительство: Этот этап представляет собой непосредственную реализацию проекта, включая возведение зданий и сооружений, установку оборудования, проведение коммуникаций и прочие строительные работы. Важным аспектом этого этапа является контроль за соблюдением качества и сроков выполнения работ.
5. Эксплуатация: После завершения строительства объект переходит в этап эксплуатации, когда он используется в соответствии с назначением. На этом этапе осуществляется поддержка и обслуживание объекта, регулярные проверки, ремонт и модернизация в случае необходимости.

6. Снос: В определённый момент объект может потребоваться снести по разным причинам, таким как устаревшие конструкции, проблемы безопасности или изменение потребностей и требований рынка.
7. Редевелопмент: После сноса объекта на его месте может быть реализован новый проект с целью использования участка земли более эффективно. Этот этап включает разработку новых планов, проектирование и строительство по новой концепции.

Каждый из этих этапов играет важную роль в жизненном цикле объекта и требует соответствующих знаний, ресурсов и управления для достижения успеха.

Глава 1 исследования обращается к определению этапов возникновения факторов риска в жизненном цикле объекта. Определены следующие этапы исследования в соответствии с СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве»: Планирование → Инженерные изыскания → Стадия проекта → Строительство.

Схема жизненного цикла объекта, принятая в исследовании представлена на рисунке 17.

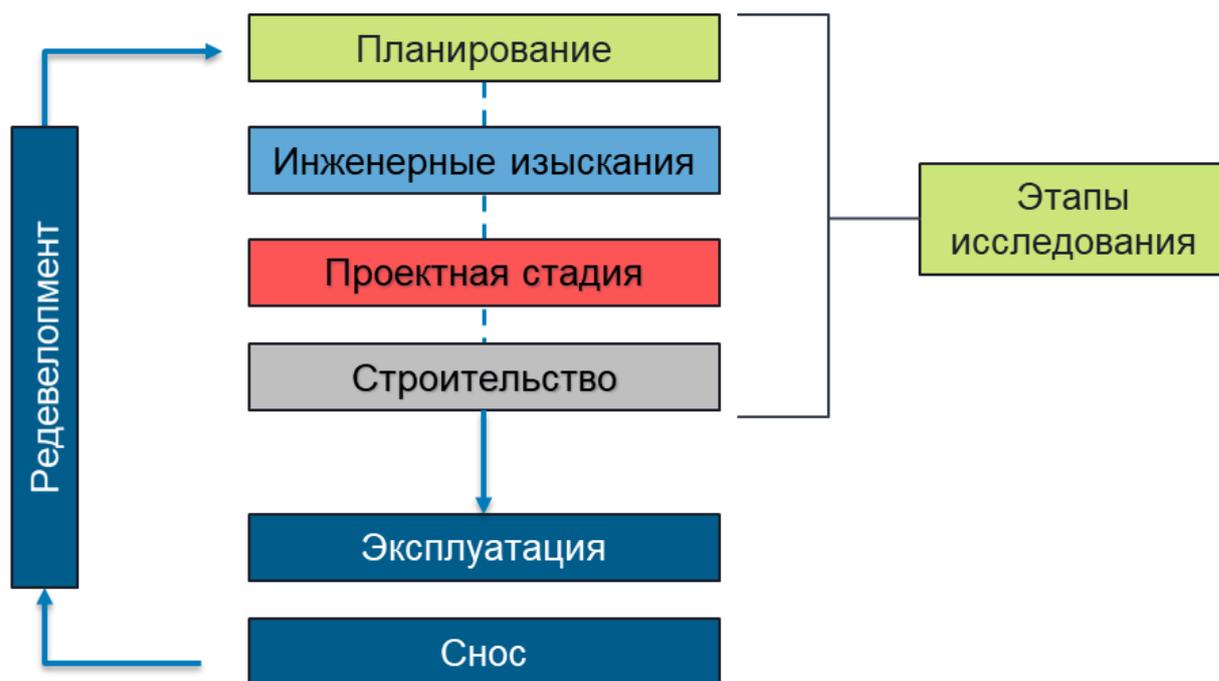


Рисунок 17. Схема жизненного цикла многоэтажного жилого здания

Мы провели анализ организационно-технических факторов риска, которые могут повлиять на риски строительно-монтажных работ. Для выполнения этой задачи мы использовали метод экспертных оценок [122]. Метод основан на опыте и знаниях экспертов в анализе влияния качественных факторов. Стоит подчеркнуть, что качественные методы оценки риска подразделяются на экспертные, исторически-ассоциативные и рейтинговые оценки

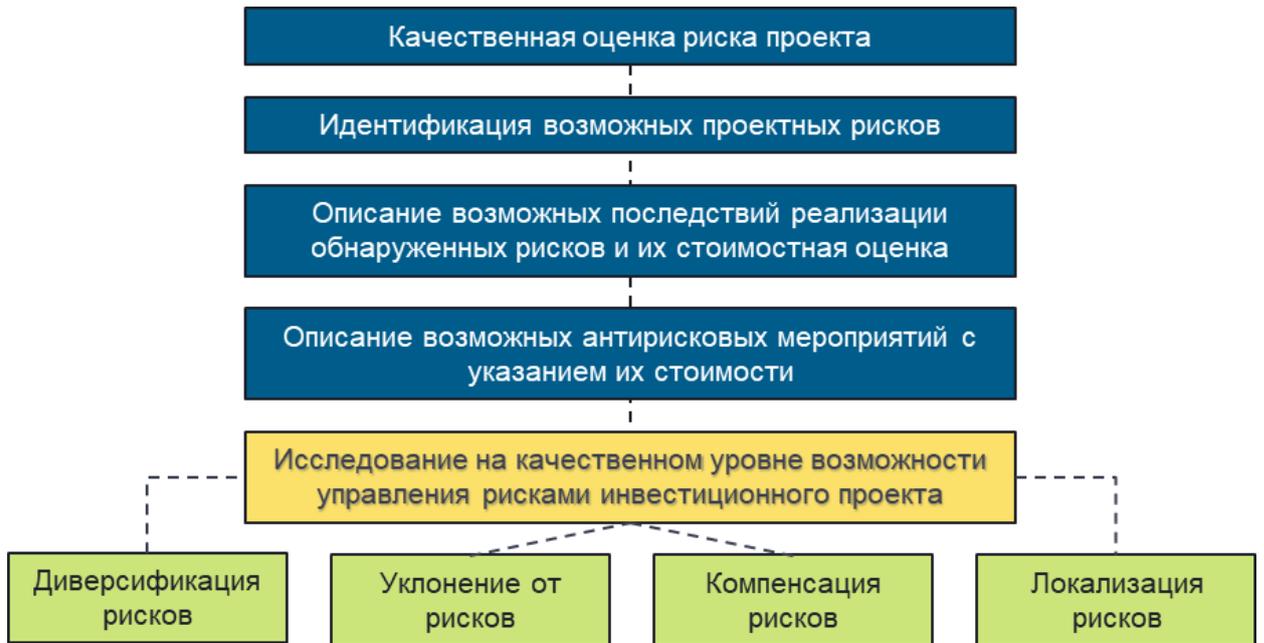


Рисунок 18. Схема проведения качественного анализа риска проекта

Проведён анализ организационно-технических факторов риска в жилищном строительстве, которые могут повлиять на риски строительно-монтажных работ. Для выполнения этой задачи мы использовали метод экспертных оценок [122], основанный на опыте и знаниях экспертов в анализе влияния качественных факторов.

В ходе исследования определено множество факторов риска и все они относятся к разным этапам жизненного цикла, и логично было разработать структуру по их сортировке, в соответствии с таблицей приведены факторы риска, отсортированные по критериям и подкритериям.

Таблица 3. Факторы риска в жизненном цикле представленные экспертам.

Этап	Наименование	Показатель	№	Фактор
Планирование	Строительная площадка	Окружающая среда	F1	Повышенная сейсмичность площадки строительства
			F2	Природно-климатические условия
		Подземная часть площадки стро-ва	F3	Зона археологического исследования
		Объект	F4	Стеснённость площадки строительства
			F5	Высокая транспортная нагрузка
			F6	Задержки в получении разрешений
F7	Штат, кол-во			
Инженерные изыскания	Подрядчик	Подготовка исходных данных	F8	Объекты с положительным заключением экспертизы
			F9	Наличие и количество субподрядчиков
			F10	Текущие проекты

Продолжение таблицы 3.

Этап	Наименование	Показатель	№	Фактор		
Проектная стадия	Документация	ИРД	F11	Применение новых технологий		
			F12	Координация работы с субподрядной организацией		
		Проектная документация	F13	Качество проведенных ИГИ		
			F14	Полнота необходимых данных для проектирования		
			F15	Уникальность объекта (сложность геометрических форм конструкций)		
			F16	Высотность объекта		
			F17	Алгоритм передачи информации между смежными разделами ПСД		
			F18	Техногенные процессы на участке строительства		
			F19	Результаты определения объемов работ		
		BIM отдел	F20	Уровень трудовой квалификации		
			F21	Опыт работы		
			F22	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)		
			F23	Уровень проработки BIM моделей		
Строительство	Участники проекта	Генеральный подрядчик	F24	Количество объектов введенных в эксплуатацию		
			F25	Штат, кол-во		
			F26	Уровень трудовой квалификации ведущих сотрудников		
			F27	Наличие и количество субподрядчиков		
			F28	Текущие строительные объекты		
			F29	Применение новых технологий		
			F30	Координация работы с субподрядной организацией		
			F31	Результаты распределения человеческих ресурсов		
			F32	Производственно-технические ресурсы		
			F33	Уровень подготовки инженерно-бытового производства		
			F34	Отсутствие структуры в организации работ		
	Ресурсы	Логистика	Оборудование	F35	Дисциплина в цепях поставок, перебои с топливом и электроэнергией	
				F36	Качество машин и оборудования	
				F37	Поломки оборудования	
				F38	Несвоевременный уход за оборудованием	
				Материалы	F39	Хранение материалов
					F40	Повреждение материалов
F41	Закупка материалов					
			F42	Материал не соответствует ПД		
			F43	Ограничение в выборе поставщиков		

Для анализа организационно-технических причин, способствующих возникновению рисков в жизненном цикле проекта, использовался метод экспертных оценок. Для этого были привлечены квалифицированные специалисты с обширным строительным и производственным опытом.

Метод экспертных оценок является эффективным инструментом для выявления и оценки факторов риска. Он основан на опросе и консультации опытных специалистов, которые вносят свои экспертные мнения и оценки в процесс принятия решений. В результате кумулятивного анализа экспертных оценок можно определить вероятность возникновения рисков и их возможные последствия.

Специалисты, привлечённые к проведению экспертных оценок, обладают необходимыми знаниями и опытом в области строительного производства. Технологи строительного производства владеют информацией о процессах и технологиях, применяемых в строительных работах, и могут оценить потенциальные организационно-технические риски. Механики по строительным машинам и оборудованию обладают экспертизой в области обслуживания и эксплуатации строительной техники, что позволяет выявить возможные неисправности и проблемы, связанные с оборудованием. Технологи по производству строительных изделий и конструкций обладают знаниями о процессах производства и качестве строительных материалов, поэтому способны идентифицировать потенциальные проблемы, связанные с материалами и изделиями. Экономисты по строительству обеспечивают финансовый анализ и оценку, позволяющие определить причины рисков, связанные с бюджетом и финансовыми ресурсами проекта. Специалисты по организации и управлению вносят свой вклад в выявление рисков, связанных с организационными процессами и управлением проектом в целом.

Совместное использование экспертных знаний и опыта позволяет получить систематическую и качественную оценку организационно-технических факторов риска в проекте. Это способствует более точному планированию и принятию соответствующих мер для снижения и управления рисками в жизненном цикле проекта. Таким образом, мы провели анализ организационно-технических факторов, определили организационно-технические причины рисков и выявили потенциальные диапазоны риска, используя метод экспертных оценок. [123,124,125]. Минимальное количество экспертов определялось в соответствии с методикой, представленной в работе Лapidуса А.А и Загорской А.В. [126]

## 2.2 Метод экспертной оценки для анализа факторов риска

Метод экспертной оценки представляет собой процесс получения и использования экспертных знаний и мнений для решения определённых инженерных и социальных задач. МЭО основан на использовании опыта, знаний и интуиции квалифицированных экспертов в соответствующей области исследования.

Основная суть метода экспертной оценки заключается в том, что эксперты, обладающие определённым опытом и знаниями, предоставляют свои суждения, мнения или оценки относительно конкретных вопросов или проблем, которые требуют решения. Эти мнения затем анализируются и учитываются при принятии решений.

Метод экспертной оценки позволяет решать широкий спектр задач, включая:

1. **Прогнозирование:** Эксперты могут использоваться для предсказания будущих событий, трендов или развития ситуаций на основе своего опыта и знаний. Например, оценка экспертов может быть использована для прогнозирования факторов риска или успеха внедрения технологий в производственный процесс.
2. **Оценка рисков:** Эксперты могут оценивать возможные риски, связанные с определёнными действиями или решениями. На основе их оценок можно разработать стратегии управления рисками и принять соответствующие меры безопасности.
3. **Принятие решений:** Экспертные оценки могут служить важной информацией при принятии ключевых решений. Эксперты могут предоставить свои мнения и рекомендации, основанные на своём опыте, что помогает принимающим решения лицам в принятии обоснованных и информированных решений.
4. **Оценка качества и эффективности:** Эксперты могут проводить оценку качества продуктов, услуг или процессов, а также оценивать эффективность различных мероприятий. Это позволяет определить улучшения и внести коррективы в действия организации.

При работе с методом экспертных оценок эксперты сталкиваются с двумя классами проблем. В случае проблем первого класса, информация об объекте достаточно полная, и эксперты являются источниками качественной информации и точными измерителями характеристик объектов. Однако второй класс проблем характеризуется недостаточным информационным потенциалом. В таких случаях мнение одного эксперта может оказаться верным даже при значительном расхождении с мнением остальных экспертов.

Экспертные группы играют важную роль в различных областях, таких как прогнозирование, планирование, нормирование труда, выбор перспективной техники и

оценка качества продукции. Для определения характеристик экспертов используются индивидуальные методы, такие как анализ компетентности, креативности, отношения к экспертизе, конструктивности мышления, коллективизма и самокритичности.

Одним из распространённых методов является метод количественной оценки степени компетентности эксперта. Важным фактором при использовании этого метода является коэффициент компетентности, который может быть определён по априорным или апостериорным данным, и учитывается при взвешивании мнения эксперта.

Достоверность оценок эксперта количественно оценивают по формуле:

$$D_i = \frac{N_i}{N}; (i = \overline{l, m}) \quad (1)$$

где  $N_i$  - число случаев, когда  $i$ -й эксперт дал решение, приемлемость которого подтвердилась практикой,  $N$  - общее число случаев участия  $i$ -го эксперта в решении проблем. Вклад каждого эксперта в достоверность оценок всей группы определяется по формуле

$$D_i^{or} = \frac{D_i}{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m D_i} (i = \overline{l, m}) \quad (2)$$

где  $m$  - число экспертов в группе. В знаменателе стоит средняя достоверность группы экспертов.

Одной из важных задач при обработке результатов экспертного опроса является определение достоверности оценок объектов, представленных в виде случайных величин. Важно достичь согласованности мнений экспертов для подтверждения точности гипотезы и выявления возможных группировок в экспертной группе.

Метод непосредственной оценки или обработка результатов ранжирования и парных сравнений, полученных от экспертов при определенных условиях, могут помочь получить эти значения.

При ранжировке объектов можно использовать дисперсионный коэффициент конкордации (коэффициент согласия) для измерения согласованности мнений экспертов в группе. Этот коэффициент помогает определить, насколько схожими или различными были оценки экспертов для каждого объекта.

Обработка результатов экспертного опроса рекомендуется проводить с использованием современных вычислительных техник и разработки специальных машинных программ, реализующих алгоритмы обработки результатов. Правильный выбор алгоритмов позволит систематизировать данные и провести анализ для получения полезной информации.

Важно отметить, что вся обработка данных должна быть проведена в соответствии с принципами научного исследования, обеспечивая точность и достоверность полученных результатов. При работе с экспертными опросами также следует учитывать возможность субъективности оценок и стремиться минимизировать возможные искажения данных.

Рассмотрим матрицу результатов ранжировки  $m$  объектов группой из  $d$  экспертов  $\|r_{is}\|$  ( $s = 1, d; i = 1, m$ ), где  $r_{is}$  - ранг, присваиваемый  $s$ -м экспертом  $i$ -му объекту. Составим суммы рангов по каждой строке. В результате получим вектор с компонентами

$$r_i = \sum_{s=1}^d r_{is} \quad (i = \overline{1, m}) \quad (3)$$

Будем рассматривать величины  $r_i$  как реализации случайной величины и найдем оценку дисперсии. Как известно, оптимальная по критерию минимума среднего квадрата ошибки оценка дисперсии определяется формулой:

$$D = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (r_i - \bar{r})^2 \quad (4)$$

где  $\bar{r}$  - оценка математического ожидания, равная:

$$\bar{r} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m r_i \quad (5)$$

Дисперсионный коэффициент конкордации определяется как отношение оценки дисперсии к максимальному значению этой оценки:

$$W = D/D_{max} \quad (6)$$

Коэффициент конкордации изменяется от нуля до единицы, поскольку  $0 \leq D \leq D_{max}$ . Максимальное значение дисперсии равно:

$$D_{max} = \frac{d^2(m^3-m)}{12(m-1)} \quad (7)$$

Введём обозначение:

$$S = \sum_{i=1}^m (\sum_{s=1}^d r_{is} - \bar{r})^2. \quad (8)$$

Запишем оценку дисперсии в виде:

$$D = \frac{1}{m-1} \times S \quad (9)$$

Запишем окончательное выражение для коэффициента конкордации

$$W = \frac{12 \times S}{d^2 \times (m^3 - m)} \quad (10)$$

Данная формула определяет коэффициент конкордации для случая отсутствия связанных рангов.

Если в ранжировках имеются связанные ранги, то максимальное значение дисперсии в знаменателе формулы становится меньше, чем при отсутствии связанных рангов.

Доказано, что при наличии связанных рангов коэффициент конкордации вычисляется по формуле

$$W = \frac{12 \times S}{d^2 \times (m^3 - m) - d \times \sum_{s=1}^d T_s} \quad (11)$$

где:

$$T_s = \sum_{k=1}^{H_s} (h_k^3 - h_k) \quad (12)$$

В формуле (12)  $T_s$  – показатель связанных рангов в  $s$ -й ранжировке,  $H_s$  – число групп равных рангов в  $s$ -й ранжировке,  $h_k$  – число равных рангов в  $k$ -й группе связанных рангов при ранжировке  $s$ -м экспертом. Если совпадающих рангов нет, то  $H_s = 0$ ,  $h_k = 0$  и, следовательно,  $T_s = 0$ .

Коэффициент конкордации равен 1, если все ранжировки экспертов одинаковы, и равен нулю, если все ранжировки различны. Коэффициент конкордации, вычисляемый по формулам (10), (11), является оценкой истинного значения коэффициента и, следовательно, представляет собой случайную величину.

Для определения значимости оценки коэффициента конкордации необходимо знать распределение частот для различных значений числа экспертов  $d$  и количества объектов  $m$ .

При наличии связанных рангов  $\chi^2 =$  распределение с  $v = m-1$  степенями свободы имеет значение

$$\chi^2 = \frac{12 \times S}{d \times m \times (m+1) - \frac{1}{m-1} \sum_{s=1}^d T_s} \quad (13)$$

Наряду с дисперсионным коэффициентом конкордации используется в качестве меры согласованности суждений экспертов энтропийный коэффициент конкордации.

Таким образом, при помощи метода экспертной оценки можно сформировать перечень факторов, оказывающих влияние на этапы жизненного цикла проекта. В диссертационном исследовании для выявления необходимого и достаточного перечня факторов риска, был использован метод индивидуального экспертного опроса.

[127,128]

Для установления требуемого количества экспертов используем неравенство, содержащее коэффициент конкордации Кэнделла ( $W$ ), количество экспертов ( $m$ ) и количество ранжируемых объектов ( $n$ ):

$$W \times m \times (n - 1) > \chi^2 \quad (14)$$

Приняв минимальное значение коэффициента конкордации равным 0,5 и подставив значения  $n$  и  $\chi^2_T$  (табличное значение критерия Пирсона), представляем неравенство в следующем виде:

$$m > \frac{2\chi^2_T}{(n-1)} \quad (15)$$

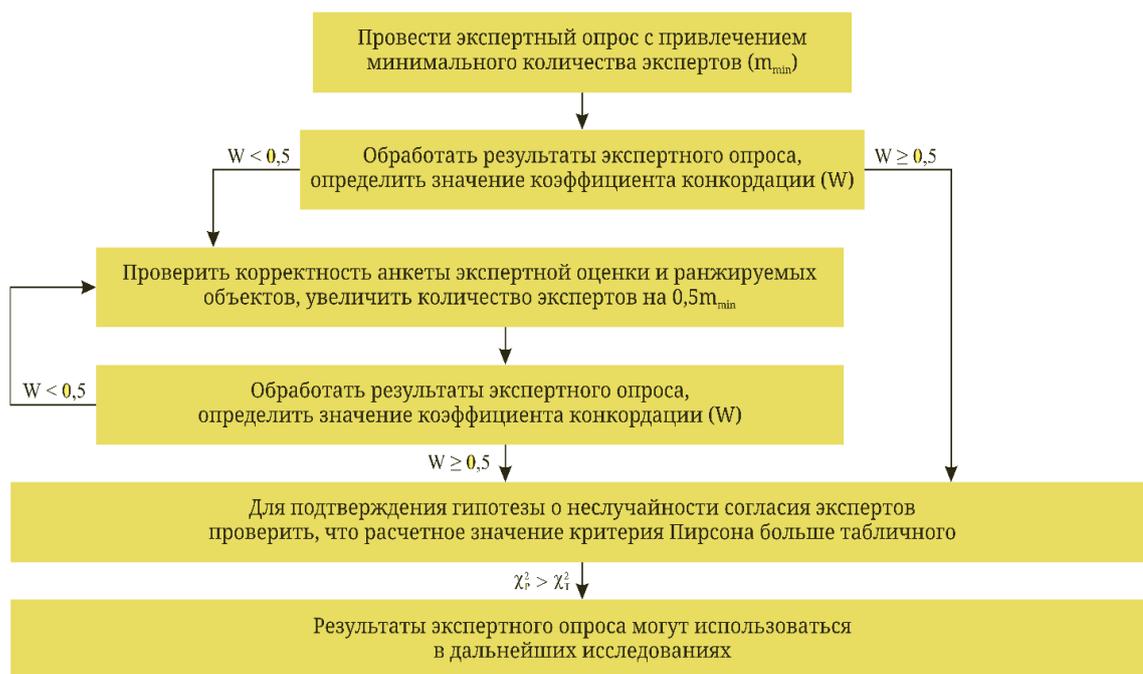


Рисунок 19. Этапы экспертного опроса

Таким образом, при ранжировании 10 объектов требуется участие минимум 5 экспертов.

Таблица 4. Зависимость количество экспертов от ранжируемых факторов [126]

Количество ранжируемых объектов	2	3	4	5-6	7-9	10-16	17-31
Минимальное количество экспертов	14	10	8	7	6	5	4

Для проведения экспертного опроса были привлечены специалисты с высшим техническим образованием и опытом работы в области проектирования и строительства. Эти эксперты также являются членами национальных реестров специалистов, таких как НОСТРОЙ и(или) НОПРИЗ.

Экспертам был предложен ряд вопросов, которые касаются их трудового стажа и членства в национальных реестрах специалистов. Такие вопросы могут включать информацию о их профессиональном опыте, должностях, которые они занимали в процессе работы, их участии в проектах и выполнении различных задач в области проектирования и строительства.

Цель этих вопросов - получить дополнительные сведения о квалификации и опыте экспертов, которые могут быть полезны при оценке их мнений и вклада в процесс экспертного опроса. Это поможет установить доверие к экспертам и учесть их авторитет при анализе результатов опроса.

Указание на трудовой стаж и членство в национальных реестрах специалистов также позволяет учитывать уровень экспертизы и профессиональной подготовки экспертов.

Таблица 5. Данные об эксперте

Фамилия Имя Отчество	Леякина И.И.
Образование	Высшее
Должность	Главный архитектор проекта
Стаж работы	16 лет
Учёная степень или уровень квалификации	Нет
Участие в международном научно-техническом сотрудничестве	Да
*Дополнительно о себе	член реестра НОПРИЗ

Определение компетентности эксперта осуществлялось путём самооценки. Экспертам требовалось заполнить таблицу, уровень их осведомлённости и специализации определялся с учётом коэффициентов  $K_0$ :

$K_0 = 0$  — эксперт не знаком с вопросом;

$K_0 = 1 \div 3$  — эксперт плохо знаком, но вопрос входит в сферу его интересов;

$K_0 = 4 \div 6$  — эксперт плохо знаком, но вопрос входит в сферу его познаний;

$K_0 = 7 \div 9$  — эксперт хорошо знаком, участвует в практическом решении вопросов;

$K_0 = 10$  — вопрос входит в круг узкой специализации эксперта;

Уровень квалификации эксперта устанавливается коэффициентом компетентности  $K_K$ :

$$K_K = \frac{K_3 + \sum_{i=0}^n A_1}{2}, \quad (16)$$

Степень компетентности эксперта оценивается по шкале Харрингтона:

— отлично, если  $K_K = 1—0,7$ ;

— хорошо, если  $K_K = 0,69—0,4$ ;

— удовлетворительно, если  $K_K \leq 0,39$ ;

Область специализации	Оценочная шкала ( $K_0$ )									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Структура строительной организации									X	
Управление проектами								X		
ВМ (Информационное моделирование)							X			
Материалы и изделия							X			
Нормы и правила проектирования					X					
Методы проектирования					X					
Свойства строительных конструкций								X		
Технология и организация строительного производства						X				
Технологическое оборудование							X			
Система управления строительным производством					X					
Экономика строительства								X		
Контроль качества продукции							X			

Рисунок 20. Уровень осведомлённости и специализации эксперта

Источник аргументации при оценке (Ко)	Степень влияния источника на Ваше мнение А1		
	Высокий 3 балла	Средний 2 балла	Низкий 1 балл
Проведенный Вами теоретический анализ	X		
Ваш производственный опыт	X		
Анализ работ отечественных авторов		X	
Анализ работ зарубежных авторов			X
Ваше личное знакомство с состоянием дел за рубежом			X
Ваша интуиция	X		

Рисунок 21. Степень влияния источника аргументации на мнение эксперта

Такая оценка экспертов проводится по каждой специализации. Нами были отобраны 16 экспертов с коэффициентом компетентности Кк не ниже 0,72.

Далее были предложены вопросы о достаточности перечня факторов, после чего каждый эксперт произвёл операции по назначению балла дал каждого фактора риска в соответствии с уровнем вероятности и влияния.

ЛО-МИП-ДКК-2021-182				
Общая информация				
Обход	Первичный	Статус СМР	Всего шифров, шт.	
Дата	16.04.2021	СМР (законченные шифры), шт.		
Подрядчик		ИД представлено в МИП, шт.		
Субподрядчик		ИД представлено в ДСМ, шт.		
Проект		ИД принято в архив ДСМ, шт.		
Комиссия	Функция		ФИО	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Инспектирующие		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Руководитель строительства		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Инженер СК		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Инженер ОТ		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Подрядчик		
Охрана труда, промышленная безопасность и охрана окружающей среды				
Наблюдения	СИЗ		№	
	<input type="checkbox"/>	Эпидемиология	не проверялось	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Одежда	не выявлено	
	<input type="checkbox"/>	Защита органов зрения	не проверялось	
	<input type="checkbox"/>	Защита органов слуха	не проверялось	
	<input type="checkbox"/>	Защита от падения	не проверялось	
	<input type="checkbox"/>	Защита от термического воздействия	не проверялось	
	Организация площадки		№	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Откосы	1	нарушение проектных решений по закреплению грунтов: выполнено извлечение шпунтового ограждения до завершения всех работ в котловане
	<input checked="" type="checkbox"/>	Ограждения	2	установленное ограждение котлованов не закреплено
	<input type="checkbox"/>	Леса, лестницы, навесы		не проверялось
	<input type="checkbox"/>	Проезды и проходы		не проверялось
	<input checked="" type="checkbox"/>	Организация бытового городка	3	фасады бытовых помещений не соответствуют Постановлению Правительства Москвы №299-ПП от 19 мая 2015 года, а именно: краска на фасадах повреждена, окна разбиты, имеют разную форму и размеры
	<input type="checkbox"/>	Пожарная безопасность		не выявлено
<input type="checkbox"/>	Охрана окружающей среды, санитария		не проверялось	

Рисунок 22. Отчёт отдела качества

Также стоит отметить, что таблица с факторами риска формировалась не только за счёт изучения научной литературы, но и благодаря мнениям экспертов и отчётам отдела качества, которые в период жизненного цикла объекта вели статистику факторов риска.

Отчёт качества - это важный инструмент для формирования перечня факторов риска в строительстве. Они могут содержать информацию о различных аспектах, связанных с процессом строительства, такие как технические характеристики материалов, методы и технологии строительства, результаты тестирования и инспекций.

Анализируя информацию, можно выделить наиболее часто встречающиеся проблемы и определить, какие факторы могут повлиять на качество строительства.

Отчёты качества являются важным инструментом для правильной оценки рисков в строительстве и позволяют разработать эффективные стратегии по устранению проблемных факторов, что приведёт к повышению качества строительства и экономии ресурсов.

Рассмотрим пример экспертной оценки на этапе жизненного цикла **«Планирование»**

Таблица 6. Факторы риска в жизненном цикле, второй этап экспертной оценки.

Этап «Планирование»

№	Фактор	Вероятность фактора риска					Влияние фактора на продолжительность				
		Редкий менее 5%	Маловероятный более 5 %	Возможный более 10 %	Вероятный более 25 %	Неизбежный более 50%	Очень низкий Менее 2 нед.	Низкий 2-4 нед.	Средний 1-2 мес.	Высокий 2-3 мес.	Очень высокий Более
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
F1	Повышенная сейсмичность площадки строительства			x						x	
F2	Осадки				x			x			
F3	Наводнения					x			x		
F4	Ландшафт местности					x			x		
F5	Природно-климатические условия					x		x			
F6	Зона археологического исследования				x				x		
F7	Стеснённость площадки строительства			x					x		
F8	Высокая транспортная нагрузка				x			x			
F9	Задержки в получении разрешений			x					x		

Продолжение таблицы 6.

№	Фактор	Вероятность фактора риска					Влияние фактора на продолжительность				
		Редкий менее 5%	Маловероятный 5-10%	Возможный более 10%	Вероятный более 25%	Неизбежный более 50%	Очень низкий Менее 2 нед.	Низкий 2-4 нед.	Средний 1-2 мес.	Высокий 2-3 мес.	Очень высокий
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
F10	Результаты оценка технических условий				x					x	
F11	Результаты оценки инфраструктуры				x					x	
F12	Различные требования безопасности и ограничений			x							x
F13	На участке строительства присутствуют здания или сооружения для сноса					x					x
F14	Ограниченная продолжительность строительства			x						x	

\*Fn=(xn)

Количество экспертов принято 4, принятое количество соответствует таблице 7. Уровень квалификации эксперта устанавливается коэффициентом компетентности  $K_K$ :

$$K_K = \frac{K_3 + \sum_{i=0}^n A_i}{2}; K_K = \frac{0,70 + 0,72}{2} = 0,71 \quad (17)$$

Оценку степени значимости параметров эксперты производят путём присвоения им рангового номера. Фактору, которому эксперт даёт наивысшую оценку, присваивается ранг 5.

Таблица 7. Сводная матрица рангов, на основе анкетного опроса.

Факторы	Эксперт			
	1	2	3	4
1	4	4	5	5
2	4	5	5	4
3	4	4	5	5
4	3	3	3	3
5	4	4	4	4
6	4	4	4	5
7	4	4	4	4
8	4	4	4	4
9	5	5	5	5
10	4	5	4	4
11	4	4	4	4
12	4	4	3	4
13	4	4	4	4
14	4	5	5	5

В данной работе в качестве рангов используются порядковые номера единиц в ряду. Для проверки правильности составления матрицы рангов необходимо произвести исчисление контрольной суммы, для этого первоочередно необходимо рассчитать отклонение суммы рангов

$$d = \sum x_{ij} - \frac{\sum \sum x_{ij}}{n} = \sum x_{ij} - 30 \quad (18)$$

$d$  — отклонение суммы рангов от средней арифметической суммы рангов;

$k$  — количество исследуемых факторов;

30 – среднее значение суммы рангов;

Расчёт контрольной суммы :

$$\sum x_{ij} = \frac{(1+k)k}{2} = \frac{(1+14)14}{2} = 105 \quad (19)$$

Таблица 8. Матрица рангов

Факторы/ Эксперты	1	2	3	4	Сумма рангов	d	d <sup>2</sup>
x1	7.5	6	12	12	37,5	7,5	56.25
x2	7.5	12.5	12	5.5	37,5	7,5	56.25
x3	7.5	6	12	12	37,5	7,5	56.25
x4	1	1	1.5	1	4,5	-25,5	650.25
x5	7.5	6	6	5.5	25	-5	25
x6	7.5	6	6	12	31,5	1,5	2.25
x7	7.5	6	6	5.5	25	-5	25
x8	7.5	6	6	5.5	25	-5	25
x9	14	12.5	12	12	50,5	20,5	420.25
x10	7.5	12.5	6	5.5	31,5	1,5	2.25
x11	7.5	6	6	5.5	25	-5	25
x12	7.5	6	1.5	5.5	20,5	-9,5	90.25
x13	7.5	6	6	5.5	25	-5	25
x14	7.5	12.5	12	12	44	14	196
$\Sigma$	105	105	105	105	420		1655

Сумма по столбцам матрицы равны между собой и контрольной суммы, значит, матрица составлена правильно. В данном примере факторы по значимости распределились следующим образом, таблица 10.

Таблица 9. Расположение факторов по значимости

Факторы	Сумма рангов
x4	4.5
x12	20.5
x5	25
x7	25

Продолжение таблицы 9.

Факторы	Сумма рангов
x8	25
x11	25
x13	25
x6	31.5
x10	31.5
x1	37.5
x2	37.5
x3	37.5
x14	44
x9	50.5

Следующим шагом является проведение анализа полученных данных на предмет возможности их использования в дальнейших исследованиях. Для определения согласованности мнений экспертов используется расчёт коэффициента конкордации Кэнделла. Сходимость мнений эксперта основывается по данным вероятности факторов риска. Коэффициент конкордации Кэнделла – это расчетная величина, которая находится в пределах от 0 до 1, и показывает, насколько мнения экспертов сходятся. Считается, что при коэффициенте Кэнделла более 0,5 мнения согласованны.

Воспользуемся коэффициентом конкордации для случая, когда имеются связанные ранги (одинаковые значения рангов в оценках одного эксперта):

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} \cdot m^2 (k^3 - k) - m \cdot \sum T_i} \quad (20)$$

$$T_i = \frac{1}{12} \sum (t_i^3 - t_i) \quad (21)$$

$T_i$  – число связок

$t_i$  – количество повторяющихся элементов в оценках  $i$ -го одного эксперта;

$m$  – число экспертов;

$k$  — количество исследуемых факторов;

$$T_1 = [(123-12)]/12 = 143$$

$$T_2 = [(93-9) + (43-4)]/12 = 65$$

$$T_3 = [(53-5) + (23-2) + (73-7)]/12 = 38.5$$

$$T_4 = [(53-5) + (83-8)]/12 = 52$$

$$\sum T_i = 143 + 65 + 38.5 + 52 = 298.5$$

$$W = \frac{1655}{\frac{1}{12} \times 4^2 \times (4^3 - 4) - 4 \times 298.5} = 0,68 \quad (22)$$

$W = 0.68$  говорит о наличии средней степени согласованности мнений экспертов.

Коэффициент конкордации Кэндела  $W = 0,68$  (Коэффициент конкордации существенно отличается от нуля ( $W \geq 0,5$ ) и расчётное значение критерия Пирсона больше табличного ( $\chi^2=35,36$ ), следовательно, экспертные мнения достаточно согласованны и не случайны, а результаты могут использоваться в исследовании.

Далее все значения экспертов суммируются и формируется сводная экспертная таблица 10 с результатами вероятности и влияния.

Таблица 10. Результаты вероятности и уровня влияния факторов риска

№	Фактор риска	Вероятность, P	Влияние, IoT
F1	Повышенная сейсмичность площадки строительства	2,8	2,8
F2	Осадки	2,3	1,9
F3	Наводнения	3	2
F4	Ландшафт местности (равнина, холмы, и т.д)	2,2	2,2
F5	Природно-климатические условия	2,7	3,4
F6	Зона археологического исследования	2,4	4,3
F7	Стеснённость площадки строительства	2,8	3
F8	Высокая транспортная нагрузка	2,6	2,5
F9	Задержки в получении разрешений	3,7	3,9
F10	Результаты оценка технических условий	2,5	2,8
F11	Результаты оценки инфраструктуры	2,5	2,6
F12	Различные требования безопасности и ограничений	2,6	3
F13	На участке строительства присутствуют здания или сооружения для сноса	2,6	3
F14	Ограниченная продолжительность строительства	3,9	3,1

P — probability-вероятность;

IoT — impact on time-влияние на продолжительность;

Параметр P и IoT, определяется путём суммирования результатов экспертного опроса и определения среднего значения.

Данные результаты являются основой для проведения дальнейших математических операций по анализу факторов риска.

### **2.3 Традиционная оценка риска строительного объекта**

Риски являются неотъемлемой частью проектов, и их управление основывается на методах оценки рисков. Один из популярных методов моделирования рисков в проектах - это метод "вероятность-влияние", который представляет собой новаторский подход к оценке рисков. Этот метод использует матрицу вероятности-воздействия (P-I), в которой риск определяется на основе вероятности и влияния различных факторов, включая сценарии аварий.

Матрица P-I объединяет информацию о вероятности возникновения события с его возможными последствиями для оценки уровня риска в различных сценариях. Она позволяет исследовать потенциальное влияние риска на цель проекта и оценить вероятность возникновения каждого конкретного риска. Для этого разрабатываются шкалы оценки, содержащие определённое количество градаций. Однако при проведении измерений необходимо учесть индивидуальные особенности каждого проекта, такие как уровень детализации и степень анализа результатов.

Поскольку риск является случайным событием, его измерение осуществляется путём умножения вероятности возникновения риска на влияние его проявления. Важным аспектом этого этапа является размерность матрицы. Анализ матрицы P-I представляет собой мощный инструмент для выявления и устранения потенциальных отказов, что позволяет повысить уровень безопасности и надёжности систем или процессов. Данный метод обеспечивает руководству информацию, необходимую для принятия стратегических решений.

Метод "вероятность-влияние" и матрица P-I являются важной частью процесса оценки рисков в проектах. Они способствуют более осознанному принятию решений и повышению безопасности и надёжности систем или процессов.

Матрица P-I для оценки рисков показана на рисунке 23. [129]

Risk=Pxl		Вероятность				
		1	2	3	4	5
Степень влияния	1	1	2	3	4	5
	2	2	4	6	8	10
	3	3	6	9	12	15
	4	4	8	12	16	20
	5	5	10	15	20	25

Risk=Pxl		Вероятность				
		IM	R	O	P	F
Степень влияния	N	IN	IN	IN	IN	T
	M	IN	IN	T	T	SU
	MA	IN	T	SU	SU	S
	C	IN	T	SU	S	INT
	CA	T	SU	S	INT	INT

Рисунок 23. Матрица риска

В нашем исследовании мы используем числовую шкалу от 1 до 5 для оценки вероятности и последствий риска. Эта шкала основана на лингвистических значениях, где числа от 1 до 5 соответствуют следующим категориям: маловероятно (IM), маловероятно (R), случайно (O), вероятно (P) и часто (F). Таким образом, мы можем оценить степень вероятности возникновения события и осознать его возможные последствия.

Кроме того, мы также используем аналогичную числовую шкалу от 1 до 5 для определения категорий последствий. На этой шкале незначительные (N), незначительные (M), значительные (MA), критические (C) и катастрофические (CA) последствия также имеют своё числовое соответствие. Это позволяет нам оценить степень серьёзности последствий, связанных с риском.

Однако, для полного понимания уровня риска, необходимо учесть их взаимосвязь – вероятность и последствия. Для этого используется лингвистическая шкала, где уровень риска обозначается следующим образом: недопустимый (INT), значительный (S), существенный (SU), допустимый (T) и незначительный (IN). Зная и оценивая вероятность и последствия риска, мы можем определить его общий уровень.

Для наглядности рассмотрим конкретный пример – строительство жилого здания. При использовании нашей шкалы мы можем оценить вероятность различных рисков, связанных с этим процессом, а также их возможные последствия. Поэтому наш метод позволяет оценить уровень риска и принять соответствующие решения для минимизации неблагоприятных событий.

Использование числовой лингвистической шкалы помогает нам более точно оценить и классифицировать вероятность и последствия рисков, что является важной частью процесса управления рисками в строительстве и других сферах деятельности.

Шкалы уровней вероятности, воздействия и риска приведены в таблице 11.

Таблица 11. Лингвистические термины

Уровни	Лингвистический термин	Определение	Ранг
Вероятность	IM Improbable Маловероятны	Редкие	1
	R Remote Незначительны	Маленькая вероятность возникновения	2
	O occasional Случающиеся иногда	Вероятность достигает 50%	3
	P probable Вероятные	Большая вероятность	4
	F frequent Частые	Вероятно проявятся и/или неизбежны	5
Влияние	N Negligible Несущественные	Не представляют угрозы	1
	M minor Малые	Являются малозначительными и не представляют серьёзной угрозы для общего успеха	2
	MA major Умеренные	Могут иметь отрицательные последствия и создавать умеренный риск для проекта или организации.	3
	C critical Критические	Могут иметь серьёзные отрицательные последствия, которые значительно повлияют на успех организации или проекта, например, необходимость закрытия проекта или возникновения большого количества негативных событий.	4
	CA catastrophic Катастрофические	Эти факторы имеют чрезвычайно серьёзные последствия, которые могут привести к закрытию компании или долгосрочному сбою в ее работе. Они требуют наибольшего внимания и ресурсов.	5
Риск	IN Insignificant Незначительный	Риск может быть принят без каких-либо мер смягчения, так как последствия маловероятны и незначительны. Эти типы угроз, как правило, не вызывают достаточного внимания и часто игнорируются.	1-4
	T tolerable Терпимый	Может потребоваться частичное смягчение последствий, так как вероятность их возникновения не позволяет игнорировать угрозу, а возможные последствия могут оказаться значительными.	5-8
	SU substantial Существенный	Необходимо принять меры по смягчению последствий, так как эти угрозы имеют серьёзные последствия и есть высокая вероятность их реализации. На них следует реагировать в ближайшее время для избежания возможных негативных последствий.	9-12
	S Significant Значительный	Для снижения риска необходимо принять меры по смягчению последствий, так как эти критические угрозы имеют серьёзные последствия и высокую вероятность возникновения. Они имеют высокий приоритет и требуют немедленного внимания.	13-16
	INT Intolerable недопустимый	Эти риски имеют серьёзные последствия и высокую вероятность возникновения. Они имеют наивысший приоритет, так как могут угрожать существованию организации или успешному выполнению большей части поставленных задач.	17-25

В системе матрицы P-I индекс риска возникновения представляет собой произведение оценок вероятности. Это соотношение математически определяется следующим образом:

$$R = P \times I \quad (23)$$

где R представляет индекс риска, P представляет вероятность возникновения, а I представляет влияние возникновения. Значения P и I получаются с использованием масштабированных значений, приведённых на рисунке 23. Эти значения помогают ранжировать порядок проблем в процессе проектирования и строительства. Это означает, что при относительно высоком R власти должны реализовать надлежащую стратегию реагирования, чтобы уменьшить или устранить риски, связанные с проектом.

Риски, которые имеют меньшую вероятность и меньшее воздействие, являются менее значимыми для достижения целей проекта по сравнению с рисками, которые характеризуются более высокой вероятностью и сильным воздействием. [130,131,132,133].

Рассмотрим один из факторов риска F14 — Ограниченная продолжительность строительства. Вероятность и уровень влияния данного фактора рассматривался в параграфе 2.2.

Вероятность — 3,9;

Уровень влияния на продолжительность — 3,1;

В соответствии с формулой 23 определим уровень риска:

$$R = 3,9 \times 3,19 \quad (24)$$

$$R = 12,09 \quad (25)$$

В соответствии с таблицей 11 уровень риска — существенный.

Таблица 12. Факторы риска и уровни риска

№	Фактор риска	P	IoT	Risk	Лингвистический термин (уровень)
F1	Повышенная сейсмичность площадки строительства	2,8	2,8	7,84	Терпимый
F2	Осадки	2,3	1,9	4,37	Незначительный
F3	Наводнения	3	2	6	Терпимый
F4	Ландшафт местности (равнина, холмы, и т.д)	2,2	2,2	4,84	Незначительный
F5	Природно-климатические условия	2,7	3,4	9,18	Существенный
F6	Зона археологического исследования	2,4	4,3	10,32	Существенный

Продолжение таблицы 12.

№	Фактор риска	P	IoT	Risk	Лингвистический термин (уровень)
F7	Стеснённость площадки строительства	2,8	3	8,4	Существенный
F8	Высокая транспортная нагрузка	2,6	2,5	6,5	Терпимый
F9	Задержки в получении разрешений	3,7	3,9	14,43	Существенный
F10	Результаты оценка технических условий	2,5	2,8	7	Терпимый
F11	Результаты оценки инфраструктуры	2,5	2,6	6,5	
F12	Различные требования безопасности и ограничений	2,6	3	7,8	
F13	На участке строительства присутствуют здания или сооружения для сноса	2,6	3	7,8	
F14	Ограниченная продолжительность строительства	3,9	3,1	12,09	Существенный

Традиционный подход, предлагает множество преимуществ благодаря своим уникальным возможностям. Однако она не лишена недостатков, связанных, прежде всего, с неопределённостью вокруг реальных проблем. Радикальное решение этих проблем заключается во включении концепций нечёткой логики в процесс оценки рисков.

Интеграция принципов нечёткой логики в оценку рисков предлагает новую и эффективную основу для решения неопределённостей, присущих реальным проблемам. Принимая во внимание двусмысленность и неточность, можно достичь более полного понимания рисков, что приведёт к более эффективному принятию решений и стратегиям упреждающего управления факторами риска.

#### **2.4 Нечёткая логика как математическая модель для оценки факторов риска**

Нечёткая логика предлагает заменить индекс риска нечёткой функцией оценки риска, в отличие от матрицы P-I. Согласно рисунку 27, система нечёткого вывода применяется в рамках нечёткой оценки риска, чтобы заменить функцию произведения, используемую в традиционной матрице P-I. Таким образом, внедрение нечёткой логики позволяет создавать более точные и надёжные модели риска проекта, способствуя более эффективному управлению рисками.

Матрица P-I, широко используемая для оценки рисков проекта, определяет индекс риска как произведение вероятности и влияния. Однако данная модель имеет ряд ограничений, связанных с точностью и надёжностью оценки риска. Вместо этого, предлагаемая модель риска вводит нечёткую функцию оценки риска, основанную на принципах нечёткой логики.

Нечёткая оценка риска предоставляет возможность учитывать неопределённость и нечёткость при оценке вероятности и влияния рисков. Эта модель заменяет функцию произведения в матрице P-I на нечёткую функцию, которая принимает во внимание не только степень вероятности и влияния, но также основывается на нечётких правилах и лингвистических переменных. Система нечёткого вывода используется в рамках нечёткой оценки риска для определения общей степени риска проекта. Она основывается на нечётких правилах, которые определены экспертами в соответствии с их знаниями и опытом.

Преимущества использования нечёткой оценки риска включают более точное и надёжное моделирование риска проекта, учёт неопределённости и нечёткости в оценке риска, а также возможность более эффективного управления рисками. Это позволяет принимать более обоснованные решения и предпринимать соответствующие меры для снижения риска и повышения успеха проекта. Внедрение модели риска на основе нечёткой оценки представляет собой перспективный подход к управлению рисками проекта, который способствует более точному и эффективному анализу и принятию решений в контексте неопределённости и сложности проектных задач.

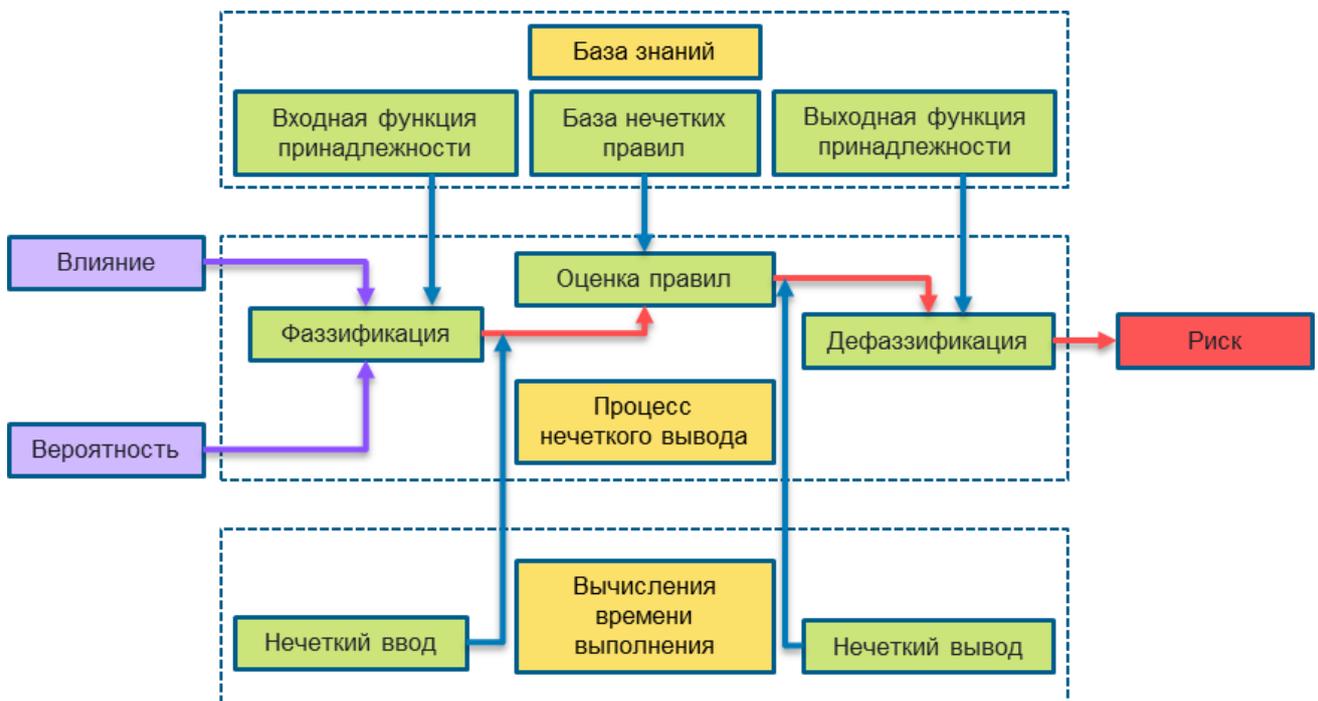


Рисунок 24. Общий вид системы нечёткой оценки рисков [134]

Основная идея теории нечётких множеств состоит в том, чтобы более надёжно и точно моделировать сложную структуру научных и технических задач. Вместо определения точной границы, как в обычном наборе, нечёткое множество не допускает чётко определённых границ из-за обобщения характеристической функции до функции принадлежности. Этот метод представляет собой систему, основанную на знаниях (экспертная система), которая широко используется для обработки присущей неопределённости, связанной с реальными проблемами. [134]

Одним из возможных решений для случаев, когда данных мало, является непараметрический метод максимального правдоподобия [135,136,137]. Этот метод был разработан с учётом возможности описания так называемой лингвистической переменной. Пример применения идеи к оценке предполагаемого риска в проекте представлен в [138,139,140].

С момента своего создания в 1965 году он стал оптимальным выбором для обработки связанных с данными неточностей и неопределённостей при оценке рисков [141]. Архитектура системы нечёткого вывода показана на рисунке 25.

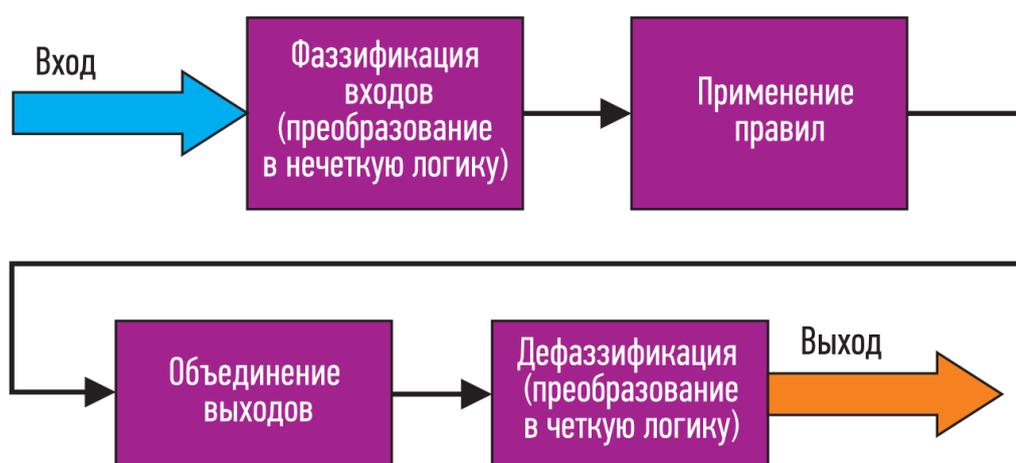


Рисунок 26. Структура вывода данных нечёткой модели

Фаззификация заключается в определении степени принадлежности переменной (например, измеряемой величины) к нечёткому множеству. Это позволяет описать значение переменной не одним числом, а интервалом или функцией принадлежности к нечёткому множеству. [142, 143, 144]

Система нечёткого вывода — это система, основанная на правилах, построенная в виде правил вывода «если-то». [145]

Нечёткий вывод представляет собой процесс преобразования входных данных в выходные с использованием нечеткой логики. Каждая из систем имеет свои отличия в дефаззификации и агрегации результатов по правилам.

Среди различных систем нечёткого вывода, нечёткая модель Мамдани является одной из наиболее распространённых и широко используется для моделирования проблем, связанных с неопределённостью и сложностью.

Она обладает рядом привлекательных особенностей, делающих ее подходящей для инженерных систем.

Во-первых, входы и выходы в этой модели представлены в виде действительных переменных, что упрощает их применение к реальным системам.

Во-вторых, она предоставляет естественную основу для включения нечётких правил "ЕСЛИ-ТО", которые могут быть разработаны экспертами в соответствии с их опытом и знаниями.

В-третьих, существует гибкость в выборе фаззификатора, механизма нечёткого вывода и дефаззификатора, что позволяет создавать наиболее подходящие модели нечёткой логики для конкретных задач.

№	Описание
Правило 1	Если вероятность маловероятна и последствия незначительны, то риск незначителен
Правило 2	Если вероятность маловероятна и последствия катастрофичны, то риск велик
Правило 3	Если вероятность маловероятна и последствие велико, то риск допустим.
Правило 4	Если вероятность маловероятна и последствие критично, то риск допустим.
.....	
Правило 22	Если вероятность частая и последствие незначительное, то риск значителен.
Правило 23	Если вероятность часта и последствие велико, то риск значителен.
Правило 24	Если вероятность часта и последствие критично, то риск недопустим.
Правило 25	Если вероятность частая и последствия катастрофические то риск недопустим

*Рисунок 26. 25 правил «если-то»*

Выбор конкретной системы нечеткого вывода зависит от характеристик задачи и требований. Каждая система имеет свои особенности и процедуры агрегирования результатов, а также способы дефаззификации выходных данных. Их выбор должен быть

обоснован исходя из контекста и целей решаемой проблемы, чтобы достичь наиболее эффективных результатов.

Нечеткая модель Мамдани, благодаря своим преимуществам и гибкости, стала одним из наиболее распространенных и широко применяемых подходов к моделированию проблем, связанных с неопределенностью и сложностью. Она позволяет получить более точные результаты и принимать обоснованные решения в различных областях, включая инженерию и управление системами.

Общая структура правила «если-то» алгоритма Мамдани имеет следующий вид:

$$R^i = \text{If } x_1, F^i_1 \text{ и } \dots x_n, F^i_n \text{ тогда } G^i \quad (26)$$

где:  $K$  – общее количество нечётких правил;  $x_n$  и  $G^i$  — лингвистические значения, определяемые нечёткими множествами дискурсивных вселенных. Если-часть правила называется антецедентом, включающим входные данные, тогда как тогда-часть правила известна как консеквент, включающий выходные данные.

В данном исследовании для представления каждого лингвистического термина была принята гауссовская функция принадлежности по следующим причинам [145]:

— Функция обладает свойствами, которые могут быть математически и вычислительно проанализированы;

— Является непрерывно дифференцируемой и имеет гладкий профиль, отличный от нуля во всех точках;

— Обладает гладкой и лаконичной структурой. Вероятность возникновения и влияние были представлены с помощью нечётких множеств, частотные диапазоны которых были выбраны таким образом, чтобы соответствовать приблизительным диапазонам.

Чтобы облегчить понимание функции принадлежности, связанной с входными параметрами, схематические изображения были представлены на рисунках 27, 28 и 29. Кроме того, в качестве выходного параметра, изменяющегося от 0 до 5, рассматривался нечёткий показатель риска. Риск был разделён на пять равных частей и представлен нечёткими множествами с диапазонами, совпадающими с лингвистическими терминами, приведёнными в таблице 11.

В данной работе фаззификация системных переменных, включая вероятность (P), серьёзность воздействий (C) и категории риска (R), осуществлялась с помощью чётких чисел, которые были преобразованы в нечёткие множества.

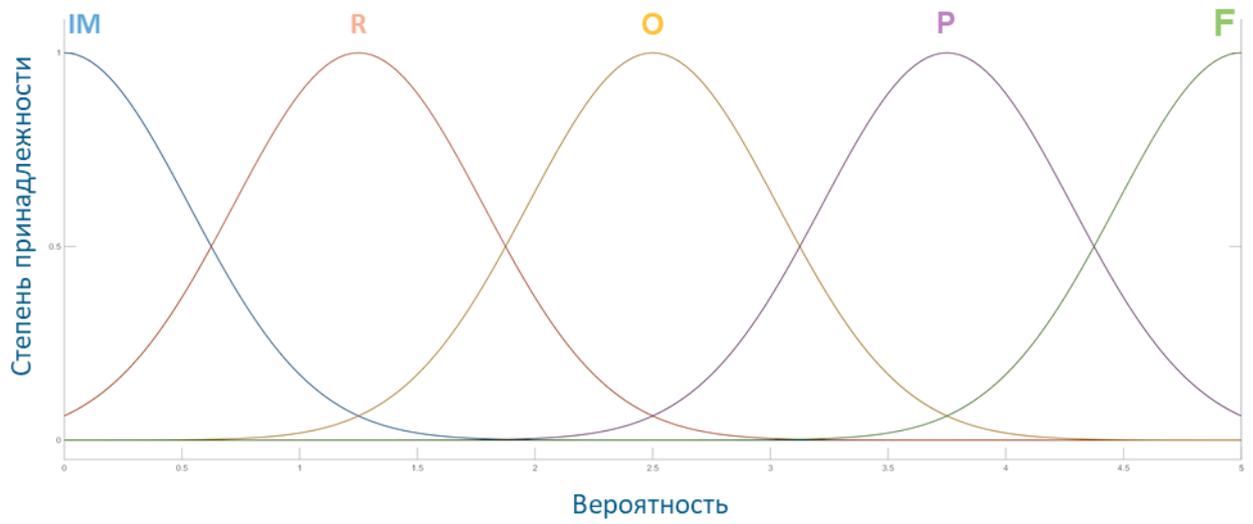


Рисунок 27. Функция принадлежности для вероятности

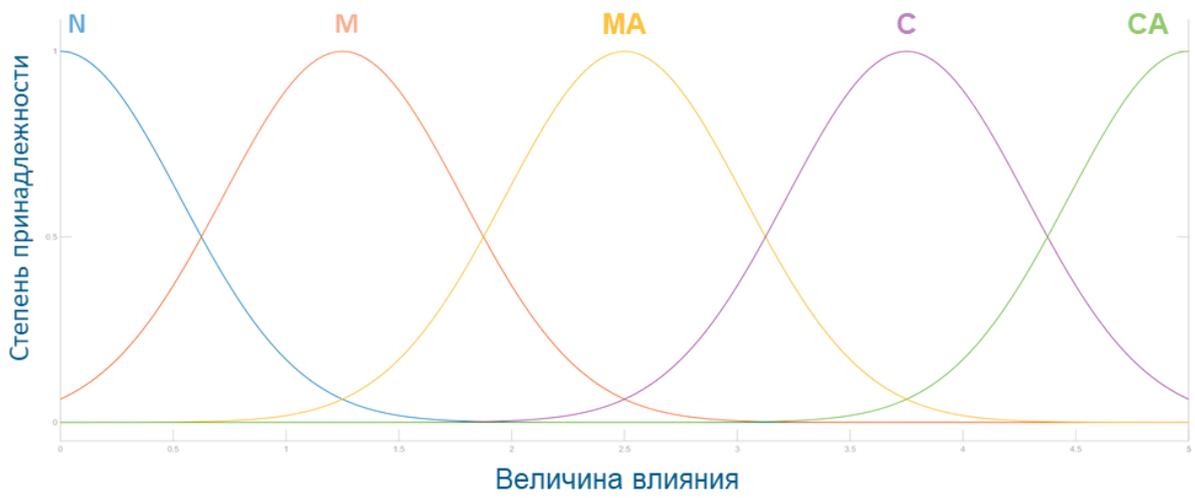


Рисунок 28. Функция принадлежности для величины влияния

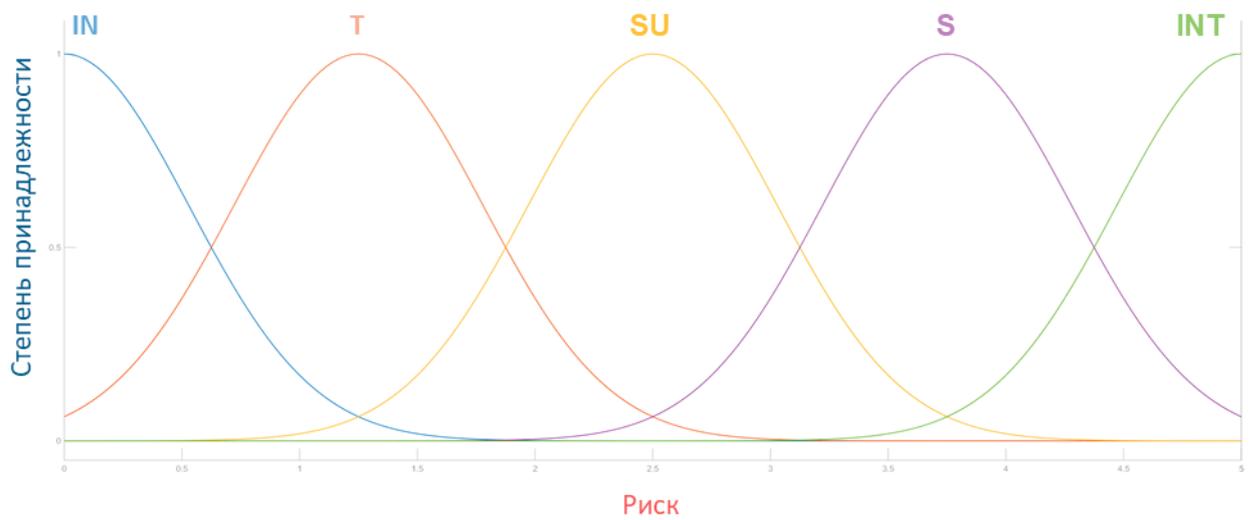


Рисунок 29. Функция принадлежности риска

Для построения нечёткой модели генерируется ряд нечётких правил "если-то", которые используются для выполнения рассуждений, связанных с входными и выходными параметрами. В работе приведены функции принадлежности двух входных параметров, которые используются в процессе управления рисками. База знаний формируется путём создания нечётких правил "если-то" на основе функций принадлежности, полученных на предыдущих этапах, которые отражают мнение экспертов. Такие правила удобно формулировать в лингвистических терминах и часто имеют вид правил "если-то", которые могут быть легко реализованы с помощью нечётких условных операторов.

Процесс нечёткого вывода использует вывод минимум-максимум для оценки значения правил на основе входных значений системы. Истинностное значение правила определяется как минимальная степень принадлежности antecedентов правила. Затем это значение истинности применяется ко всем следствиям правила. Если какой-либо нечёткий вывод является следствием более чем одного правила, то значение истинности вывода равно максимальному значению всех правил, которые включают его как следствие. [145]

Результатом оценки правила является набор нечётких выводов, отражающих действие всех правил, истинностные значения которых больше 0. Система нечёткого вывода обеспечивает систематическую процедуру преобразования карты знаний в нелинейное отображение, данный метод можно выполнить в программном комплексе Polyspace.

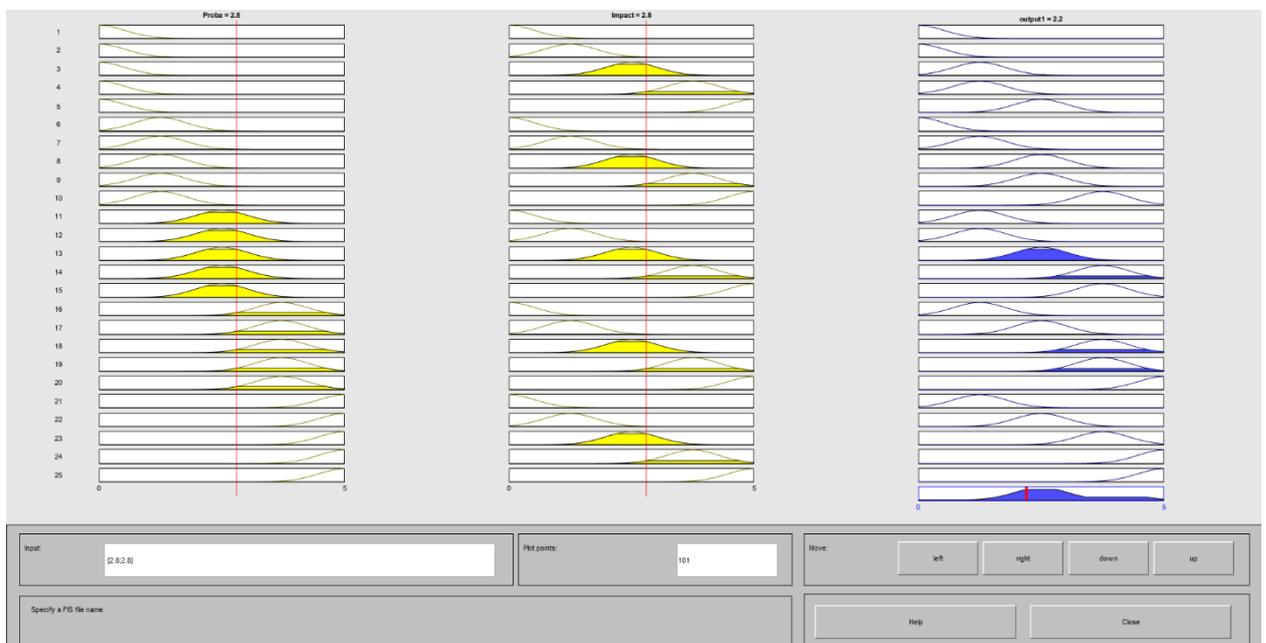


Рисунок 30. Среда программного комплекса Polyspace

Нечёткое правило IF-THEN - это оператор IF-THEN, в котором некоторые лингвистические метки характеризуются функциями принадлежности. Количество правил зависит от типа задачи.

В данном исследовании, с учётом категории двух входных параметров и использования логической операции и, общее количество правил в базе знаний составляет 25 правил, см. рисунок 26, 31

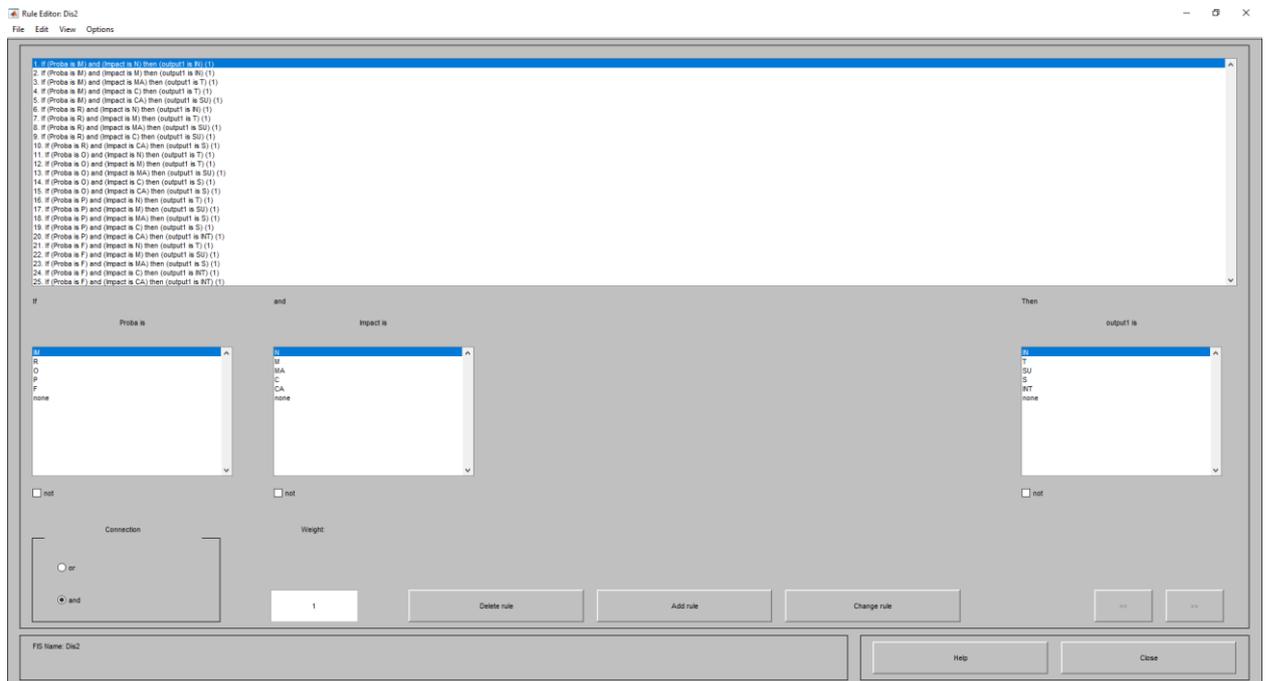


Рисунок 31. Установка фильтров в качестве 25 правил «если-то» в программном комплексе Polyspace

Эти правила разработаны таким образом, чтобы следовать логике оценщика рисков и базируются на мнениях экспертов и имеющейся информации, полученной в результате анализа.

Механизм вывода: механизм вывода с помощью базы знаний отображает входные нечёткие множества в нечёткие выходные множества. Для достижения цели механизм вывода объединяет нечёткие правила «если-то», созданные на основе знаний эксперта. Нечёткие выводы групп назначаются через оценки функций принадлежности двух компонентов. Механизм логического вывода — это компьютерная программа, которая имитирует выходные данные системы нечёткого логического вывода, получая ответы из базы знаний. Отношения между входными и выходными параметрами можно лучше понять с помощью трёхмерного графика.

График, рисунок 32, представляет собой сопоставление двух входных параметров (т. е. вероятности и воздействия) с одним выходным параметром (т. е. риском). График известен как поверхность риска и применяется для оценки риска. На этом графике показаны различные области риска в зависимости от значения входных параметров. На рисунке 32 показаны результирующие управляющие поверхности нечётких входных данных  $P$  и  $I$ , а также нечёткий выходной риск.

Конечным шагом в приближенных рассуждениях является дефаззификация. Этот шаг содержит процесс замены нечёткого значения чётким выводом, включающий процедуру взвешивания и усреднения результатов всех отдельных нечётких правил.

В данной работе метод центр тяжести (COG) определён как один дефаззификтор, рисунок 31. [145] Данный метод выбран из-за его простых вычислений и правдоподобных интуитивных представлений. COG определяется следующим уравнением:

$$Z^* = \frac{\int \mu_i(x)xdx}{\int \mu_i(x)dx} \quad (27)$$

где:

$x$  – выходная переменная;

$Z^*$  — дефаззифицированный вывод;

$\mu_i(x)$  – агрегированная функция принадлежности.

Процесс дефаззификации создаёт чёткие значения из нечётких наборов, чтобы отразить рискованность проекта; таким образом, стратегии реагирования могут быть ранжированы для снижения уровня существующих рисков.

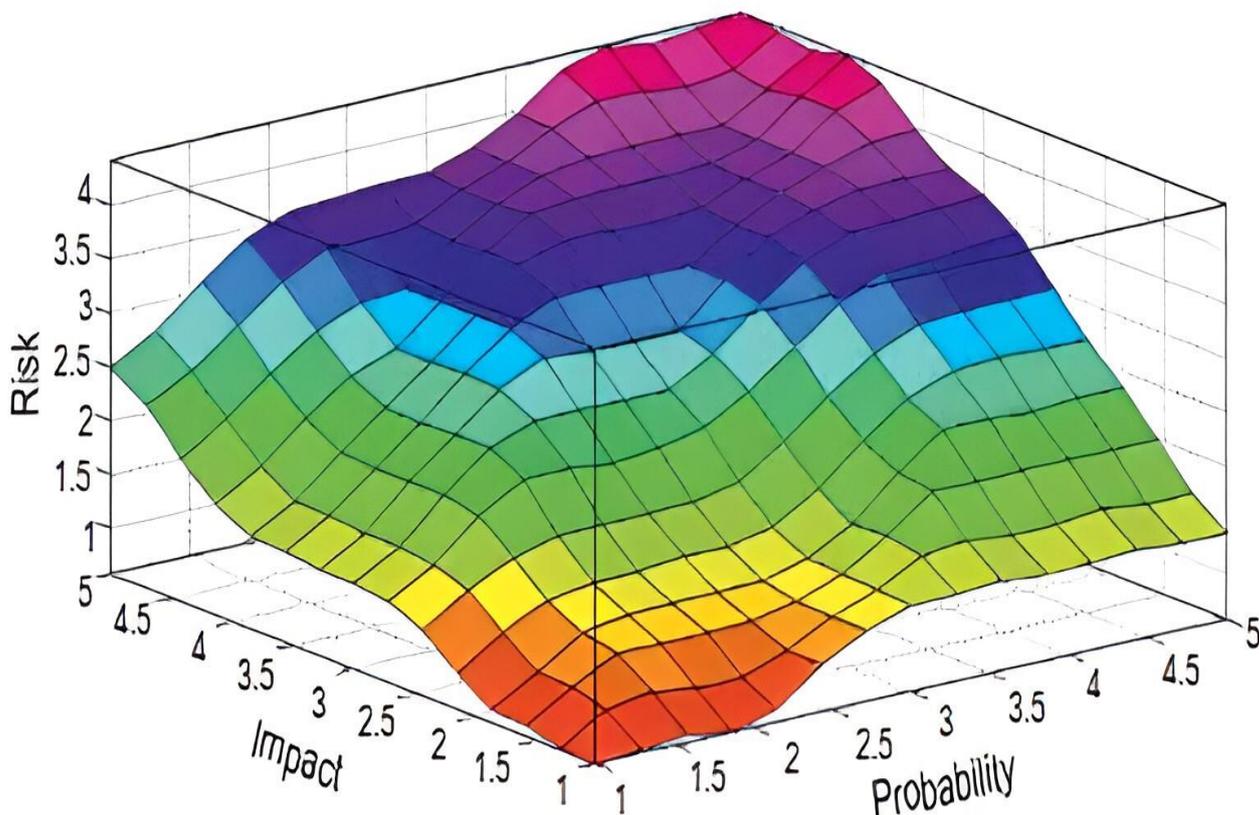


Рисунок 32. Поверхность данных риска, на основе вероятности и величины влияния

В данном параграфе рассмотрим этап «Планирование», исходными данными послужат результаты параграфа 2.1 и 2.2.

Таблица 13. Факторы риска и результаты данных математического анализа

№	Фактор риска	P	IoT	Risk logic	Правило	Дн.	$\Delta$
F1	Повышенная сейсмичность площадки строительства	2,8	2,8	2,2	13	15	0,44
F2	Осадки	2,3	1,9	1,9	13	10	0,38
F3	Наводнения	3	2	2	13	10	0,4
F4	Ландшафт местности (равнина, холмы, и т.д)	2,2	2,2	2,2	13	15	0,44
F5	Природно-климатические условия	2,7	3,4	3,1	14	20	0,62
F6	Зона археологического исследования	2,4	4,3	3,1	14	30	0,62
F7	Стеснённость площадки строительства	2,8	3	2	13	15	0,4
F8	Высокая транспортная нагрузка	2,6	2,5	2,4	13	15	0,48
F9	Задержки в получении разрешений	3,7	3,9	3,6	19	20	0,72
F10	Результаты оценка технических условий	2,5	2,8	2,2	13	15	0,44
F11	Результаты оценки инфраструктуры	2,5	2,6	2,4	13	15	0,48
F12	Различные требования безопасности и ограничений	2,6	3	2	13	15	0,4
F13	На участке строительства присутствуют здания или сооружения для сноса	2,6	3	2	13	15	0,4
F14	Ограниченная продолжительность строительства	3,9	3,1	3,7	18	20	0,74

Значения Risk logic получены путём математических операций при помощи программного комплекса Polyspace, платформа которого представлена на рисунке 41 и 42. Количество дней определяется исходя из уровня продолжительности, в соответствии с таблицей со вторым этапом результатов экспертного опроса.

$$\Delta = \frac{2,2}{5} = 0,44 \quad (28)$$

$\Delta$  – поправочный коэффициент, используется при прогнозировании продолжительности проектирования и строительства объекта.

Процесс дефаззификации создаёт чёткие значения из нечётких наборов, чтобы отразить рискованность проекта; таким образом, стратегии реагирования могут быть ранжированы для снижения уровня существующих рисков.

## **Выводы по главе 2**

В представленной главе рассмотрены основные методы и этапы исследования, связанные с изучением анализа величины влияния и вероятности факторов риска в жизненном цикле проекта.

1.Обоснована необходимость применения метода экспертных оценок, а также приведены этапы и особенности планирования и организации эксперимента.

2.Собраны и проанализированы входные данные в виде информации с объектов строительства, завершённых строительством, данные отчёты о факторах риска в жизненном цикле объектов строительства предоставлены отделом качества.

3.Сформирован перечень факторов риска в количестве 106 позиций, оказывающих влияние на продолжительность этапов жизненного цикла объекта. Все факторы разбиты по этапам жизненного цикла, приведено описание параметров и их возможные значения.

4.Подобран и обоснован математический аппарат «Нечёткая логика», данный математический аппарат позволяет обработать результаты экспертного опроса, а также установить граничные значения, формирующие однозначность вывода данных, что позволяет точно определить уровень риска на каждом этапе жизненного цикла.

### **ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПО УПРАВЛЕНИЮ И ВОЗДЕЙСТВИЮ НА ФАКТОРЫ РИСКА, ВЫЗВАННЫЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИМИ РЕШЕНИЯМИ, ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОКРАЩЕНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ.**

#### **3.1 Формирование методики по управлению и воздействию на факторы риска, вызванные организационно-техническими решениями, для обеспечения сокращения продолжительности проектирования и строительства многоэтажных жилых зданий.**

Рассмотрим процесс определения необходимых действий и их последовательности для реализации методики исследования. Первоочередной задачей является определение объекта исследования, в данной работы мы рассматриваем многоэтажные жилые здания высотой более 9 этажей. Определяем архитектурные, конструктивные и иные уникальные составляющие здания и условия его реализации.

Исходные данные об объекте исследования стоит выделять в отдельный этап, так как зачастую данные предоставляемые Заказчиком не всегда обладают исчерпывающей информацией и на данном этапе стоит более глубоко ознакомиться с проектом, сформировать жизненный цикл проекта, назначить ответственных лиц и обозначить роли иным участникам строительства.

Для функционирования методики обязательно назначается оператор системы. Оператор полностью отслеживает проект на всем жизненном цикле объекта, поэтому логично было бы назначить оператором системы Главного инженера проекта или Руководителя проекта, в крупных компаниях обычно формируется отдел качества, задачей которого является отслеживать факторы риска в проекте.

После анализа данных об объекте исследования, оператор системы формирует реестр факторов риска. Реестр факторов риска разбивается на этапы жизненного цикла, реестр может формироваться как до заключения договора, так и после, например, во время строительства.

Сформировав факторы риска по этапам жизненного цикла проекта, у строительных компаний появится представление о том, на каком этапе им надо оперативно среагировать на факторы риска.

Полученный реестр факторов риска не будет является всеобъемлющим до момента ввода объекта в эксплуатацию, поэтому реестр факторов риска будет пополняться новыми факторами риска в режиме «онлайн».

Также ключевой задачей является проведение экспертного опроса. Экспертной оценке подвергаются предоставленные данные сформированные на основании реестра факторов риска. Шаги проведения экспертной оценки представлены в параграфе 2.2.

В контексте экспертной оценки, необходимо использовать математический инструментарий нечёткой логики для более точного определения результатов. Одним из основных недостатков экспертной оценки является зависимость достоверности полученных данных от компетентности участвующих специалистов. Нельзя быть полностью уверенным в достоверности полученных оценок. Существующие методы определения достоверности экспертных оценок основываются на предположении, что согласованность мнений экспертов гарантирует достоверность оценок. Однако, такое предположение не всегда справедливо.

В этом контексте применение математического аппарата нечёткой логики позволяет корректировать полученные данные путём вычислений и фильтрации. Это достигается благодаря применению 25 программируемых правил "если", которые помогают сформировать базу данных факторов риска, влияющих на продолжительность проектирования и строительства многоэтажных жилых зданий.

Проведение математических операций включает следующие шаги, описанные в параграфе 2.4:

Фаззификация чётких входных данных: Чёткие входные данные преобразуются в нечёткие значения путём определения функции принадлежности к каждому значению.

Определение нечётких операторов и правил "ЕСЛИ-ТО": Задаются нечёткие операторы, которые определяют логические связи между входными и выходными значениями. Формулируются правила "ЕСЛИ-ТО", основанные на знаниях экспертов.

Агрегирование результатов: Полученные нечёткие значения агрегируются для получения общего результата. Дефаззификация: Нечёткое значение результата преобразуется обратно в чёткое значение, представляющее окончательный результат. Для удобства обработки больших массивов рисков и последующей автоматизации все рисковые события необходимо привязать к уникальному идентификатору. По этому идентификатору каждое рисковое событие можно легко найти в базе данных. В качестве такого идентификатора выступает смешанный буквенно-цифровой код риска.

Структура кода состоит из 3-х разрядов:

XXX-сокращённое наименование процесса/ группы процессов/проекта;

XXXXXX-номер документа (инструкции, положения и т.д.), к которому привязан данный риск в реестре и риск-сценарии. Только в этом сценарии этот риск имеет именно такой ранг;

XXX—порядковый номер риска в реестре и риск-сценарии данного процесса/проекта.

Сформировав реестр факторов риска по этапам жизненного цикла с данными по величине влияния фактора риска, нам потребуется определить уровень риска, а именно его лингвистический термин в соответствии с параграфом 2.3. Лингвистический термин назначается исходя из полученного значения ранга, сформировавшегося путём математической операции «нечёткая логика».

Качественный анализ рисков предполагает, что определены различные уровни вероятностей возникновения рисков и степени их воздействия. Общие определения уровней вероятности и степеней воздействия при возможности адаптируются отдельно для каждого типа проектов, и используются затем в процессе качественного анализа рисков.

Качественный анализ рисков подразумевает оценку рисков в терминах их возможных последствий, используя установленные критерии. Критерии могут учитывать затраты, официальные и предписанные требования, социально-экономические аспекты и факторы внешней среды, интересы заказчика, приоритеты и иные исходные данные для оценки. Результат процесса качественной оценки - определение градации рисков по их вероятности и последствиям.

Так как эксперты определяли не только вероятность, но и уровень влияния фактора риска на параметр продолжительности на том или ином этапе жизненного цикла, то мы имеем данные о влиянии факторов риска на данный параметр. Исходя из ранга по уровню влияния на продолжительность таблица 15 параграф 2.4 и в соответствии с таблицей 8 параграфа 2.2, у нас имеется возможность сопоставить эти данные и получить значения в днях, что позволит спрогнозировать дельту изменения продолжительности этапа жизненного цикла.

Так как критические факторы риска, это риски, связанные с угрозой существенного отклонения проекта по продолжительности и стоимости, то следует особое внимание уделить данной категории факторов риска. В исследовании отмечено, что зачастую критические факторы риска приводят к крупным финансовым потерям, исходя из вышеизложенного, критические факторы риска логично выделить в отдельную группу мониторинга и сформировать реестр критических факторов риска. Критические факторы риска формируются на основании ранее рассмотренных рангов и лингвистических терминов, представленных в параграфе 2.3.

Заключаящим шагом остаётся анализ рекомендаций по управлению факторами риска и принятие решения оператором системы. Рекомендации по смягчению или устранению факторов риска во многом зависят от организации и её финансовых ресурсов. Рекомендации состоят из различных способов по управлению факторами риска, зачастую в

крупных организациях выработаны алгоритмы по применению способов по устранению факторов риска, в следующих параграфах мы рассмотрим некоторые из них.

Принятие решения назначается оператором системы. Оператор системы формирует лист заключение с предложенными решениями для противодействия факторам риска, а ответственные лица, отвечающие за ресурсы компании, или согласовывают принятые решения, или предлагают рассмотреть иные пути решения.

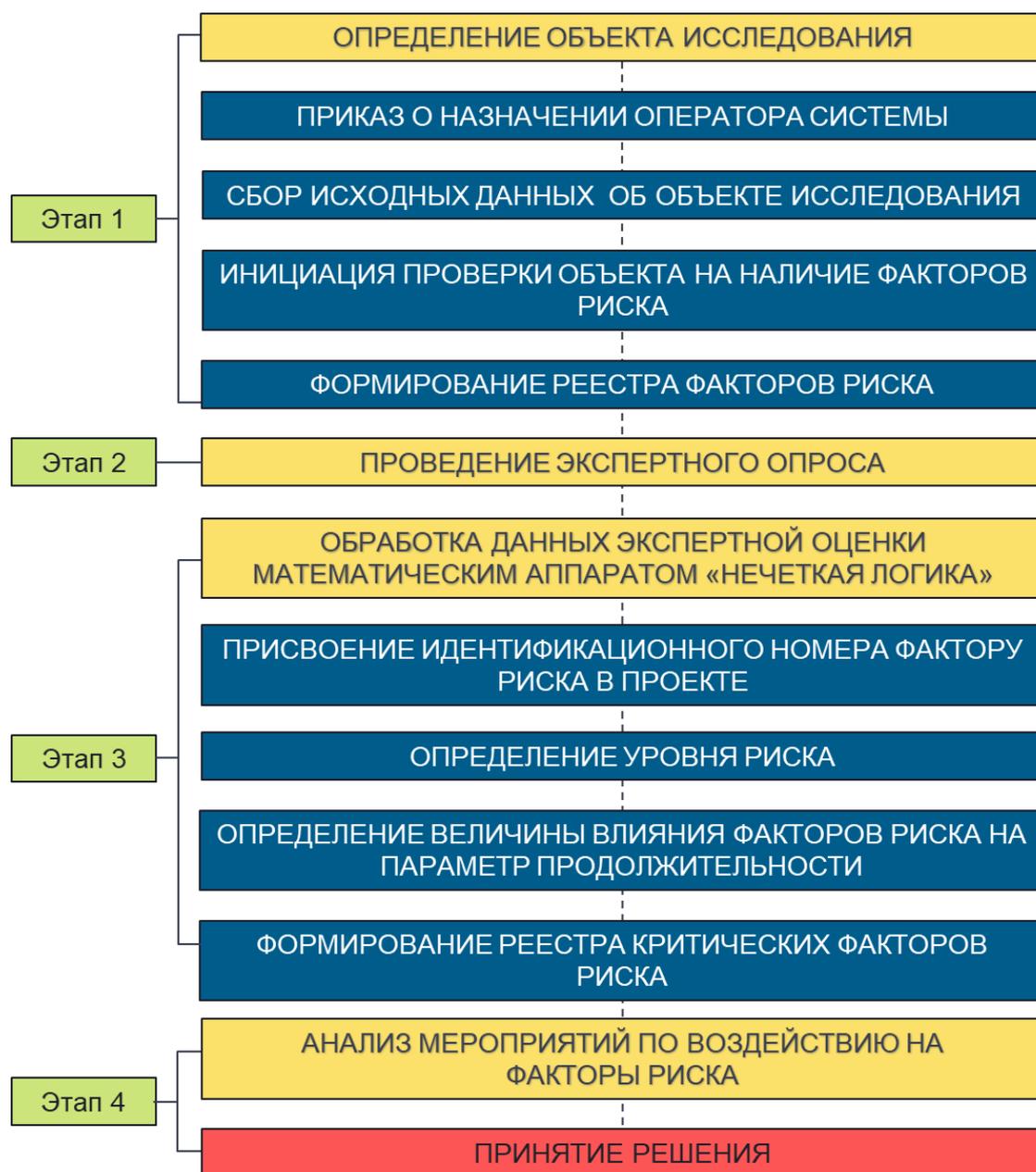


Рисунок 33. Методики по управлению и воздействию на факторы риска, вызванные организационно-техническими решениями, для обеспечения сокращения продолжительности проектирования и строительства многоэтажных жилых зданий.

На рисунке 33 представлена методика по управлению и воздействию на факторы риска, вызванные организационно-техническими решениями, для обеспечения сокращения продолжительности проектирования и строительства многоэтажных жилых зданий.

Как показывает практика, необходимо адаптировать результаты (и их значения) исследования и для различных структурных подразделений в рамках схожих по функционалу процессов или аналогичных объектов строительства. Идентифицированные на предыдущем этапе (объекте строительства) риски анализируются по следующим основным параметрам: уровень риска, вероятность возникновения, величина влияния на продолжительность. Анализ и документирование рисков событий по категориям, как показывает практика, является необходимым, и производится в случае необходимости выделения однородных категорий рисков в различных проектах.

На объектах аналогах допускается применение данных о факторах рисках, задокументированных на ранее построенных объектах капитального строительства, но если потребуется, то методика допускает применение режима онлайн, где для каждого объекта строительства формируется экспертная комиссия для анализа факторов риска.

### **3.2 Формирование исходных данных многоэтажного жилого здания для исследования**

Ранее были описаны все этапы методики, представленные на рисунке 36, поэтому в соответствии с данной методикой приступим к этапу 1.

#### **Этап 1. Определение объекта исследования.**

Рассматриваемый объект — жилой многоэтажный дом, в соответствии с актуальностью темы исследования, рисунок 34.

Оператор системы — Автор диссертации.

Исходные данные — проектная документация на объект капитального строительства в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. N 87 "О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию"

В качестве примера, экспертам была предложена проектная документация прошедшая экспертизу в МГЭ.<sup>3</sup>

Проектируемый 20-ти этажный, односекционный жилой дом со встроенно-пристроенной подземной автостоянкой размещён на участке, расположенном в ЮВАО площадью 0,3506 га, вдоль 2-ой Фрезерной улицы.

---

<sup>3</sup> МГЭ — Московская Государственная Экспертиза

Конструктивная схема здания — Каркасный, с перекрёстным расположением ригелей.

Верхняя отметка здания — 65 м.

В плане здание прямоугольной формы, в плане 23х27 м.

Общий габарит подземного этажа 27х67,6 м.

Условия строительства обусловлены стеснённой площадкой строительства.



*Рисунок 34. Объект исследования*

Рассматриваются наиболее фундаментальные этапы возникновения факторов риска:

1. Планирование;
2. Инженерные изыскания;
3. Проектная стадия;
4. Строительство;



Рисунок 35. Жизненный цикл многоэтажного жилого здания

Исходя из анализа научных источников, экспертных анкет и отчётов о качестве, была разработана модель жизненного цикла здания, учитывающая факторы риска на каждом этапе. Визуальное представление идеализированной структуры жизненного цикла здания с факторами риска представлено рисунке 37.

Формирование списка факторов риска и их систематизация в жизненном цикле проекта проведены в соответствии с Главой 2. Фрагмент списка факторов риска представлен в таблице 14, в приложении А представлена полная таблица с факторами риска.

Таблица 14. Фрагмент факторов риска

Этап	Критерий	Подкритерий	№	Фактор
Планирование	Строительная площадка	Окружающая среда	F1	Повышенная сейсмичность площадки строительства
			F2	Природно-климатические условия
		Подземная часть площадки стр-ва	F3	Зона археологического исследования
		Объект	F4	Стеснённость площадки строительства
			F5	Высокая транспортная нагрузка
			F6	Задержки в получении разрешений
		Иное	...	....
			F14	Ограниченная продолжительность строительства
Инженерные изыскания	Подрядчик	Подготовка исходных данных	F15	Уровень трудовой квалификации
			...	...
			F21	Координация работы с субподрядной организацией

Продолжение таблицы 14.

Этап	Наименование	Показатель	№	Фактор
Проектная стадия		ИРД	F22	Качество проведённых инженерно-геологических испытаний
			F23	Полнота необходимых данных для проектирования
		....	....	....
		Построение информационно-й модели	F22	Опыт построения модели
			F64	Штат
Строительство	Участники проекта	Генеральный подрядчик	F65	Количество объектов введённых в эксплуатацию
			F66	Штат, кол-во
			F67	Уровень трудовой квалификации ведущих сотрудников
			F68	Наличие и количество субподрядчиков
			F69	Текущие строительные объекты
			F70	Применение новых технологий
			F71	Координация работы с субподрядной организацией
		...	...	...
		Материалы	F101	Хранение материалов
			F102	Повреждение материалов
			F103	Закупка материалов
			F104	Материал не соответствует проектному решению
			F105	Доставка материалов
			F106	Ограничение в выборе поставщиков

Далее, данные факторы риска распределяются в жизненном цикле проекта, тем самым структурируя их по типу возникновения, что позволяет вести реестр и мониторинг факторов риска, данные схематично представлены на рисунке 36.

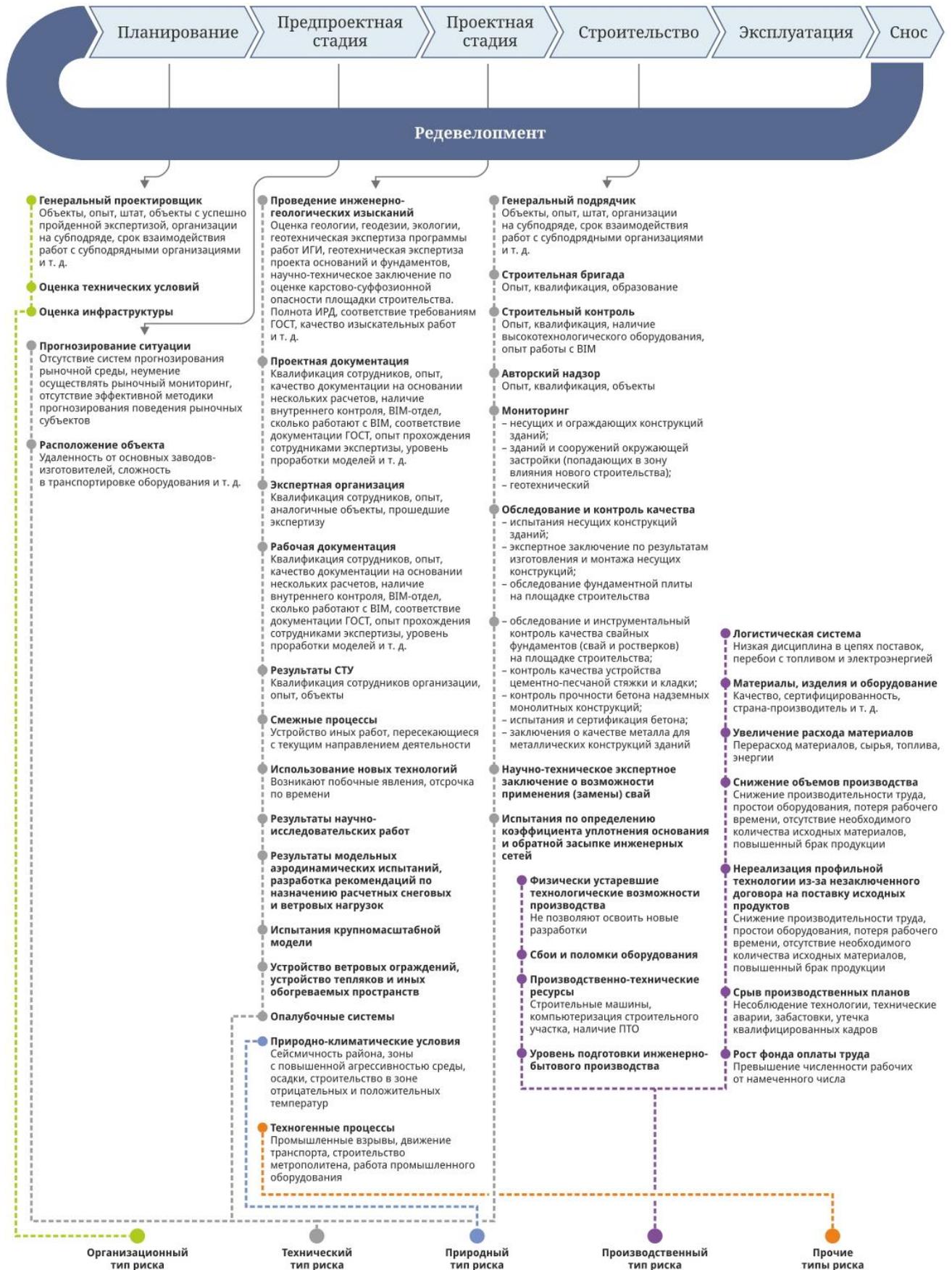


Рисунок 36. Жизненный цикл здания с факторами риска

Представленные данные на позволяют систематизировать и идентифицировать факторы риска в жизненном цикле проекта.

### **3.3 Анализ факторов риска многоэтажного жилого здания методом экспертной оценки**

#### **Этап 2. Проведение экспертного опроса.**

Экспертный опрос проводился в несколько этапов – это отличный способ собрать мнения и оценки экспертов по теме исследования, особенно когда требуется принять решение на основе экспертного суждения. Количество этапов для экспертного опроса может варьироваться в зависимости от конкретного исследования, целей опроса и объема информации, которую требуется собрать от экспертов.

В начале эксперимента назначается специалист в области экспертного опроса, интервьюер - автор диссертационного исследования, а также один специалист из области строительного производства. Обозначаются правила и ограничения, которые сформированы в рамках экспертного опроса.

Ограничения и правила могут различаться в зависимости от конкретной ситуации и целей опроса. Важно учитывать эти факторы и адаптировать правила в соответствии с потребностями исследования.

Основные шаги экспертного опроса:

1. Определена цель опроса и тема;
2. Формирование групп экспертов, которые имеют компетенцию и опыт в области, касающейся темы исследования;
3. Определены критерии экспертности, опыт работы в данной области, соответствующее образование или научные достижения, в соответствии с Приложением А;
4. Разработка вопросов: Сформулированы вопросы таким образом, чтобы они были конкретными и понятными;
5. Разработана система оценки ответов экспертов. Это шкала от 1 до 5, которая позволяет оценить качество ответа эксперта и его достоверность;
6. После завершения всех этапов проанализированы собранные ответы экспертов. Взвешены и учтены различные мнения и аргументы экспертов при принятии решений;
7. Оформление результатов опроса в виде отчёта или протокола;
8. Публикация результатов экспертного опроса для открытости эксперимента, Приложение А;

Интервьюер экспертного опроса играет важную роль в сборе информации от экспертов и обеспечении качественного процесса опроса. Требования, предъявляемые к интервьюеру экспертного опроса:

1. Знание темы и цели опроса;
2. Коммуникативные навыки: Интервьюер обладает достаточными коммуникативными навыками;
3. Нейтральность и беспристрастность;
4. Организационные навыки;
5. Интервьюер должен соблюдать конфиденциальность информации, полученной от экспертов, и использовать ее только в целях исследования.

Конкретные требования могут варьироваться в зависимости от проекта и контекста опроса. Однако эти общие требования могут служить хорошей отправной точкой при подготовке интервьюера для проведения экспертного опроса.

Для проведения экспертного опроса были привлечены специалисты с высшим техническим образованием и опытом работы в области проектирования и строительства. Эти эксперты также являются членами национальных реестров специалистов, таких как НОСТРОЙ и(или) НОПРИЗ.

Экспертам представлена опросная анкета с факторами риска приложение А, результаты опроса представлены в приложении Б, методика проведена в соответствии с главой 2.3.

Таблица 15. Экспертная анкета

№	Фактор	Вероятность фактора риска					Влияние фактора на продолжительность				
		Редкий менее 5%	Маловероятный более 5%	Возможный более 10%	Вероятный более 25%	Неизбежный более 50%	Очень низкий Менее 2 нед.	Низкий 2-4 нед.	Средний 1-2 мес.	Высокий 2-3 мес.	Очень высокий Более 3 мес.
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
F1	Повышенная сейсмичность площадки строительства			X						X	
...	...										
F3	Ограничение в выборе поставщиков					X				X	

На каждый этап формируется экспертная группа из 4 человек.

Уровень квалификации эксперта устанавливается коэффициентом компетентности  $K_K$ :

$$K_K = \frac{K_3 + \sum_{i=0}^n A_i}{2}; \quad (28)$$

$$K_k = \frac{0,70+0,72}{2} = 0,71 \quad (29)$$

Такая оценка экспертов проводится по каждой специализации.

Нами были отобраны 16 экспертов с коэффициентом компетентности  $K_k$  не ниже 0,72.

Этап	Коэффициент конкордации Кендела, $W$	Критерий Пирсона, $\chi_p^2$
Планирование	0,68	35,36
Инженерные изыскания	0,72	17,28
Проектная стадия	0,66	88,6
Строительство	0,65	84,8

Рисунок 37. Коэффициенты конкордации Кендела и критерии Пирсона

1. Создание экспертной комиссии из 4 человек для группы «**Планирование**»

Число факторов  $n = 14$ , Число экспертов  $m = 4$

$$m > \frac{2\chi_T^2}{(n-1)} \quad (30)$$

$$4 > \frac{2 \times 27,7}{(14-1)} \quad (31)$$

$$W = \frac{1655}{\frac{1}{12} \cdot 4^2 (14^3 - 14) - 4 \cdot 298,5} = 0,68 \quad (32)$$

$W = 0,68$  говорит о наличии средней степени согласованности мнений экспертов.

Коэффициент конкордации Кэндела  $W = 0,68$  (Коэффициент конкордации существенно отличается от нуля ( $W \geq 0,5$ ) и расчётное значение критерия Пирсона больше табличного ( $\chi_{T2}=35,36$ ), следовательно, экспертные мнения достаточно согласованны и не случайны, а результаты могут использоваться в исследовании.

2. Создание экспертной комиссии из 4 человек для группы «**Инженерные изыскания**»

Число факторов  $n = 7$ , Число экспертов  $m = 4$

$$m > \frac{2\chi_T^2}{(n-1)} \quad (33)$$

$$4 > \frac{2 \times 12,6}{(7-1)} \quad (34)$$

$$W = \frac{173}{\frac{1}{12} \cdot 4^2 (7^3 - 7) - 4 \cdot 37} = 0,72 \quad (35)$$

$W = 0,72$  говорит о наличии средней степени согласованности мнений экспертов.

Коэффициент конкордации Кэндела  $W = 0,72$  (Коэффициент конкордации существенно отличается от нуля ( $W \geq 0,5$ ) и расчётное значение критерия Пирсона больше табличного ( $\chi_{T2}=17,28$ ), следовательно, экспертные мнения достаточно согласованны и не случайны, а результаты могут использоваться в исследовании.

3. Создание экспертной комиссии из 4 человек для группы «**Проектная стадия**»

Число факторов  $n = 43$ , Число экспертов  $m = 4$

$$m > \frac{2\chi_T^2}{(n-1)} \quad (36)$$

$$4 > \frac{2 \times 50,9}{(43-1)} \quad (37)$$

$$W = \frac{47604}{\frac{1}{12} \cdot 4^2 (43^3 - 43) - 4 \cdot 4018,5} = 0,66 \quad (38)$$

$W = 0,53$  говорит о наличии средней степени согласованности мнений экспертов.

Коэффициент конкордации Кэндела  $W = 0,66$  (Коэффициент конкордации существенно отличается от нуля ( $W \geq 0,5$ ) и расчётное значение критерия Пирсона больше табличного ( $\chi^2=88,6$ ), следовательно, экспертные мнения достаточно согласованны и не случайны, а результаты могут использоваться в исследовании.

4. Создание экспертной комиссии из 4 человек для группы «**Строительство**»

Число факторов  $n = 43$ , Число экспертов  $m = 4$

$$m > \frac{2\chi_T^2}{(n-1)} \quad (39)$$

$$4 > \frac{2 \times 50,9}{(43-1)} \quad (40)$$

$$W = \frac{51101}{\frac{1}{12} \cdot 4^2 (40^3 - 40) - 4 \cdot 5678,5} = 0,65 \quad (41)$$

$W = 0,62$  говорит о наличии средней степени согласованности мнений экспертов.

Коэффициент конкордации Кэндела  $W = 0,65$  (Коэффициент конкордации существенно отличается от нуля ( $W \geq 0,5$ ) и расчётное значение критерия Пирсона больше табличного ( $\chi^2=84,8$ ), следовательно, экспертные мнения достаточно согласованны и не случайны, а результаты могут использоваться в исследовании.

Благодаря экспертной оценке определены факторы риска, а также соблюдена степень согласованности мнений эксперта, данные представлены в Приложение Б.

Дальнейшая обработка данных предусматривает применение математического аппарата на основе «Нечёткой логики»

### 3.3 Обработка результатов экспертного опроса математическим аппаратом

В данном исследовании, оценка вероятности и степени воздействия основывается на математической модели «Нечёткая логика»

Определение степени риска производится на основе матрицы PI риска, и соответственно компонент разработанной системы нечёткого вывода для оценки риска - это база знаний и нечёткие правила, включающие 25 нечётких правил.

### Этап 3. Обработка данных экспертной оценки математическим аппаратом «нечёткая логика»

Исходными данными для математического аппарата являются результаты данных вероятности и величины влияния, сформированные благодаря экспертным оценкам, данные подробно представлены в Приложении В.

Таблица 16. Фрагмент результатов экспертного опроса.

Этап	№	Фактор	P	IoT
Планирование	F1	Повышенная сейсмичность площадки строительства	2,8	2,8
	F2	Природно-климатические условия	2,3	1,9
	F3	Зона археологического исследования	3	2
	F4	Стеснённая площадка строительства	2,2	2,2
	F5	Высокая транспортная нагрузка	2,7	3,1
	F6	Задержки в получении разрешений	2,4	4,3
	...	....		
	F14	Ограниченная продолжительность строительства	3,9	3,1
Инженерные изыскания	F15	Уровень трудовой квалификации ведущих сотрудников	3,3	2,9
	...	...		
	F21	Координация работы с субподрядной организацией	4,3	3,3
Проектная стадия	F22	Качество проведённых инженерно-геологических испытаний	2,1	1,6
	F23	Полнота необходимых данных для проектирования	3,3	2
	....	....		
	F62	Наличие общей информационной платформы для координации работы между заинтересованными лицами	2,8	2,1
	F63	Опыт построения модели	2,8	2,3
	F64	Штат, кол-во	2,4	2,7
Строительство	F65	Количество объектов введённых в эксплуатацию	2,4	2,2
	...	...		
	F101	Хранение материалов	2,5	1,4
	F102	Повреждение материалов	3,6	2,9
	F103	Закупка материалов	3,1	2,5
	F104	Материал не соответствует проектному решению	2,8	1,8
	F105	Доставка материалов	3,6	2,9
	F106	Ограничение в выборе поставщиков	2,9	2,2

С помощью программного комплекса Polyspace, обработаны полученные входные данные, системы нечёткой логики представлена на рисунке 38, результаты программного комплекса представлены в таблице 17.

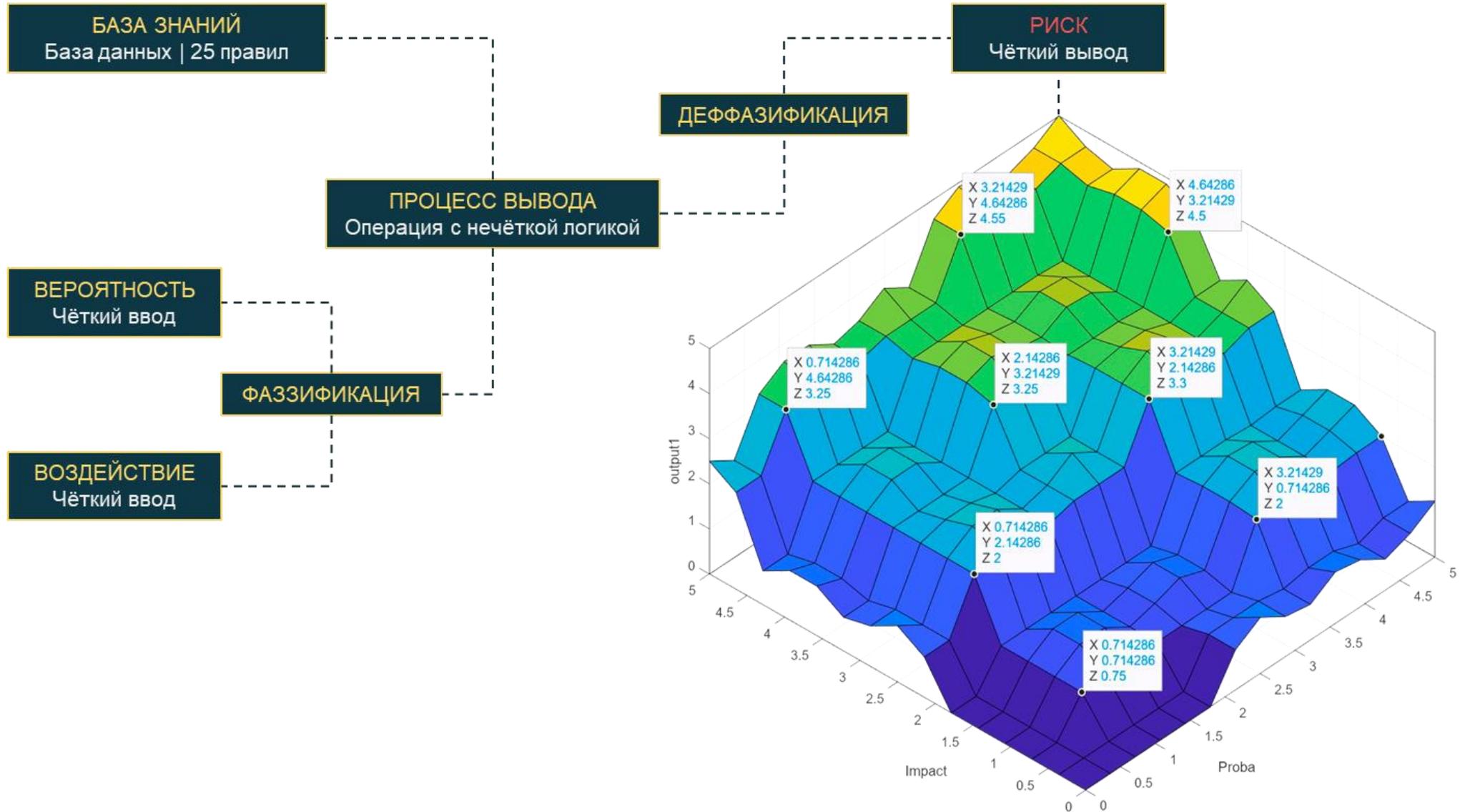


Рисунок 38. Структура вывода данных Fuzzy logic

Данная работа рассматривает индекс нечёткой оценки риска - выходной параметр, который может принимать значения от 0 до 5. Риск разбит на пять равных частей, каждая из которых представлена нечётким множеством с лингвистическим термином.

Для преобразования лингвистических терминов в нечёткие рейтинги используется соответствующая шкала преобразования. Важным аспектом нечёткого моделирования является определение нечётких чисел, которые представляют расплывчатые концепции и выражают неточные термины на естественном языке.

Системные переменные, такие как вероятность, уровень влияния и уровни риска с чёткими значениями, распределяются фазификацией в нечёткие множества.

Функция принадлежности выходной лингвистической переменной переводится в числовое значение дефазификацией. Её главная цель состоит в получении количественных значений для каждой выходной переменной, используемых внешними устройствами, не связанными с системой нечёткого вывода.

Механизм логического вывода использует алгоритмы для оценки и логического вывода правил. После агрегирования правил вывода блоком дефазификатора результат преобразуется в явное или числовое значение.

1. Планирование —  ;
2. Инженерные изыскания —  ;
3. Стадия проекта —  ;
4. Строительство —  ;

В результате проведения анализа и ранжирования рисков получается картина возможных рисков событий, вероятность их наступления и последствий.

Результаты математического аппарата «Нечёткая логика» представлены в таблице 17.

Таблица 17. Результат математической модели «Нечёткая логика»

Показатель	№	Фактор	P	IoT	Fuzzy logic		Уровень риска	Дн.	Δ
					RT	Rule			
<b>«ПЛАНИРОВАНИЕ»</b>									
Окружающая среда	F1	Повышенная сейсмичность площадки строительства	2,8	2,8	2,2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,44
	F2	Природно-климатические условия	2,3	1,9	1,9	13	<b>S-Significant Значительный</b>	10	0,38
	F3	Наводнения	3	2	2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	10	0,4
	F4	Ландшафт местности ( равнина, холмы, и т.д)	2,2	2,2	2,2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,44
	F5	Агрессивная окружающая среда	2,7	3,1	3,1	14	<b>S-Significant Значительный</b>	20	0,62
Подземная часть	F6	Зона археологического исследования	2,4	4,3	3,1	14	<b>S-Significant Значительный</b>	30	0,62
Объект	F7	Стеснённость площадки строительства	2,8	3	2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,4
	F8	Высокая транспортная нагрузка	2,6	2,5	2,4	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,48
	F9	Задержки в получении разрешений	3,7	3,9	3,6	19	<b>INT-Intolerable недопустимый</b>	20	0,72
	F10	Результаты оценка технических условий	2,5	2,8	2,2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,44
	F11	Результаты оценки инфраструктуры	2,5	2,6	2,4	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,48
	F12	Различные требования безопасности и ограничений	2,6	3	2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,4
Иное	F13	На участке строительства присутствуют здания или сооружения для сноса	2,6	3	2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,4
	F14	Ограниченная продолжительность строительства	3,9	3,1	3,7	18	<b>INT-Intolerable недопустимый</b>	20	0,74

Продолжение таблицы 17.

Показатель	№	Фактор	P	IoT	RT	Rule	Уровень риска	Дн.	Δ
<b>«ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ»</b>									
<b>Подготовка исходных данных</b>	F15	Уровень трудовой квалификации ведущих сотрудников	3,3	2,9	3,35	18	<b>INT-Intolerable недопустимый</b>	15	0,67
	F16	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)	3,3	3,1	3,7	18	<b>INT-Intolerable недопустимый</b>	20	0,74
	F17	Объекты с положительным заключением экспертизы (опыт прохождения)	2,8	2,3	2,2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,44
	F18	Наличие и количество субподрядчиков	3,7	3,2	3,1	14	<b>S-Significant Значительный</b>	20	0,62
	F19	Текущие проекты (загруженность компании)	3,8	3,1	3,7	18	<b>INT-Intolerable недопустимый</b>	20	0,74
	F20	Применение новых технологий (отсутствие опыта использование технологий )	3,5	3,1	3,5	18	<b>INT-Intolerable недопустимый</b>	20	0,7
	F21	Координация работы с субподрядной организацией ( отсутствует модель работы, нет опыта )	4,3	3,3	3,4	19	<b>INT-Intolerable недопустимый</b>	20	0,68

Продолжение таблицы 17.

Показатель	№	Фактор	P	IoT	RT	Rule	Уровень риска	Дн.	Δ
<b>«ПРОЕКТНАЯ СТАДИЯ»</b>									
<b>Исходно разрешительная документация</b>	F22	Акт о наличии взрывоопасных предметов (ВОП)	2,1	1,6	0,9	12	<b>SU-Substantial Существенный</b>	10	0,18
	F23	Качество проведённых: Инженерно-геодезических изысканий Инженерно-геологических изысканий Инженерно-экологических изысканий Инженерно-гидрогеологических изысканий	3,3	2	3,6	18	<b>INT-Intolerable недопустимый</b>	10	0,72
	F24	Полнота необходимых данных для проектирования	3,8	2,5	3,7	18	<b>INT-Intolerable недопустимый</b>	15	0,74
<b>Уровень нормативно-технического обеспечения проектной подготовки</b>	F25	Уровень работы с нормативной документацией международного и федерального уровня	3,9	3,1	3,75	18	<b>INT-Intolerable недопустимый</b>	15	0,75

Продолжение таблицы 17.

Показатель	№	Фактор	P	IoT	RT	Rule	Уровень риска	Дн.	Δ
Результаты инженерно-геологических изысканий	F26	Результаты оценки геологии , геодезии, экологии , гидрометеорологии, геотехническая экспертиза программы работ ИГИ	2,7	2,1	2,1	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,42
	F27	Результаты геотехнического исследования, обследования состояния грунтов оснований зданий и сооружений	2,7	2	2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	10	0,4
Результаты специальных видов инженерных изысканий	F28	Результаты локального мониторинга компонентов окружающей среды, Разведка грунтовых строительных материалов, Локальные обследования загрязнённых грунтов и грунтовых вод	2,4	1,8	0,7	12	<b>SU-Substantial Существенный</b>	10	0,14

Продолжение таблицы 17.

Показатель	№	Фактор	P	IoT	RT	Rule	Уровень риска	Дн.	Δ
	F29	Результаты геотехнической экспертизы проекта оснований и фундаментов , научно техническое заключение по оценке карстово-суффозионной опасности площадки строительства	2,6	2,2	2,2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,44
<b>Экспертиза результатов ИИ</b>	F30	Результаты экспертизы ИИ	3,9	3,1	3,7	18	<b>INT-Intolerable недопустимый</b>	15	0,74
<b>Проектная документация</b>	F31	Уровень трудовой квалификации	3,6	3,1	3,5	18	<b>INT-Intolerable недопустимый</b>	15	0,7
	F32	Опыт работы	3,9	3,1	3,7	18	<b>INT-Intolerable недопустимый</b>	15	0,74
	F33	Опыт прохождения экспертизы	2,8	2,5	2,2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,44
	F34	Опыт работы с объектами жилого назначения	2,8	2,2	2,2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,44
	F35	Уникальность объекта (сложность геометрических форм конструкций)	3,7	3,5	3,6	19	<b>INT-Intolerable недопустимый</b>	20	0,72
	F36	Высотность объекта	3,7	3,5	3,6	19	<b>INT-Intolerable недопустимый</b>	20	0,72
	F37	Уровень оформления документации по ГОСТ	1,2	1	1,1	7	<b>T-Tolerable Терпимый</b>	5	0,22

Продолжение таблицы 17.

Показатель	№	Фактор	P	IoT	RT	Rule	Уровень риска	Дн.	Δ
	F38	Алгоритм передачи информации между смежными разделами ПСД	3,9	3,1	3,7	18	<b>INT-Intolerable недопустимый</b>	10	0,74
	F39	Результаты учета природно-климатических условий (Сейсмичность район, зоны с повышенной агрессивной средой, осадки, строительство в зоне отрицательных и положительных температур)	3,3	2,6	3,35	18	<b>INT-Intolerable недопустимый</b>	15	0,67
	F40	Результаты учёта техногенных процессов (Промышленные взрывы, движение транспорта, строительство метрополитена, работа промышленного оборудования)	2,8	2,4	2,2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,44
	F41	Результаты определения объёмов работ	3,2	2,5	3,25	18	<b>INT-Intolerable недопустимый</b>	10	0,65
<b>ВИМ отдел</b>	F42	Уровень трудовой квалификации	3,9	3,1	3,7	18	<b>INT-Intolerable недопустимый</b>	15	0,74
	F43	Опыт работы	3,2	2,5	3,25	18	<b>INT-Intolerable недопустимый</b>	15	0,65
	F44	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)	3,2	2,8	3,25	18	<b>INT-Intolerable недопустимый</b>	15	0,65

Продолжение таблицы 17.

Показатель	№	Фактор	P	IoT	RT	Rule	Уровень риска	Дн.	Δ
	F45	Уровень проработки BIM моделей	3	2,7	2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,4
<b>Разработка Мероприятий по обеспечению доступа инвалидов</b>	F46	Уровень трудовой квалификации	2,8	1,8	0,7	12	<b>SU-Substantial Существенный</b>	10	0,14
	F47	Опыт работы	2,4	1,7	0,8	12	<b>SU-Substantial Существенный</b>	10	0,16
	F48	Уровень владения BIM технологий	1,7	1,4	0,8	7	<b>T-Tolerable Терпимый</b>	10	0,16
<b>Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности</b>	F49	Квалификация сотрудников	2,9	2	2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	10	0,4
	F50	Опыт работы	2,9	2,1	2,1	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,42
	F51	Объекты	2,5	2	2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	10	0,4
	F52	Уровень владения BIM технологий	1,9	1,7	0,65	12	<b>SU-Substantial Существенный</b>	10	0,13
	F53	Результаты СТУ	3,9	3,1	3,7	18	<b>INT-Intolerable недопустимый</b>	15	0,74
<b>Экспертиза документации</b>	F54	Результаты экспертизы проектной документации	2,7	2,2	2,2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,44
<b>Рабочая документация</b>	F55	Уровень трудовой квалификации	3	2,9	2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,4
	F56	Опыт работы	3	2,6	2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,4
	F57	Опыт прохождения экспертизы	2,7	3	2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,4
	F58	Опыт работы с объектами жилого назначения	2,5	2,1	2,1	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,42
	F59	Уровень оформление документации по ГОСТ	2,1	1,4	0,9	12	<b>SU-Substantial Существенный</b>	10	0,18

Продолжение таблицы 17.

Показатель	№	Фактор	P	IoT	RT	Rule	Уровень риска	Дн.	Δ
	F60	Алгоритм передачи информации между смежными разделами ПСД	2,1	1,7	0,8	12	<b>SU-Substantial Существенный</b>	10	0,16
Иное	F61	Влияние смежных процессов на результат работы	3,5	2,7	3,55	18	<b>INT-Intolerable недопустимый</b>	15	0,71
	F62	Наличие общей информационной платформы для координации работы между заинтересованными лицами	2,8	2,1	2,1	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,42
Построение BIM модели здания	F63	Опыт построения модели	2,8	2,3	2,1	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,42
	F64	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)	2,4	2,7	2,3	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,46
<b>«СТРОИТЕЛЬСТВО»</b>									
Генеральный подрядчик	F65	Количество объектов введённых в эксплуатацию	2,4	2,2	2,2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,44
	F66	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)	2,9	2,8	2,1	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,42
	F67	Уровень трудовой квалификации ведущих сотрудников	2,9	2,5	2,1	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,42
	F68	Наличие и количество субподрядчиков	2,6	2,2	2,2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,44
	F69	Текущие строительные объекты	2,2	2,3	2,2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	10	0,44
	F70	Применение новых технологий	3	2,3	2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	10	0,4
	F71	Координация работы с субподрядной организацией	2,5	1,9	1,9	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,38
	F72	Результаты распределения человеческих ресурсов	2,3	1,6	0,9	12	<b>SU-Substantial Существенный</b>	15	0,18

Продолжение таблицы 17.

Показатель	№	Фактор	P	IoT	RT	Rule	Уровень риска	Дн.	Δ
	F73	Влияние ограничения рабочего времени	2,6	2,1	2,1	13	<b>S-Significant Значительный</b>	10	0,42
	F74	Результаты научно-технического экспертного заключения ( о возможности применения (замены) свай )	2,3	2,5	2,3	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,46
	F75	Результаты испытаний по определению коэффициента уплотнения основания и обратной засыпке инженерных сетей;	1,8	1,7	0,7	7	<b>T-Tolerable Терпимый</b>	15	0,14
	F76	Физически устаревшие технологические возможности производства	2,6	2,6	2,4	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,48
	F77	Производственно-технические ресурсы(Строительные машины, компьютеризация строительного участка, наличие ПТО)	3	2,7	2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,4
	F78	Уровень подготовки инженерно-бытового производства	2,7	2,3	2,3	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,46

Продолжение таблицы 17.

Показатель	№	Фактор	P	IoT	RT	Rule	Уровень риска	Дн.	Δ
	F79	Основные средства производства работ	3	2,6	2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,4
	F80	Отсутствие структуры в организации работ	3	2,5	2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,4
<b>Логистика</b>	F81	Дисциплина в цепях поставок, перебои с топливом и электроэнергией	3	2,4	2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	15	0,4
<b>Строительная бригада</b>	F82	Уровень трудовой квалификации	3,5	2,8	3,45	18	<b>INT-Intolerable недопустимый</b>	20	0,69
	F83	Опыт	3,2	2,8	3,25	18	<b>INT-Intolerable недопустимый</b>	15	0,65
	F84	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)	3,3	3,2	3,2	19	<b>INT-Intolerable недопустимый</b>	10	0,64
	F85	Снижение производительности труда	3,9	3,1	3,7	18	<b>INT-Intolerable недопустимый</b>	15	0,74
	F86	Несчастные случаи на производстве	2,9	1,6	0,9	12	<b>SU-Substantial Существенный</b>	15	0,18
<b>Строительный контроль</b>	F87	Уровень трудовой квалификации	2,8	2,3	2,2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	10	0,44
	F88	Опыт	3	2,2	2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	10	0,4
	F89	Наличие высокотехнологического оборудования	2,1	1,6	0,9	12	<b>SU-Substantial Существенный</b>	15	0,18
	F90	Опыт работы с BIM	2,6	1,5	1	12	<b>SU-Substantial Существенный</b>	15	0,2
<b>Авторский надзор</b>	F91	Уровень трудовой квалификации	2,6	2,2	2,2	13	<b>S-Significant Значительный</b>	10	0,44
	F92	Опыт	2,6	2,1	2,1	13	<b>S-Significant Значительный</b>	10	0,42

Продолжение таблицы 17.

Показатель	№	Фактор	P	IoT	RT	Rule	Уровень риска	Дн.	Δ
	F93	Наличие высокотехнологического оборудования	2,1	1,3	0,9	12	<b>SU-Substantial</b> Существенный	10	0,18
	F94	Опыт работы с BIM	2,4	1,6	0,9	12	<b>SU-Substantial</b> Существенный	10	0,18
Государственный строительный надзор	F95	Уровень трудовой квалификации	2,8	1,9	1,9	13	<b>S-Significant</b> Значительный	10	0,38
	F96	Опыт	2,7	1,9	1,9	13	<b>S-Significant</b> Значительный	15	0,38
	F97	Наличие высокотехнологического оборудования	2,2	1,3	1	12	<b>SU-Substantial</b> Существенный	15	0,2
Оборудование	F98	Качество машин и оборудования	3,2	2,5	3,25	18	<b>INT-Intolerable</b> недопустимый	10	0,65
	F99	Поломки оборудования	2,2	1,3	1	12	<b>SU-Substantial</b> Существенный	10	0,2
	F100	Несвоевременный уход за оборудованием	3	1,6	0,75	12	<b>SU-Substantial</b> Существенный	15	0,15
Материалы	F101	Хранение материалов	2,5	1,4	1,1	12	<b>SU-Substantial</b> Существенный	15	0,22
	F102	Доставка материалов	3,6	2,9	3,35	19	<b>INT-Intolerable</b> недопустимый	10	0,67
	F103	Повреждение материалов	3,1	2,5	1,9	13	<b>S-Significant</b> Значительный	15	0,38
	F104	Закупка материалов	2,8	1,8	0,7	12	<b>SU-Substantial</b> Существенный	15	0,14
	F105	Материал не соответствует проекту	3,6	2,9	3,35	19	<b>INT-Intolerable</b> недопустимый	15	0,67
	F106	Ограничение в выборе поставщиков	2,9	2,2	2,1	13	<b>S-Significant</b> Значительный	15	0,42
<b>Итого</b>									0,39

Из представленного списка факторов в таблице 17, можно сделать следующие ключевые выводы:

1. Необходимо учитывать природные и климатические условия на местности, особенности грунта и ландшафта, а также риск зон с повышенной сейсмичностью, наводнений и других стихийных бедствий.
2. Важно иметь опыт работы с объектами жилого назначения и прохождения экспертизы, а также обращать внимание на уровень трудовой квалификации ведущих сотрудников.
3. Следует учитывать ограничения и требования безопасности, а также задержки в получении разрешений на строительство.
4. Необходимо учитывать состояние инфраструктуры и уровень проработки BIM моделей, а также обращать внимание на качество проведённых инженерно-геологических работ и геотехническую экспертизу программы работ ИГИ.
5. Важно учитывать риски в связи со строительством на стеснённых площадках, а также использование новых технологий без опыта их применения.
6. Необходимо обращать внимание на эффективность координации работы между субподрядчиками и использование общей информационной платформы.
7. Важно учитывать качество машин и оборудования, а также несвоевременный уход за ними, чтобы избежать поломок и задержек в работе.

Следующий шаг, формирование критичных факторов риска, к таким относятся факторы риска с уровнем риска — недопустимый, факторы риска представлены в таблице 18.

*Таблица 18. Критические факторы риска*

№ Фактора	Описание
9	Задержки в получении разрешений
14	Ограниченная продолжительность строительства
15-16	Уровень трудовой квалификации и штат для разработки проектной документации
19	Текущие проекты
20	Применение новых технологий
21	Координация работы с субподрядной организацией

№ Фактора	Описание
23	Качество проведённых: Инженерно-геодезических изысканий Инженерно-геологических изысканий Инженерно-экологических изысканий Инженерно-гидрогеологических изысканий
24	Полнота необходимых данных для проектирования
25	Уровень работы с нормативной документацией
31-32	Уровень трудовой квалификации и опыт работы для разработки стадии П
35	Уникальность объекта
36	Высотность объекта
38	Алгоритм передачи информации между смежными разделами ПСД
41	Результаты определения объёмов работ
42-43	Уровень трудовой квалификации и опыт работы ВМ отдела

Критические факторы риска:

1. Риски имеют серьёзные последствия и имеют высокую вероятность возникновения.
2. Имеют высший приоритет.
3. Могут угрожать существованию организации или успешности выполнения большей части поставленных задач.

#### **Этап 4. Анализ рекомендаций по управлению факторами риска в жизненном цикле проекта**

Обработка — риска-это процесс, которым улучшаются существующие средства контроля, или разрабатываются и осуществляются новые. Обработка риска вовлекает действия, которыми изменяют вероятность возникновения рисков событий или степень воздействия риска на процесс/проект/величину последствий.

Это производится посредством анализа различных способов и выбора наиболее приемлемых вариантов для складывающихся обстоятельств.

Современная практика управления рисками, а также положения международных и национальных стандартов ГОСТ по менеджменту риска определяют 4 основных способа обработки рисков, таблица 19.

Таблица 19. Способы обработки риска

№	Способ	Содержание
1	Принятие	Подтверждение возможности негативной ситуации и сознательное решение принять ее последствия и компенсировать ущерб за счёт собственных средств.
2	Передача	Перенесение ответственности за управление риском на других участников проекта без устранения источника риска.
3	Уклонение	Полное устранение определённой угрозы или источника недопустимого риска: исключение потенциальной возможности негативной ситуации путём замены на решения с приемлемым риском
4	Смягчение	Уменьшение вероятности возникновения и/или величины возможных потерь от наступления негативной ситуации, что способствует минимизации степени воздействия риска. Источник риска не устраняется.

Сначала определяется способ обработки (на основе предварительной оценки всех 4-х основных способов), затем осуществляются мероприятия в рамках этого способа.

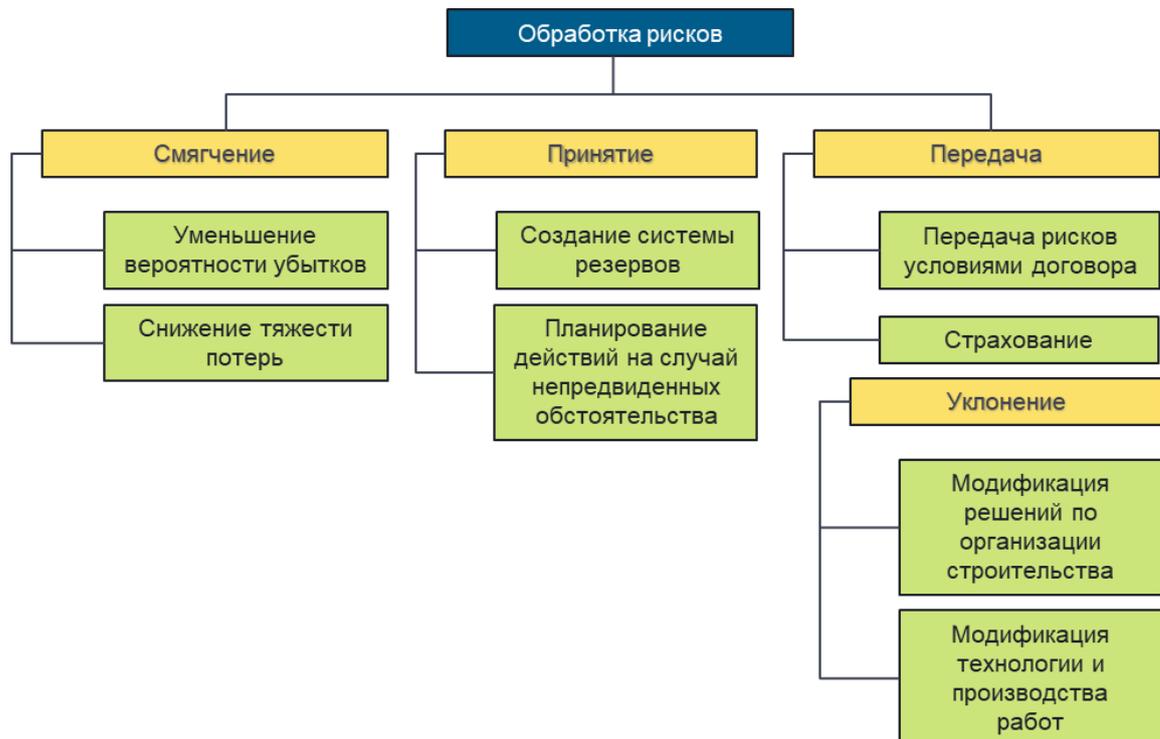


Рисунок 39. Способы обработки рисков

Представленная на данной схеме детализация способов обработки не является окончательной и исчерпывающей. Набор необходимых в реальной практике способов обработки рисков до приемлемого уровня может быть дополнен в ходе практики. Характеристики способов обработки представлены в таблице 20.

Таблица 20. Характеристики способов обработки результатов факторов риска

№	Содержание	Способ
1	Подтверждение возможности негативной ситуации и сознательное решение принять <u>ее</u> последствия и компенсировать ущерб за счёт собственных средств.	Принятие
2	Перенесение ответственности за управление риском на других участников проекта без устранения источника риска.	Передача
3	Полное устранение определённой угрозы или источника недопустимого риска: исключение потенциальной возможности негативной ситуации путём замены на решения с приемлемым риском	Уклонение
4	Уменьшение вероятности возникновения и/или величины возможных потерь от наступления негативной ситуации, что способствует минимизации степени воздействия риска. Источник риска не устраняется.	Смягчение

Смягчение рисков является одним из наиболее широко применяемых подходов в управлении рисками. Предусматриваются активные меры для уменьшения вероятности возникновения негативных ситуаций и снижения возможных потерь во время реализации проектов. Более эффективным является принятие активных мер для предотвращения факторов риска, чем попытка устранить негативные последствия уже произошедших событий. При этом следует учитывать соотношение между затратами, как финансовыми, так и временными, на смягчение рисков и степенью их влияния на проект. Полные затраты на смягчение рисков включают как расходы на снижение вероятности возникновения рисков ситуации, так и на уменьшение величины потерь в случае негативной ситуации.

Применение подхода к смягчению рисков требует разработки и реализации эффективных стратегий и мероприятий. Сначала необходимо провести тщательный анализ потенциальных рисков, идентифицировать их и оценить их вероятность и воздействие на проект. Такой анализ поможет выделить наиболее значимые и критические риски, на которые необходимо сосредоточиться в первую очередь. После определения наиболее значимых рисков разрабатываются и внедряются соответствующие меры смягчения. Эти меры могут включать в себя различные подходы, такие как изменение проектного плана, усиление контроля и мониторинга, принятие дополнительных мер предосторожности, создание аварийных планов и т.д. Основная цель состоит в том, чтобы свести к минимуму вероятность возникновения рисков и ограничить их потенциальное воздействие на проект.

Однако необходимо помнить, что смягчение рисков требует определённых затрат. Эти затраты включают как непосредственные расходы на внедрение мер смягчения, так и

возможные дополнительные затраты на планирование, обучение персонала, приобретение специализированного оборудования и т.д. Поэтому важно балансировать между необходимостью смягчения рисков и доступными ресурсами проекта.

Вот некоторые примеры мер, которые могут быть применены для смягчения рисков:

1. Привлечение проверенных подрядчиков, проектировщиков и поставщиков.
2. Использование систем безопасности и надёжности для оборудования и машин в соответствии с требованиями нормативно-правовой базы.
3. Использование защитной одежды и техники безопасности при выполнении строительно-монтажных работ и пуско-наладочных работ.
4. Проведение обучающих программ и вовлечение сотрудников в систему управления рисками.
5. Разработка системы вознаграждения.

Если смягчение риска не является возможным, то риск может быть принят. Принятие риска происходит в случае, когда невозможно осуществить смягчение, передачу или уклонение от риска, или, когда предыдущие мероприятия по снижению риска не достигли нужного эффекта и степень воздействия риска была снижена. Однако принятие риска не означает игнорирование его. Напротив, необходимо приложить достаточные усилия для контроля риска и разработки плана действий. Для успешного принятия риска рекомендуется создать резервы основных ресурсов, таких как финансы, время, материально-технические ресурсы и персонал, а также запланировать действия в случае непредвиденных обстоятельств. Это позволит снизить затраты в случае возникновения таких обстоятельств.

Ещё одним способом обработки рисков является их передача. Передача риска осуществляется путём включения соответствующих положений в договор, которые распределяют финансовую ответственность за потери, связанные с риском, между участниками проекта - подрядчиками, поставщиками и другими. Обычная практика заключается в том, чтобы сделать ответственным за конкретный вид риска того участника проекта, который лучше всего может оценить и контролировать этот риск.

Также возможна стратегия уклонения от риска, которая предусматривает полное устранение угрозы или источника риска. Это может быть достигнуто путём отказа от проекта или внесения изменений в стратегические задачи и операционные процессы. Например, можно внести изменения в решения по организации работ, охране окружающей среды и технике безопасности с целью устранения источников недопустимого риска и замены их решениями с приемлемым риском.

Таблица 21. Критические факторы риска и мероприятия по их устранению

№	Фактор риска	Мероприятия по устранению факторов риска
F9	Задержки в получении разрешений	Корректировка графика проектирования, информирование Заказчика
14	Сжатый срок строительства	Увеличение штата сотрудников проектирования, а также строительной бригады.
15-16	Уровень трудовой квалификации и штат для разработки проектной документации	Добавить в группу проектировщиков АР и ИОС ведущих и главных специалистов. Провести повышение квалификации сотрудников.
19	Текущие проекты (параллельность объектов)	Корректировка графика проектных работ по всем объектам, увязка графиков.
20	Применение новых технологий	Проанализировать внедрении BIM в отдел ИОС, проверить квалификации сотрудников в программном комплексе Revit или аналог
21	Координация работы с субподрядной организацией	Настроить общую платформу обмена данных, исключить передачу документации посредством личных мессенджеров. Выпустить приказ об облачном сервисе One drive.
23	Качество проведённых: Инженерно-геодезических изысканий Инженерно-геологических изысканий Инженерно-экологических изысканий Инженерно-гидрологических изысканий	Исходя из данных ИГИ , требуется провести дополнительные изыскания, в том числе актуализация буровых журналов, а также проведение штамповых испытаний.
24	Полнота необходимых данных для проектирования	Своевременная проработка и утверждение ЗНП, уточнение всех материалов, а также вендор листов. Согласование ЗНП со всеми специалистам-проектировщиками с целью исключения коллизий.
25	Уровень работы с нормативной документацией	Выпустить приказ об информировании сотрудников о применении ведущих ГОСТ, СП и ФЗ в рамках проектной и рабочей документации.
30	Результаты экспертизы ИГИ	Пересмотреть заключение, провести повторные изыскания.
31-32	Уровень трудовой квалификации и опыт работы для разработки стадии П	Пересмотреть проектные команды, назначить главных специалистов по направлениям жилого строительства.
38	Алгоритм передачи информации между смежными разделами ПСД	Выпустить приказ «Алгоритм передачи данных», задачу закрепить за отделом BIM
41	Результаты определения объёмов работ	Провести анализ ЗНП, проверку объёмов (ВОРы — ведомость объёмов работ) работ перед выпуском документации назначить за Главным Инженером Проекта, а также за Главным Архитектором Проекта.

№	Фактор риска	Мероприятия по устранению факторов риска
42-44	Уровень трудовой квалификации, штат и опыт работы ВМ отдела	Добавить в команду ВМ главного координатора проектов
53	Результаты СТУ	Разработку рабочей документации вести совместно с решениями СТУ.
61	Влияния смежных процессов на результат работы	Систематическая задержка выпуска документации КЖ из-за несвоевременной выдачи заданий от ИОС. Увеличить штат, добавить главных специалистов по данному направлению.
82-84	Уровень трудовой квалификации, штат и опыт работы строительной бригады	Проверить состав комплексной бригады на возведения высотного здания. Проверить разряды плотников, арматурщиков и монолитчиков, а также их число в соответствии с Технологическими картами на производство работ.
85	Снижение производительности труда	Ввести премирование за выполнение сверх нормативных объёмов.
98	Качество машин и оборудования	Рассмотреть Российские аналоги строительных машин
102	Доставка материалов	Проработать своевременную доставку материалов, рассмотреть иных поставщиков
105	Материалы не соответствуют проектному решению	В рамках авторского надзора проверить используемые материалы и оборудование, а также технические паспорта на них.

\*Принятые мероприятия носят рекомендательный характер, в зависимости от проекта и ресурса компании мероприятия могут меняться.

На практике выявленные и оценённые присущие риски могут обрабатываться в разной последовательности в зависимости от ранга (уровня) риска. Так, для приемлемого риска с низким рангом последовательность способов обработки, будет следующей: принятие, смягчение, передача, уклонение. Для недопустимого риска с высоким рангом последовательность действий меняется следующим образом: смягчение, уклонение, передача, принятие. После проведения запланированных мероприятий в этой последовательности остаточный риск становится приемлемым, и принимается для контроля.

Последним шагом является принятие решения о исключении или смягчении факторов риска, зачастую вид решения зависит от оператора системы и ресурса организации<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Под ресурсами организации понимается набор материальных и нематериальных активов, необходимых для функционирования и развития бизнеса. К их числу относятся финансы, персонал, знания, технологии, инфраструктура и иные ресурсы.

### Выводы по главе 3

1. Разработана методика по управлению и воздействию на факторы риска, вызванные организационно-техническими решениями, для обеспечения сокращения продолжительности проектирования и строительства многоэтажных жилых зданий.

2. Разработан стратегический подход, заключающийся в применении набора решений для поддержки управления жизненным циклом проекта. Интегрированная информация о факторах риска в жизненном цикле объекта позволяет оперативно принимать мероприятия по устранению факторов риска.

3. Определены весовые коэффициенты экспертной оценки, где эксперты были распределены на 4 группы для оценки 106 факторов риска.

4. Разработана модель жизненного цикла здания, включающая анализ факторов риска на каждом этапе, оценку их уровня влияния, определение типа фактора риска, а также предложены мероприятия по устранению факторов риска.

5. Предложена структура кода для ведения реестра факторов риска в организации, что позволяет структурировать факторы риска от проекта к проекту, при этом сохраняя свою привязку к определённому объекту. Такая структура реестра риска обеспечивает централизованное хранение и управление информацией о рисках, что позволяет организации эффективно управлять рисками на различных проектах, также структура позволяет проводить анализ и оценку факторов рисков, на основе накопленных данных и опыта предыдущих проектов, что способствует принятию более обоснованных и информированных решений по управлению рисками.

6. Математическая модель "Нечёткая логика" доказала свою работоспособность и пригодность для оценки факторов риска. Для этого были заданы параметры через программный комплекс Polyspace.

7. Определены и проранжированы критические факторы риска, которые могут оказывать влияние на продолжительность и стоимость проекта.

8. Полученные данные помогут своевременно спрогнозировать возможные последствия и принять необходимые меры по их устранению. Особое внимание стоит уделить этапам до начала строительства, так как именно на этом этапе формируется наибольшая концентрация факторов риска - 60,38%.

## ГЛАВА 4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

### 4.1 Описание объектов капитального строительства для внедрения методики

Внедрение результатов диссертационного исследования в виде методики по управлению и воздействию на факторы риска, вызванные организационно-техническими решениями производилось на объектах капитального строительства г.Москвы:

1. Внедрение результатов исследовательской работы осуществлялось в деятельность плановых отделов строительной организации ООО «МонАрх-УКС» на стадии Проекта.

Рассматриваемый объект исследования: Застройка экспериментального жилого микрорайона с жилыми домами переменной этажности» по адресу: г. Москва, поселение Десёновское, в районе дер. Яковлево. Корпус 13 (Приложение Д).

Проектируемое здание односекционный, 16-ти этажный многоквартирный жилой дом.



Рисунок 40. Жилой многоэтажный дом, Корпус 13

Конструктивная схема - смешанная каркасно-стеновая система, состоящая из вертикальных элементов (стены, колонны, пилоны), связанных в пространственную систему горизонтальными несущими конструкциями (перекрытия, покрытия).



*Рисунок 41. Корпус 13. Подготовка основания фундамента.*



*Рисунок 42. Корпус 13. Прокладка наружных инженерных сетей*



*Рисунок 43. Корпус 13. Устройство армирования вертикальных конструкций*

Проектные работы, включая прохождение экспертизы — 65 раб. дней

Подготовка рабочей документации — 35 раб. дней.

Строительство — 240 дней.

2. Внедрение результатов исследовательской работы осуществлялось в деятельность плановых отделов строительной организации ООО «ПАРАМЕТРИКА» на стадии Проекта.

Рассматриваемый объект исследования: Жилые дома с инженерными коммуникациями и благоустройством по адресу: г.Москва, СВАО, 9-ая Северная линия, вл.3. (Приложение Д).

Проектируемое здание многосекционный 24 этажный жилой дом.



*Рисунок 44. Жилой комплекс 9-я Северная*

Конструктивная схема - смешанная каркасно-стенная система, состоящая из вертикальных элементов (стены, колонны, пилоны), связанных в пространственную систему горизонтальными несущими конструкциями (перекрытия, покрытия).

Проектные работы, включая прохождение экспертизы — 110 раб. дней

Подготовка рабочей документации — 70 раб. дней.

Строительство — 650 дней.

Сопровождение объектов капитального строительства ведётся на всём этапе жизненного цикла объекта, от заключения договора и до ввода объекта в эксплуатацию.

Автор данного диссертационного исследования, также является главным инженером проекта объектов капитального строительства, поэтому сопровождение и анализ объекта ведётся ежедневно, сбор исходных данных, проведение ИГИ, ИГДИ, анализ полученных данных, разработка проектной и рабочей документации, прохождение экспертизы, формирование списков подрядчиков, а также еженедельный авторский надзор.

#### 4.2 Внедрение методики в деятельность плановых отделов строительной организации

В деятельность строительной организации была внедрена методика по управлению и воздействию на факторы риска, вызванные организационно-техническими решениями, для обеспечения сокращения продолжительности проектирования и строительства многоэтажных жилых зданий.

Схема методики для объектов капитального строительства представлена на рисунке 45.

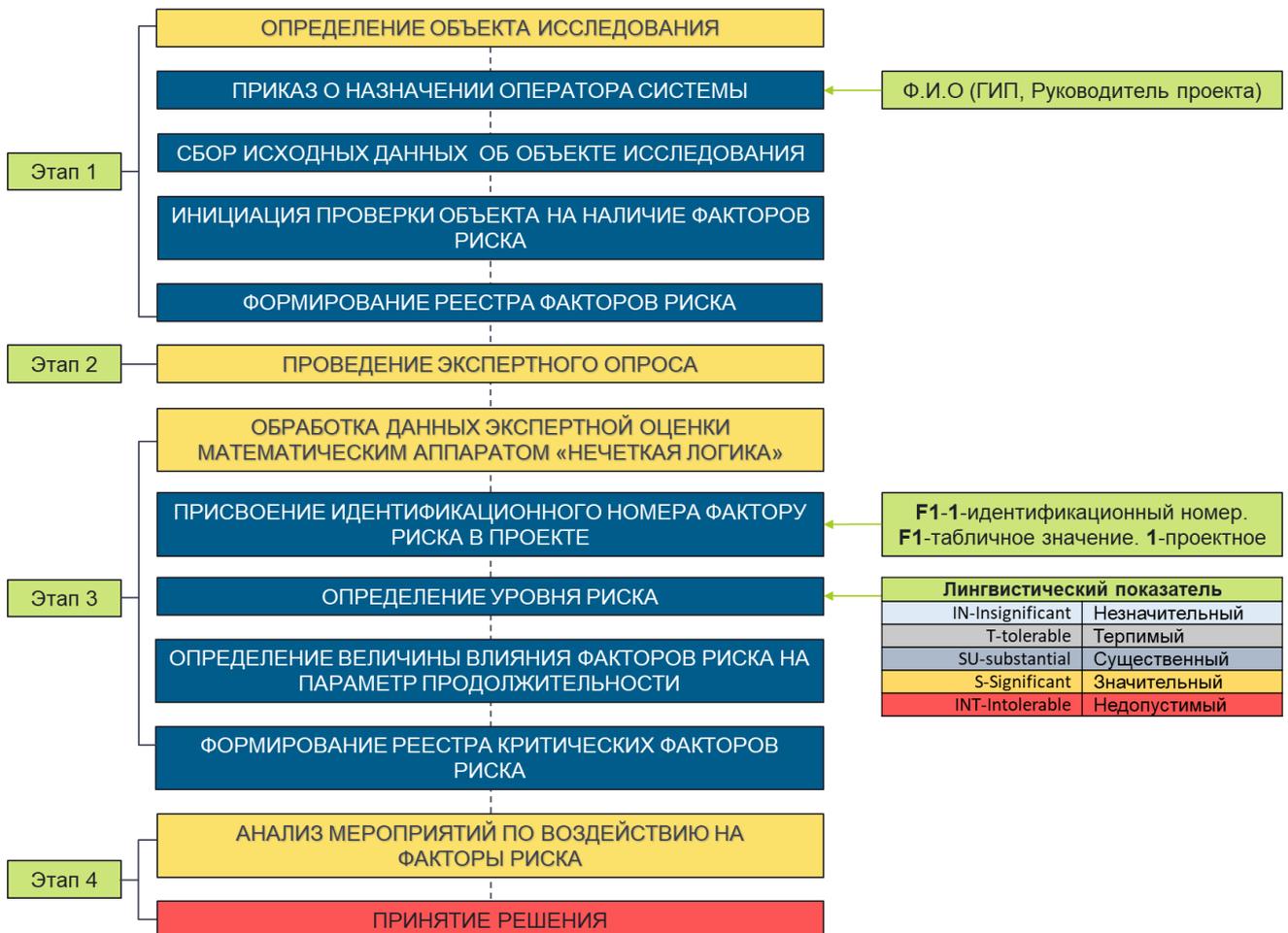


Рисунок 45. Этапы реализации методики при внедрении в объект исследования

**Этап 1.****Назначение оператора системы.**

Первым шагом является формирование приказа о назначении Главного инженера проекта в качестве оператора системы(проекта). Оператор проекта является ключевым лицом, ответственным за координацию и управление всеми аспектами проекта в соответствии с поставленными целями. Главный инженер проекта обладает опытом и навыками, необходимыми для координации работы всех участников проекта и обеспечения достижения поставленных целей и требований.

**Этап 2.**

Анализ входных данных и уточнение исходных данных. После назначения оператора системы, происходит анализ входных данных, связанных с объектом строительства. Важно тщательно изучить все имеющиеся исходные данные для полного понимания требований и ограничений проекта, чтобы исключить возможность ошибок или несоответствий на ранних стадиях проекта.

**Этап 3.**

Предварительная проверка объекта на факторы риска, до заключения договора, для достижения полной суммы договорных отношении с учётом возможных факторов риска.

Увеличение продолжительности каждого этапа определяется в соответствии с таблицей 11:

$$T = \text{Дн.} \times \Delta \quad (42)$$

, где T — продолжительность в дн.

Дн. — количество дней увеличивающее продолжительность этапа жизненного цикла, в соответствии с таблицей 11.

$\Delta$  — коэффициент изменения в соответствии с уровнем риска, таблица 22.

Таблица 22. Факторы риска. Жилой многоэтажный дом, Корпус 13

№	Фактор	Термин	Наличие фактора	T-Увеличение продолжительности, дн.
<b>«ПЛАНИРОВАНИЕ»</b>				
F1	Повышенная сейсмичность площадки строительства	S-Significant Значительный	нет	7
F2	Природно-климатические условия	S-Significant Значительный	нет	4
F3	Наводнения	S-Significant Значительный	да	4

Продолжение таблицы 22.

№	Фактор	Термин	Наличие фактора	Т-Увеличение продолжительности, дн.
F4	Ландшафт местности ( равнина, холмы, и т.д)	S-Significant Значительный	нет	7
F5	Агрессивная окружающая среда	S-Significant Значительный	нет	14
F6	Зона археологического исследования	S-Significant Значительный	нет	19
F7	Стеснённость площадки строительства	S-Significant Значительный	нет	6
F8	Высокая транспортная нагрузка	S-Significant Значительный	нет	7
F9	Задержки в получении разрешений	INT-Intolerable недопустимый	да	14
F10	Результаты оценки технических условий	S-Significant Значительный	нет	7
F11	Результаты оценки инфраструктуры	S-Significant Значительный	нет	7
F12	Различные требования безопасности и ограничений	S-Significant Значительный	нет	6
F13	На участке строительства присутствуют здания или сооружения для сноса	S-Significant Значительный	нет	6
F14	Ограниченная продолжительность строительства	INT-Intolerable недопустимый	нет	15
<b>«ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ»</b>				
F15	Уровень трудовой квалификации ведущих сотрудников	INT-Intolerable недопустимый	да	10
F16	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)	INT-Intolerable недопустимый	да	15
F17	Объекты с положительным заключением экспертизы (опыт прохождения)	S-Significant Значительный	нет	7
F18	Наличие и количество субподрядчиков	S-Significant Значительный	да	13
F19	Текущие проекты (загруженность компании)	INT-Intolerable недопустимый	да	15

Продолжение таблицы 22.

№	Фактор	Термин	Наличие фактора	Т-Увеличение продолжительности, дн.
F20	Применение новых технологий (отсутствие опыта использования технологий)	INT-Intolerable недопустимый	да	13
F21	Координация работы с субподрядной организацией (отсутствует модель работы, нет опыта)	INT-Intolerable недопустимый	да	13
<b>«ПРОЕКТНАЯ СТАДИЯ»</b>				
F22	Акт о наличии взрывоопасных предметов (ВОП)	SU-Substantial Существенный	нет	2
F23	Качество проведённых: Инженерно-геодезических изысканий Инженерно-геологических изысканий Инженерно-экологических изысканий Инженерно-гидрогеологических изысканий	INT-Intolerable недопустимый	да	7
F24	Полнота необходимых данных для проектирования	INT-Intolerable недопустимый	да	11
F25	Уровень работы с нормативной документацией международного и федерального уровня	INT-Intolerable недопустимый	да	6

Продолжение таблицы 22.

№	Фактор	Термин	Наличие фактора	Т-Увеличение продолжительности, дн.
F26	Результаты оценки геологии , геодезии, экологии , гидрометеорологии, геотехническая экспертиза программы работ ИГИ	S-Significant Значительный	нет	6
F27	Результаты геотехнического исследования, обследования состояния грунтов оснований зданий и сооружений	S-Significant Значительный	нет	4
F28	Результаты локального мониторинга компонентов окружающей среды, Разведка грунтовых строительных материалов, Локальные обследования загрязнённых грунтов и грунтовых вод	SU-Substantial Существенный	нет	1
F29	Результаты геотехнической экспертизы проекта оснований и фундаментов , научно техническое заключение по оценке карстово-суффозионной опасности площадки строительства	S-Significant Значительный	нет	7
F30	Результаты экспертизы ИГИ	INT-Intolerable недопустимый	да	6
F31	Уровень трудовой квалификации	INT-Intolerable недопустимый	да	6

Продолжение таблицы 22.

№	Фактор	Термин	Наличие фактора	Т-Увеличение продолжительности, дн.
F32	Опыт работы	INT-Intolerable недопустимый	да	6
F33	Опыт прохождения экспертизы	S-Significant Значительный	нет	7
F34	Опыт работы с объектами жилого назначения	S-Significant Значительный	да	7
F35	Уникальность объекта (сложность геометрических форм конструкций)	INT-Intolerable недопустимый	нет	13
F36	Высотность объекта	INT-Intolerable недопустимый	нет	14
F37	Уровень оформления документации по ГОСТ	T-Tolerable Терпимый	нет	1
F38	Алгоритм передачи информации между смежными разделами ПСД	INT-Intolerable недопустимый	да	1
F39	Результаты учета природно-климатических условий (Сейсмичность район, зоны с повышенной агрессивной средой, осадки, строительство в зоне отрицательных и положительных температур)	INT-Intolerable недопустимый	нет	10
F40	Результаты учёта техногенных процессов (Промышленные взрывы, движение транспорта, строительство метрополитена, работа промышленного оборудования)	S-Significant Значительный	да	7
F41	Результаты определения объёмов работ	INT-Intolerable недопустимый	да	2
F42	Уровень трудовой квалификации	INT-Intolerable недопустимый	да	6
F43	Опыт работы	INT-Intolerable недопустимый	да	10

Продолжение таблицы 22.

№	Фактор	Термин	Наличие фактора	Т-Увеличение продолжительности, дн.
F44	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)	INT-Intolerable недопустимый	да	10
F45	Уровень проработки BIM моделей	S-Significant Значительный	да	6
F46	Уровень трудовой квалификации	SU-Substantial Существенный	да	1
F47	Опыт работы	SU-Substantial Существенный	да	2
F48	Уровень владения BIM технологий	T-Tolerable Терпимый	да	2
F49	Квалификация сотрудников	S-Significant Значительный	нет	4
F50	Опыт работы	S-Significant Значительный	нет	6
F51	Объекты	S-Significant Значительный	нет	4
F52	Уровень владения BIM технологий	SU-Substantial Существенный	нет	1
F53	Результаты СТУ	INT-Intolerable недопустимый	да	6
F54	Результаты экспертизы проектной документации	S-Significant Значительный	да	7
F55	Уровень трудовой квалификации	S-Significant Значительный	нет	6
F56	Опыт работы	S-Significant Значительный	нет	6
F57	Опыт прохождения экспертизы	S-Significant Значительный	нет	6
F58	Опыт работы с объектами жилого назначения	S-Significant Значительный	нет	6
F59	Уровень оформление документации по ГОСТ	SU-Substantial Существенный	нет	2
F60	Алгоритм передачи информации между смежными разделами ПСД	SU-Substantial Существенный	нет	2
F61	Влияние смежных процессов на результат работы	INT-Intolerable недопустимый	да	11

Продолжение таблицы 22.

№	Фактор	Термин	Наличие фактора	Т-Увеличение продолжительности, дн.
F62	Наличие общей информационной платформы для координации работы между заинтересованными лицами	S-Significant Значительный	да	6
F63	Опыт построения модели	S-Significant Значительный	да	6
F64	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)	S-Significant Значительный	нет	7
<b>«СТРОИТЕЛЬСТВО»</b>				
F65	Количество объектов введённых в эксплуатацию	S-Significant Значительный	нет	7
F66	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)	S-Significant Значительный	нет	6
F67	Уровень трудовой квалификации ведущих сотрудников	S-Significant Значительный	нет	6
F68	Наличие и количество субподрядчиков	S-Significant Значительный	да	7
F69	Текущие строительные объекты	S-Significant Значительный	да	7
F70	Применение новых технологий	S-Significant Значительный	да	6
F71	Координация работы с субподрядной организацией	S-Significant Значительный	да	4
F72	Результаты распределения человеческих ресурсов	SU-Substantial Существенный	да	2
F73	Влияние ограничения рабочего времени	S-Significant Значительный	да	6
F74	Результаты научно-технического экспертного заключения ( о возможности применения (замены) свай )	S-Significant Значительный	да	7
F75	Результаты испытаний по определению коэффициента уплотнения основания и обратной засыпке инженерных сетей;	T-Tolerable Терпимый	нет	1

Продолжение таблицы 22.

№	Фактор	Термин	Наличие фактора	Т-Увеличение продолжительности, дн.
F76	Физически устаревшие технологические возможности производства	S-Significant Значительный	да	7
F77	Производственно-технические ресурсы(Строительные машины, компьютеризация строительного участка, наличие ПТО)	S-Significant Значительный	да	6
F78	Уровень подготовки инженерно-бытового производства	S-Significant Значительный	да	7
F79	Основные средства производства работ	S-Significant Значительный	нет	6
F80	Отсутствие структуры в организации работ	S-Significant Значительный	нет	6
F81	Дисциплина в цепях поставок, перебои с топливом и электроэнергией	S-Significant Значительный	да	6
F82	Уровень трудовой квалификации	INT-Intolerable недопустимый	да	10
F83	Опыт	INT-Intolerable недопустимый	да	10
F84	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)	INT-Intolerable недопустимый	да	13
F85	Снижение производительности труда	INT-Intolerable недопустимый	да	6
F86	Несчастные случаи на производстве	SU-Substantial Существенный	нет	2
F87	Уровень трудовой квалификации	S-Significant Значительный	нет	7
F88	Опыт	S-Significant Значительный	нет	6

Продолжение таблицы 22.

№	Фактор	Термин	Наличие фактора	Т-Увеличение продолжительности, дн.
F89	Наличие высокотехнологического оборудования	SU-Substantial Существенный	нет	2
F90	Опыт работы с BIM	SU-Substantial Существенный	нет	2
F91	Уровень трудовой квалификации	S-Significant Значительный	нет	7
F92	Опыт	S-Significant Значительный	нет	6
F93	Наличие высокотехнологического оборудования	SU-Substantial Существенный	да	2
F94	Опыт работы с BIM	SU-Substantial Существенный	нет	2
F95	Уровень трудовой квалификации	S-Significant Значительный	нет	4
F96	Опыт работы	S-Significant Значительный	нет	4
F97	Наличие высокотехнологического оборудования	SU-Substantial Существенный	нет	2
F98	Качество машин и оборудования	INT-Intolerable недопустимый	да	10
F99	Поломки оборудования	SU-Substantial Существенный	нет	10
F100	Несвоевременный уход за оборудованием	SU-Substantial Существенный	да	2
F101	Хранение материалов	SU-Substantial Существенный	да	2
F102	Доставка материалов	INT-Intolerable недопустимый	да	6
F103	Повреждение материалов	S-Significant Значительный	нет	6
F104	Закупка материалов	SU-Substantial Существенный	да	1
F105	Материал не соответствует проектному решению	INT-Intolerable недопустимый	да	10
F106	Ограничение в выборе поставщиков	S-Significant Значительный	да	6

Таблица 23. Факторы риска. Жилой комплекс 9-я Северная

№	Фактор	Термин	Наличие фактора	Т-Увеличение продолжительности, дн.
<b>«ПЛАНИРОВАНИЕ»</b>				
F1	Повышенная сейсмичность площадки строительства	S-Significant Значительный	нет	7
F2	Природно-климатические условия	S-Significant Значительный	нет	4
F3	Наводнения	S-Significant Значительный	нет	4
F4	Ландшафт местности ( равнина, холмы, и т.д)	S-Significant Значительный	нет	7
F5	Агрессивная окружающая среда	S-Significant Значительный	нет	14
F6	Зона археологического исследования	S-Significant Значительный	нет	19
F7	Стеснённость площадки строительства	S-Significant Значительный	да	6
F8	Высокая транспортная нагрузка	S-Significant Значительный	да	7
F9	Задержки в получении разрешений	INT-Intolerable недопустимый	да	14
F10	Результаты оценка технических условий	S-Significant Значительный	нет	7
F11	Результаты оценки инфраструктуры	S-Significant Значительный	нет	7
F12	Различные требования безопасности и ограничений	S-Significant Значительный	нет	6
F13	На участке строительства присутствуют здания или сооружения для сноса	S-Significant Значительный	да	6
F14	Ограниченная продолжительность строительства	INT-Intolerable недопустимый	да	15
<b>«ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ»</b>				
F15	Уровень трудовой квалификации ведущих сотрудников	INT-Intolerable недопустимый	да	10
F16	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)	INT-Intolerable недопустимый	да	15
F17	Объекты с положительным заключением экспертизы (опыт прохождения)	S-Significant Значительный	нет	7

Продолжение таблицы 23.

№	Фактор	Термин	Наличие фактора	Т-Увеличение продолжительности, дн.
F18	Наличие и количество субподрядчиков	S-Significant Значительный	да	13
F19	Текущие проекты (загруженность компании)	INT-Intolerable недопустимый	да	15
F20	Применение новых технологий (отсутствие опыта использования технологий)	INT-Intolerable недопустимый	да	13
F21	Координация работы с субподрядной организацией (отсутствует модель работы, нет опыта)	INT-Intolerable недопустимый	да	13
<b>«ПРОЕКТНАЯ СТАДИЯ»</b>				
F22	Акт о наличии взрывоопасных предметов (ВОП)	SU-Substantial Существенный	нет	2
F23	Качество проведённых: Инженерно-геодезических изысканий Инженерно-геологических изысканий Инженерно-экологических изысканий Инженерно-гидрогеологических изысканий	INT-Intolerable недопустимый	да	7
F24	Полнота необходимых данных для проектирования	INT-Intolerable недопустимый	да	11
F25	Уровень работы с нормативной документацией международного и федерального уровня	INT-Intolerable недопустимый	да	6

Продолжение таблицы 23.

№	Фактор	Термин	Наличие фактора	Т-Увеличение продолжительности, дн.
F26	Результаты оценки геологии , геодезии, экологии , гидрометеорологии, геотехническая экспертиза программы работ ИГИ	S-Significant Значительный	нет	6
F27	Результаты геотехнического исследования, обследования состояния грунтов оснований зданий и сооружений	S-Significant Значительный	нет	4
F28	Результаты локального мониторинга компонентов окружающей среды, Разведка грунтовых строительных материалов, Локальные обследования загрязнённых грунтов и грунтовых вод	SU-Substantial Существенный	нет	1
F29	Результаты геотехнической экспертизы проекта оснований и фундаментов , научно техническое заключение по оценке карстово-суффозионной опасности площадки строительства	S-Significant Значительный	нет	7
F30	Результаты экспертизы ИИ	INT-Intolerable недопустимый	да	6
F31	Уровень трудовой квалификации	INT-Intolerable недопустимый	да	6

Продолжение таблицы 23.

№	Фактор	Термин	Наличие фактора	Т-Увеличение продолжительности, дн.
F32	Опыт работы	INT-Intolerable недопустимый	да	6
F33	Опыт прохождения экспертизы	S-Significant Значительный	нет	7
F34	Опыт работы с объектами жилого назначения	S-Significant Значительный	да	7
F35	Уникальность объекта (сложность геометрических форм конструкций)	INT-Intolerable недопустимый	нет	13
F36	Высотность объекта	INT-Intolerable недопустимый	нет	14
F37	Уровень оформления документации по ГОСТ	T-Tolerable Терпимый	нет	1
F38	Алгоритм передачи информации между смежными разделами ПСД	INT-Intolerable недопустимый	да	1
F39	Результаты учета природно-климатических условий (Сейсмичность район, зоны с повышенной агрессивной средой, осадки, строительство в зоне отрицательных и положительных температур)	INT-Intolerable недопустимый	нет	10
F40	Результаты учёта техногенных процессов (Промышленные взрывы, движение транспорта, строительство метрополитена, работа промышленного оборудования)	S-Significant Значительный	да	7
F41	Результаты определения объёмов работ	INT-Intolerable недопустимый	да	2
F42	Уровень трудовой квалификации	INT-Intolerable недопустимый	да	6
F43	Опыт работы	INT-Intolerable недопустимый	да	10

Продолжение таблицы 23.

№	Фактор	Термин	Наличие фактора	Т-Увеличение продолжительности, дн.
F44	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)	INT-Intolerable недопустимый	да	10
F45	Уровень проработки BIM моделей	S-Significant Значительный	да	6
F46	Уровень трудовой квалификации	SU-Substantial Существенный	да	1
F47	Опыт работы	SU-Substantial Существенный	да	2
F48	Уровень владения BIM технологий	T-Tolerable Терпимый	да	2
F49	Квалификация сотрудников	S-Significant Значительный	нет	4
F50	Опыт работы	S-Significant Значительный	нет	6
F51	Объекты	S-Significant Значительный	нет	4
F52	Уровень владения BIM технологий	SU-Substantial Существенный	нет	1
F53	Результаты СТУ	INT-Intolerable недопустимый	да	6
F54	Результаты экспертизы проектной документации	S-Significant Значительный	да	7
F55	Уровень трудовой квалификации	S-Significant Значительный	нет	6
F56	Опыт работы	S-Significant Значительный	нет	6
F57	Опыт прохождения экспертизы	S-Significant Значительный	нет	6
F58	Опыт работы с объектами жилого назначения	S-Significant Значительный	нет	6
F59	Уровень оформление документации по ГОСТ	SU-Substantial Существенный	нет	2
F60	Алгоритм передачи информации между смежными разделами ПСД	SU-Substantial Существенный	нет	2
F61	Влияние смежных процессов на результат работы	INT-Intolerable недопустимый	да	11

Продолжение таблицы 23.

№	Фактор	Термин	Наличие фактора	Т-Увеличение продолжительности, дн.
F62	Наличие общей информационной платформы для координации работы между заинтересованными лицами	S-Significant Значительный	да	6
F63	Опыт построения модели	S-Significant Значительный	да	6
F64	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)	S-Significant Значительный	нет	7
<b>«СТРОИТЕЛЬСТВО»</b>				
F65	Количество объектов введённых в эксплуатацию	S-Significant Значительный	нет	7
F66	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)	S-Significant Значительный	нет	6
F67	Уровень трудовой квалификации ведущих сотрудников	S-Significant Значительный	нет	6
F68	Наличие и количество субподрядчиков	S-Significant Значительный	да	7
F69	Текущие строительные объекты	S-Significant Значительный	да	7
F70	Применение новых технологий	S-Significant Значительный	да	6
F71	Координация работы с субподрядной организацией	S-Significant Значительный	да	4
F72	Результаты распределения человеческих ресурсов	SU-Substantial Существенный	да	2
F73	Влияние ограничения рабочего времени	S-Significant Значительный	да	6
F74	Результаты научно-технического экспертного заключения ( о возможности применения (замены) свай )	S-Significant Значительный	да	7
F75	Результаты испытаний по определению коэффициента уплотнения основания и обратной засыпке инженерных сетей;	T-Tolerable Терпимый	нет	1

Продолжение таблицы 23.

№	Фактор	Термин	Наличие фактора	Т-Увеличение продолжительности, дн.
F76	Физически устаревшие технологические возможности производства	S-Significant Значительный	да	7
F77	Производственно-технические ресурсы(Строительные машины, компьютеризация строительного участка, наличие ПТО)	S-Significant Значительный	да	6
F78	Уровень подготовки инженерно-бытового производства	S-Significant Значительный	да	7
F79	Основные средства производства работ	S-Significant Значительный	нет	6
F80	Отсутствие структуры в организации работ	S-Significant Значительный	нет	6
F81	Дисциплина в цепях поставок, перебой с топливом и электроэнергией	S-Significant Значительный	да	6
F82	Уровень трудовой квалификации	INT-Intolerable недопустимый	да	10
F83	Опыт	INT-Intolerable недопустимый	да	10
F84	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)	INT-Intolerable недопустимый	да	13
F85	Снижение производительности труда	INT-Intolerable недопустимый	да	6
F86	Несчастные случаи на производстве	SU-Substantial Существенный	нет	2
F87	Уровень трудовой квалификации	S-Significant Значительный	нет	7
F88	Опыт	S-Significant Значительный	нет	6
F89	Наличие высокотехнологического оборудования	SU-Substantial Существенный	нет	2
F90	Опыт работы с BIM	SU-Substantial Существенный	нет	2

Продолжение таблицы 23.

№	Фактор	Термин	Наличие фактора	Т-Увеличение продолжительности, дн.
F91	Уровень трудовой квалификации	S-Significant Значительный	нет	7
F92	Опыт	S-Significant Значительный	нет	6
F93	Наличие высокотехнологического оборудования	SU-Substantial Существенный	да	2
F94	Опыт работы с BIM	SU-Substantial Существенный	нет	2
F95	Уровень трудовой квалификации	S-Significant Значительный	нет	4
F96	Опыт	S-Significant Значительный	нет	4
F97	Наличие высокотехнологического оборудования	SU-Substantial Существенный	нет	2
F98	Качество машин и оборудования	INT-Intolerable недопустимый	нет	10
F99	Поломки оборудования	SU-Substantial Существенный	да	10
F100	Несвоевременный уход за оборудованием	SU-Substantial Существенный	да	2
F101	Хранение материалов	SU-Substantial Существенный	да	2
F102	Доставка материалов	INT-Intolerable недопустимый	нет	6
F103	Повреждение материалов	S-Significant Значительный	нет	6
F104	Закупка материалов	SU-Substantial Существенный	да	1
F105	Материал не соответствует проектному решению	INT-Intolerable недопустимый	нет	10
F106	Ограничение в выборе поставщиков	S-Significant Значительный	да	6

Для удобства пользователей, разработан электронный ресурс <https://otari23.wixsite.com/risk>, позволяющий оперативно произвести подсчёт увеличения продолжительности проектирования и строительства в жизненном цикле проекта. Электронный ресурс имеет открытый доступ и простую систему работу.

**Для расчета продолжительности, требуется поставить ✓ напротив фактора риска**

Этап жизненного цикла	Критерий	Подкритерий	№ фактора риска	Описание фактора	Наличие фактора да/нет
Планирование	Строительная площадка	Окружающая среда	F1	Повышенная сейсмичность площадки строительства	<input type="checkbox"/>
			F2	Осадки	<input type="checkbox"/>
			F3	Наводнения	<input type="checkbox"/>
			F4	Ландшафт местности ( равнина, холмы, и т.д.)	<input checked="" type="checkbox"/>
			F5	Природно-климатические условия	<input type="checkbox"/>
		Подземная часть площадки стр-ва	F6	Зона археологического исследования	<input type="checkbox"/>
			F7	Степеньность площадки строительства	<input type="checkbox"/>
			F8	Высокая транспортная нагрузка	<input checked="" type="checkbox"/>
		Объект	F9	Задержки в получении разрешений	<input type="checkbox"/>
			F10	Результаты оценка технических условий	<input type="checkbox"/>
			F11	Результаты оценки инфраструктуры	<input type="checkbox"/>
			F12	Различные требования безопасности и ограничений	<input checked="" type="checkbox"/>
			F13	На месте строительства имеются сооружения под снос	<input type="checkbox"/>
		F14	Сжатый срок строительства	<input type="checkbox"/>	
<b>Итого этап Планирование, 4 в таб. докл.</b>					<b>20</b>
Предпроектная стадия	Участник проекта	Генеральный проектировщик	F15	уровень трудовой квалификации ведущих сотрудников	<input type="checkbox"/>
			F16	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)	<input type="checkbox"/>
			F17	Объекты с положительным заключением экспертизы (опыт прохождения)	<input type="checkbox"/>
			F18	наличие и количество субподрядчиков	<input checked="" type="checkbox"/>
			F19	Текущие проекты (загруженность компании)	<input type="checkbox"/>
			F20	Применение новых технологий (отсутствие опыта использование технологий )	<input type="checkbox"/>
			F21	Координация работы с субподрядной организацией ( отсутствует модель работы, нет опыта )	<input type="checkbox"/>
<b>Итого этап Предпроектная стадия, 4 в таб. докл.</b>					<b>18</b>
Проектная стадия	Документация	Исходно разрешительная документация	F22	уровень оформление документации по ГОСТ	<input type="checkbox"/>
			F23	Качество проведенных инженерно-геологических испытаний	<input type="checkbox"/>
			F24	Полнота необходимых данных для проектирования	<input type="checkbox"/>
		Уровень нормативно-технического обеспечения проектной подготовки	F25	Уровень работы с нормативной документацией международного и федерального уровня	<input checked="" type="checkbox"/>
			F26	Результаты оценки геологии , геодинамики, экологии , гидрометеорологии, геотехническая экспертиза программы работ ИГИ	<input type="checkbox"/>
		Результаты инженерно-геологических исследований	F27	Результаты геотехнического исследования, обследования состояния грунтов оснований зданий и сооружений	<input type="checkbox"/>
			F28	Результаты локального мониторинга компонентов окружающей среды, Разведка грунтовых строительных материалов, Локальные обследования загрязненных грунтов и грунтовых вод	<input type="checkbox"/>
			F29	Результаты геотехнической экспертизы проекта оснований и фундаментов , научно-техническое заключение по оценке карстово-суффозионной опасности площадки строительства	<input type="checkbox"/>
		Экспертиза результатов ИИ	F30	Результаты экспертизы ИИ	<input type="checkbox"/>
			F31	Уровень трудовой квалификации	<input checked="" type="checkbox"/>
		Проектная документация	F32	Опыт работы	<input type="checkbox"/>
			F33	Опыт прохождения экспертизы	<input type="checkbox"/>
			F34	Опыт работы с объектами жилого назначения	<input type="checkbox"/>
			F35	Уникальность объекта (сложность геометрических форм конструкций)	<input type="checkbox"/>
			F36	Высотность объекта	<input checked="" type="checkbox"/>
			F37	Уровень оформления документации по ГОСТ	<input type="checkbox"/>
			F38	Алгоритм передачи информации между смежными разделами ПСД	<input type="checkbox"/>
			F39	Результаты учета природно-климатических условий (Сейсмичность район, зоны с повышенной агрессивной средой, осадки, строительство в зоне отрицательных и положительных температур)	<input type="checkbox"/>
			F40	Результаты учета техногенных процессов (Промышленные взрывы, движение транспорта, строительство метрополитена, работа промышленного оборудования)	<input type="checkbox"/>
			F41	Результаты определения объемов работ	<input type="checkbox"/>
		ВМ отдел	F42	уровень трудовой квалификации	<input type="checkbox"/>
			F43	Опыт работы	<input type="checkbox"/>
			F44	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)	<input type="checkbox"/>
		Разработка Мероприятий по обеспечению доступа инвалидов	F45	уровень проработки BIM моделей	<input type="checkbox"/>
			F46	Уровень трудовой квалификации	<input type="checkbox"/>
			F47	Опыт работы	<input type="checkbox"/>
		Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности	F48	уровень владения BIM технологий	<input type="checkbox"/>
			F49	квалификация сотрудников	<input type="checkbox"/>
			F50	Опыт работы	<input type="checkbox"/>
		Экспертиза документации	F51	Объекты	<input type="checkbox"/>
			F52	Уровень владения BIM технологий	<input type="checkbox"/>
			F53	Результаты СТУ	<input type="checkbox"/>
		Рабочая документация	F54	Результаты экспертизы проектной документации	<input type="checkbox"/>
			F55	уровень трудовой квалификации	<input type="checkbox"/>
			F56	Опыт работы	<input type="checkbox"/>
			F57	Опыт прохождения экспертизы	<input type="checkbox"/>
			F58	Опыт работы с объектами жилого назначения	<input type="checkbox"/>
			F59	Уровень оформления документации по ГОСТ	<input type="checkbox"/>
			F60	Алгоритм передачи информации между смежными разделами ПСД	<input type="checkbox"/>
		Иное	F61	Влияние смежных процессов на результат работы ( пример : инженеры ошиблись в расчете нагрузок, отверстия шахт , влетает корректировку отверстий AP и KP )	<input type="checkbox"/>
			F62	наличие общей информационной платформы для координации работы между заинтересованными лицами	<input type="checkbox"/>
		Построение информационной модели здания	F63	Опыт построения модели	<input type="checkbox"/>
			F64	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)	<input type="checkbox"/>

Рисунок 46. Электронный ресурс <https://otari23.wixsite.com/risk>

Таблица 24. Снижение параметров продолжительности на этапе «Проектирования»  
Внедрение методики осуществлялось **после** заключения договора.

№	Объект	ПСД и РД		
		Проект, дн	Фактическое Значение Δ	Прогнозирование Мах. Значение Δ
1	Жилой многоэтажный дом, Корпус 13	100	- 13 дней ↙ 13 %	- 15 дней ↙ 15 %

Таблица 25. Увеличение параметров продолжительности на этапе «Проектирования»  
Внедрение методики осуществлялось **до** заключения договора.

№	Объект	ПСД и РД		
		Проект, дн	Прогнозирование Min. Значение Δ	Прогнозирование Мах. Значение Δ
2	Жилой комплекс 9-я Северная	180	+ 15 дней ↗ 7,85 %	+24 дня ↗ 13,3 %

Таблица 26. Увеличение параметров продолжительности на этапе «Строительства»  
Внедрение методики осуществлялось **после** заключения договора.

№	Объект	Строительство		
		Проект, дн	Фактическое Значение Δ	Прогнозирование Мах. Значение Δ
1	Жилой многоэтажный дом, Корпус 13	240	- 18 дней ↙ 7,48 %	- 22 дня ↙ 9 %

Таблица 27. Увеличение параметров продолжительности на этапе «Строительства»  
Внедрение методики осуществлялось **до** заключения договора.

№	Объект	Строительство		
		Проект, дн	Прогнозирование Min. Значение Δ	Прогнозирование Мах. Значение Δ
2	Жилой комплекс 9-я Северная	650	+ 42 дня ↗ 6,37 %	+52 дня ↗ 8,15 %

Формирование реестра рисков проекта, оценка величины влияния факторов риска, корректировка бюджета и ресурсов компании, составление протокола риска для принятия решения, принятый способ должен соответствовать требованиям из таблицы 21.

Таблица 28. Критические факторы риска. Жилой многоэтажный дом, Корпус 13

№	Факторы риска	Мероприятия по устранению факторов риска
F9	Задержки в получении разрешений	Корректировка графика проектирования, информирование Заказчика
14	Сжатый срок строительства	Увеличение штата сотрудников проектирования, а также строительной бригады.
15-16	Уровень трудовой квалификации и штат для разработки проектной документации	Добавить в группу проектировщиков АР и ИОС ведущих и главных специалистов. Провести повышение квалификации сотрудников.
19	Текущие проекты (параллельность объектов)	Корректировка графика проектных работ по всем объектам, увязка графиков.
20	Применение новых технологий	Проанализировать внедрении BIM в отдел ИОС, проверить квалификации сотрудников в программном комплексе Revit или аналог
21	Координация работы с субподрядной организацией	Настроить общую платформу обмена данных, исключить передачу документации посредством личных мессенджеров. Выпустить приказ об облачном сервисе One drive.
23	Качество проведенных: Инженерно-геодезических изысканий Инженерно-геологических изысканий Инженерно-экологических изысканий Инженерно-гидрологических изысканий	Исходя из данных ИГИ , требуется провести дополнительные изыскания, в том числе актуализация буровых журналов, а также проведение штамповых испытаний.
24	Полнота необходимых данных для проектирования	Своевременная проработка и утверждение ЗНП, уточнение всех материалов, а также вендор листов. Согласование ЗНП со всеми специалистам-проектировщиками с целью исключения коллизий.
25	Уровень работы с нормативной документацией	Выпустить приказ об информировании сотрудников о применении ведущих ГОСТ, СП и ФЗ в рамках проектной и рабочей документации.
30	Результаты экспертизы ИГИ	Пересмотреть заключение, провести повторные изыскания.
31-32	Уровень трудовой квалификации и опыт работы для разработки стадии П	Пересмотреть проектные команды, назначить главных специалистов по направлениям жилого строительства.

Продолжение таблицы 28.

№	Факторы риска	Мероприятия по устранению факторов риска
38	Алгоритм передачи информации между смежными разделами ПСД	Выпустить приказ «Алгоритм передачи данных», задачу закрепить за отделом ВМ
41	Результаты определения объёмов работ	Провести анализ ЗНП, проверку объёмов (ВОРы — ведомость объёмов работ) работ перед выпуском документации назначить за Главным Инженером Проекта, а также за Главным Архитектором Проекта.
42-44	Уровень трудовой квалификации, штат и опыт работы ВМ отдела	Добавить в команду ВМ главного координатора проектов
53	Результаты СТУ	Разработку рабочей документации вести совместно с решениями СТУ.
61	Влияния смежных процессов на результат работы	Систематическая задержка выпуска документации КЖ из-за несвоевременной выдачи заданий от ИОС. Увеличить штат , добавить главных специалистов по данному направлению.
82-84	Уровень трудовой квалификации, штат и опыт работы строительной бригады	Проверить состав комплексной бригады на возведения высотного здания. Проверить разряды плотников, арматурщиков и монолитчиков, а также их число в соответствии с Технологическими картами на производство работ.
85	Снижение производительности труда	Ввести премирование за выполнение сверх нормативных объёмов.
98	Качество машин и оборудования	Рассмотреть Российские аналоги строительных машин
102	Доставка материалов	Проработать своевременную доставку материалов, рассмотреть иных поставщиков
105	Материалы не соответствуют проектному решению	В рамках авторского надзора проверить используемые материалы и оборудование, а также технические паспорта на них.

Таблица 29. Критические факторы риска. Жилой комплекс 9-я Северная

№	Факторы риска	Мероприятия по устранению факторов риска
F9	Задержки в получении разрешений	Корректировка графика проектирования, информирование Заказчика
14	Сжатый срок строительства	Увеличение штата сотрудников проектирования, а также строительной бригады.
15-16	Уровень трудовой квалификации и штат для разработки проектной документации	Добавить в группу проектировщиков АР и ИОС ведущих и главных специалистов. Провести повышение квалификации сотрудников.

Продолжение таблицы 29.

№	Факторы риска	Мероприятия по устранению факторов риска
19	Текущие проекты (параллельность объектов)	Корректировка графика проектных работ по всем объектам, увязка графиков.
20	Применение новых технологий	Проанализировать внедрении BIM в отдел ИОС, проверить квалификации сотрудников в программном комплексе Revit или аналог
21	Координация работы с субподрядной организацией	Настроить общую платформу обмена данных, исключить передачу документации посредством личных мессенджеров. Выпустить приказ об облачном сервисе One drive.
23	Качество проведённых: Инженерно-геодезических изысканий Инженерно-геологических изысканий Инженерно-экологических изысканий Инженерно-гидрологических изысканий	Исходя из данных ИГИ , требуется провести дополнительные изыскания, в том числе актуализация буровых журналов, а также проведение штамповых испытаний.
24	Полнота необходимых данных для проектирования	Своевременная проработка и утверждение ЗНП, уточнение всех материалов, а также вендор листов. Согласование ЗНП со всеми специалистами-проектировщиками с целью исключения коллизий.
25	Уровень работы с нормативной документацией	Выпустить приказ об информировании сотрудников о применении ведущих ГОСТ, СП и ФЗ в рамках проектной и рабочей документации.
30	Результаты экспертизы ИГИ	Пересмотреть заключение, провести повторные изыскания.
31-32	Уровень трудовой квалификации и опыт работы для разработки стадии П	Пересмотреть проектные команды, назначить главных специалистов по направлениям жилого строительства.
38	Алгоритм передачи информации между смежными разделами ПСД	Выпустить приказ «Алгоритм передачи данных», задачу закрепить за отделом BIM
41	Результаты определения объёмов работ	Провести анализ ЗНП, проверку объёмов (ВОРы — ведомость объёмов работ) работ перед выпуском документации назначить за Главным Инженером Проекта, а также за Главным Архитектором Проекта.

Продолжение таблицы 29.

№	Факторы риска	Мероприятия по устранению факторов риска
42-44	Уровень трудовой квалификации, штат и опыт работы ВМ отдела	Добавить в команду ВМ главного координатора проектов
53	Результаты СТУ	Разработку рабочей документации вести совместно с решениями СТУ.
61	Влияния смежных процессов на результат работы	Систематическая задержка выпуска документации КЖ из-за несвоевременной выдачи заданий от ИОС. Увеличить штат , добавить главных специалистов по данному направлению.
82-84	Уровень трудовой квалификации, штат и опыт работы строительной бригады	Проверить состав комплексной бригады на возведения высотного здания. Проверить разряды плотников, арматурщиков и монолитчиков, а также их число в соответствии с Технологическими картами на производство работ.
85	Снижение производительности труда	Ввести премирование за выполнение сверх нормативных объёмов.

#### Этап 4.

Анализ мероприятий по работе с выявленными факторами риска, определение сценария действий и предложенных мероприятий по их смягчению или устранению в соответствии с таблицей 11, 17. Выпуск приказа о реестре рисков с привязкой мероприятий к проекту с подписью ответственных лиц.

Для факторов риска уровень которых — «Значительный» требуется принять меры по их устранению.

Для оперативного мониторинга реестра рисков сформирован электронный ресурс, где публикуются уточнённые данные по факторам риска, а также мероприятия по их снижению или устранению.

Ссылка на электронный ресурс — <https://otari23.wixsite.com/risk>

#### Выводы по главе 4

1. Предложенная методика по управлению и воздействию на факторы риска, вызванные организационно-техническими решениями, для обеспечения сокращения продолжительности проектирования и строительства многоэтажных жилых зданий, доказала свою работоспособность на объектах капитального строительства:

— Жилой многоэтажный дом, Корпус 13 — Внедрение результатов исследовательской

работы осуществлялось в деятельность плановых отделов строительной организации ООО «МонАрх-УКС» на стадии Проекта.

— Жилые дома с инженерными коммуникациями и благоустройством по адресу: г.Москва, СВАО, 9-ая Северная линия, вл.3 — Внедрение результатов исследовательской работы осуществлялось в деятельность плановых отделов строительной организации ООО «ПАРАМЕТРИКА» на стадии Проекта до заключения договорных отношений.

2.В результате внедрения методики удалось спрогнозировать факторы риска и их влияние на параметры продолжительности проектирования и строительства объекта.

3.Для «Жилого многоэтажного дома, Корпус 13», удалось сократить продолжительность проектирования на 13 %, продолжительность строительства на 7,48 %.

4.Так как на «Жилом комплексе 9-я Северная» внедрение осуществлялось на этапе подписания договора, то факторы риска закладывались как прогнозируемые и некоторые из факторов риска обосновывались как дополнительные затраты Заказчика, а от оставшихся факторов риска можно сделать зависимость увеличения стоимости проекта от продолжительности. Так как продолжительность проектирования и строительства жёстко регламентированы и закреплены нормативной базой, то  $\Delta$  продолжительности всегда будет компенсироваться финансовыми ресурсами. Из этого следует, что, устранив факторы риска на объекте «Жилой комплекс 9-я Северная» сокращение продолжительность проектных работ достигает 15 %, а на этапе строительства 9%.

5.Для каждого объекта с критическими факторами риска предложены мероприятия по устранению факторов риска, данные мероприятия позволят своевременно смягчить или избежать увеличения продолжительно как проектирования, так и строительства, за счёт представленной методики.

6.Предложен электронный ресурс <https://otari23.wixsite.com/risk> с реестром факторов риска, благодаря которому можно оперативно ознакомиться с факторами риска, а так же мероприятиями по их снижению или устранению

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках многолетнего исследования в настоящей работе приведены научные результаты, а также описаны способы достижения поставленных целей и задач по теме исследования. На основании проведённого исследования сформулированы следующие выводы и предложения:

1. В ходе анализа научной литературы в области строительства на тему факторов риска выявлено отсутствие системного подхода к прогнозированию и оценке величины влияния факторов риска на параметр продолжительности проектирования и строительства объекта, не проведено детальное исследование возможных стратегий и методов управления факторами риска в жизненном цикле проекта, что ограничивает понимание эффективных подходов по предотвращению рисков событий и минимизации их последствий. В научной литературе также не рассмотрены критические риски, связанные как с проектированием, так и с выполнением строительных процессов, исследование которых могло бы способствовать более точному прогнозированию и определению параметра продолжительности в жизненном цикле проекта.

Данные отчётов сметной стоимости объектов капитального строительства свидетельствуют об изменении не только продолжительности строительства объекта с увеличением от 11,1% до 266,7%, но и об увеличении сметной стоимости объекта строительства от 7,3% до 50,4%, данные значения напрямую имеют связь с неучтёнными факторами риска проекта.

2. Исследование показало, что отсутствует подход, описывающий влияние факторов риска и их взаимосвязь на всем пути жизненного цикла проекта. Сформирован алгоритм операционных действия по проведению эксперимента для систематизации и ранжирования факторов риск по этапам жизненного цикла объекта. В рамках исследования факторы риска были разделены на 4 этапа жизненного цикла, большая часть факторов риска имеет связь с принятыми организационно-техническим решениями. Ранжирование и систематизация факторов риска по этапам жизненного цикла проекта позволяет подойти к управлению жизненного цикла более эффективно.

3. Благодаря глубокому исследованию научной литературы, экспертной оценке и анализу отчётов качества при строительстве объектов капитального строительства, удалось сформировать реестр факторов риска, проанализировать входные данные вероятности и величины влияния факторов риска для математического аппарата «Нечёткая логика». Сформированный реестр факторов риска позволил аккумулировать полученные в ходе

исследования данные о 106 факторов риска, оказывающих влияние на параметр продолжительность проектирования и строительства.

4. Для точной оценки уровня влияния факторов риска была определена математическая модель "Нечёткая логика". Математический аппарат доказал свою работоспособность и пригодность для анализа больших баз данных. Особенно данный математический аппарат подходит для данных с различным уровнем неопределённости. Благодаря программному комплексу Polyspace удалось сократить операционные задачи.

5. Разработана методика по управлению и воздействию на факторы риска, вызванные организационно-техническими решениями, для обеспечения сокращения продолжительности проектирования и строительства многоэтажных жилых зданий. Благодаря представленной методике в данном исследовании, удалось достичь следующих результатов:

- Разработан стратегический подход, заключающийся в применении набора решений для поддержки управления жизненным циклом проекта. Интегрированная информация о факторах риска в жизненном цикле объекта позволяет оперативно принимать решения по управлению проектом в условиях факторов риска.
- Определены наиболее критические факторы риска, влияющие на жизненный цикл проекта, влияющие на параметры продолжительности проектирования и строительства. В жизненном цикле проекта насчитывается 28,3% критических факторов риска. Особое внимание следует уделить этапам до начала строительства, именно на этих этапах формируется наибольшая концентрация факторов риска – 60,38%.
- Разработаны мероприятия по устранению критических факторов риска, благодаря которым управление жизненным циклом становится более эффективным.
- Удалось сформировать реестр факторов риска с возможным уровнем влияния на продолжительность проектирования и строительства, максимальное значение влияния на продолжительность для фактора риска составляет 30 рабочих дней.

6. Внедрение методики по управлению и воздействию на факторы риска, вызванные организационно-техническими решениями, для обеспечения сокращения продолжительности проектирования и строительства многоэтажных жилых зданий, производилось на объектах капитального строительства в г. Москва.

7. Благодаря внедрению методики данного исследования на объектах капитального строительства до подписания договора с Заказчиком были исключены критические факторы риска, что позволило достигнуть сокращение продолжительности до 15% для проектных работ, и 9% для этапа строительства.

7. Для жилого строящегося многоэтажного здания удалось сократить продолжительность проектирования на 13 %, продолжительность строительства на 7,48 %.

**Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы исследования:**

Приняв систематический подход к управлению рисками и внедрив конкретные методологии, адаптированные к контексту строительства, заинтересованные стороны проекта могут активно выявлять и устранять потенциальные факторы риска, что приведёт к улучшению результатов проекта.

Создание и поддержка информационных баз данных о факторах риска является важной задачей в строительной отрасли. Недостаточность или отсутствие актуальной информации может привести к неверной оценке затрат, увеличению расходов на строительство и снижению эффективности проектов.

Будущие исследования в этой области должны быть сосредоточены на выявлении факторов риска и управлении ими в течение всего жизненного цикла проекта. Стоит сформировать базу данных факторов риска, для минимизации риска и оперативного мониторинга в реальном времени. Разработка и обучение искусственного интеллекта по данному направлению будет играть особую роль в сфере строительства. Данное исследование не ограничивается только многоэтажными жилыми домами, информационная база данного исследования может послужить хорошим материалом для исследования факторов риска при проектировании и строительстве промышленных зданий и сооружений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kevesh, A.L. Construction in Russia. Stat. Sat./Rosstat—M, 2018, 56-60
2. Хрусталеv Е.Ю., Стрельникова И.А. Методология качественного управления инвестиционными рисками на промышленных предприятиях // Экономический анализ: теория и практика. 2011. №4.
3. Islam, M.S.; Nepal, M.P.; Skitmore, M.; Drogemuller, R. Risk induced contingency cost modeling for power plant projects. Autom. Constr. 2021, 123, 103519. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103519>
4. Assaf, S.A.; Al-Hejji, S. Causes of delay in large construction projects. Int. J. Proj. Manag. 2006, 24, 349–357
5. Allahi, F.; Cassettari, L.; Mosca, M. Stochastic Risk Analysis and Cost Contingency Allocation Approach for Construction Projects Applying Monte Carlo Simulation. In Proceedings of the World Congress on Engineering 2017, London, U.K. July 5-7, 2017, 2017; volume I, 385-391
6. Renuka, S.; Kamal, S.; Umarani, C. A model to estimate the time overrun risk in construction projects. Empir. Res. Urban Manag. 2017, 12, 64–76
7. Asaul, A.N. Risks in the activity of a construction organization. Economic problems and organizational solutions to improve investment and construction activities: A collection of scientific papers.— Saint Petersburg, 2004, 2, 8–12.
8. Васин, С. М. Управление рисками на предприятии : учеб. пособ. / С. М. Васин, В. С. Шутов – М. : КНОРУС, 2015. – 300 с. – ISBN 978-5-406-04372-1; Морозов, Д. С. Проектное финансирование: управление рисками / Д. С. Морозов, В. Ю. Катасонов. – М. : Анкил, 1999. – 120 с
9. Заренков В. А. Управление проектами; Издательство Ассоциации строительных вузов, СПбГАСУ - Москва, 2006. - 312 с. 2.
10. Mills, A. A systematic approach to risk management for construction / A. Mills // Structural Survey. – 2001. – Vol. 19 – № . 5. – P. 245–252 ;
11. Andersson, R.; Kövecses, S.; Bargalló, E.; Nordt, A. Challenges in Technical Risk Management for High-Power Accelerators. J. Phys. Conf. Ser. 2018, 1021, 012003. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1021/1/012003>.
12. Ishin, A.V. Obligatory certification of specialists of companies - a guarantee of safety and quality of their work. Technology and Organization of Construction Production. –M, 2013, 3
13. Лapidус А.А. Формирование интегрального потенциала организационно-технологических решений посредством декомпозиции основных элементов строительного проекта// Вестник МГСУ. 2016. № 12. –С. 114–123.

14. Sarkar, D.; Panchal, S. Integrated interpretive structural modeling and fuzzy approach for project risk management of ports. *Int. J. Constr. Proj. Manag.* 2015, 1, 17–31.
15. Зеленцов, Л.Б. Инжиниринговые технологии управления инвестиционно-строительными проектами / Л.Б. Зеленцов, Л.Д. Маилян, М.С. Шогенов // *Инженерный вестник Дона*. - 2018. - № 1(48). - С. 100. EDN: XSMPTV
16. Erzen, J. J. & Schexnayder, C. (2000) One company's experience with design/build: labor cost risk and profit potential. *Journal of construction engineering and management*, 126 (1)
17. Fellows, R. & Liu, A. (2003) *Research methods for construction*, Oxford, Blackwell.
18. Flanagan, R. & Norman, G. (1993) *Risk management and construction*, Oxford, Blackwell Scientific Publications. Gransberg, D. D. & Molenaar, K. (2004) Analysis of owner's design and construction quality management approaches in design/build projects. *Journal of management in engineering*, 20 (4), 162-169.
19. Harris, F., McCaffer, R. & Edum-Fotwe, F. (2006) *Modern construction management*, Oxford, Blackwell.
20. Håkansson, U., Hässler, L. & Bröchner, J. (2007) Risk exposure in design-build contracts. *Byggteknik*, 1, 33-34
21. Chapman, C. & Ward, S. (2002) *Managing project risk and uncertainty: a constructively simple approach to decision making*, Chichester, Wiley.
22. Chapman, C. & Ward, S. (2003) *Project risk management: processes, techniques and insights*, Chichester, John Wiley & Sons.
23. Chapman, C. & Ward, S. (2004) Why risk efficiency is a key aspect of best practice projects. *International Journal of Project Management*, 22 (8), 619-632
24. Smith, N. J., Tony, M. & Jobling, P. (2006) *Managing risk in construction projects*, Blackwell Publishing.
25. Osipova, E. (2007). Risk management in the different phases of a construction project – a study of actors' involvement. *Proceedings of 4th Nordic Conference on Construction Economics and Organisation*, Luleå, Sweden.
26. Baker, S., Ponniah, D. & Smith, S. (1999) Risk response techniques employed currently for major projects. *Construction Management & Economics*, 17 (2), 205-213.
27. Barber, R. B. (2005) Understanding internally generated risks in projects. *International Journal of Project Management*, 23 (8), 584-590.,
28. Jaafari, A. (2001) Management of risks, uncertainties and opportunities on projects: time for a fundamental shift. *International Journal of Project Management*, 19 (2), 89-101.
29. PMI (2000) *A guide to the project management body of knowledge*, Newton Square, Project Management Institute.

30. Ward, S. & Chapman, C. (2003) Transforming project risk management into project uncertainty management. *International Journal of Project Management*, 21 (2), 97-105.
31. Akintoye, A. & Main, J. (2007) Collaborative relationships in construction: The UK contractors' perception. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 14 (6)
32. Akintoye, A. S. & MacLeod, M. J. (1997) Risk analysis and management in construction. *International Journal of Project Management*, 15 (1), 31-38.
33. Andi (2006) The importance and allocation of risks in Indonesian construction projects. *Construction Management and Economics*, 24 (1), 69-80.
34. Балабанов И.Т. Риск-менеджмент. — М.: Финансы и статистика, 1996. — 96 с;
35. Долан Э.Д., Линдсей Л. Микроэкономика. — СПб, 1994.
36. Шрейбер А.К. Организация, планирование и управление строительством. — М.: Стройиздат, 1977. — 350 с. 143.
37. Meadows D u.a. Die Grenzen des Wachstums Bericht des Club of Rome zum Lage der Menschheit. — Stuttgart, 1972.
38. Управление инвестициями/ Под общ. ред. В.В. Шеремета. — М.: Высшая школа, 1998.
39. Управление рисками в недвижимости/ Под общ. ред. П.Г. Грабового. — М.: Реалпроект, 2005. — 472 с. 106. Рэдхед К., Хьюс С. Управление финансовыми рисками. — М., 1996.
40. Ишин А. В. Обязательная аттестация специалистов компаний – гарантия безопасности и качества выполняемых ими работ // Технология и организация строительного производства. – 2013. – № 3 (4). – С. 23–24.
41. Лапидус А. А. Влияние современных технологических и организационных мероприятий на достижение планируемых результатов строительных проектов // Технология и организация строительного производства. – 2013. – № 2 (3). – С. 1.
42. National BIM standard: version 2. US National BIM Standards Committee (NBIMS), 2014
43. BIM handbook: A guide to building information modelling for owners, managers, designers, engineers, and contractors, Chuck Eastman et al, 2011
44. Easterby-Smith, M., Thorpe, R., & Lowe, A. (2002). *Management research: an introduction*. London: Sage Publications.
45. Eastman, C. (1999). *Building product models: computer environments supporting design and construction*. Boca Raton: CRC Press.
46. Лапидус А.А., Чапидзе О.Д., Ратомская В.С. Информационное моделирование зданий как фактор риска проекта / А.А. Лапидус, О.Д. Чапидзе, В.С. Ратомская // Строительное производство. – 2023. - №3. – С. 80-87.

47. Mohammadi, A., & Tavakolan, M. (2013, June). Construction project risk assessment using combined fuzzy and FMEA. In IFSA World Congress and NAFIPS Annual Meeting (IFSA/NAFIPS), 2013 Joint (pp. 232-237). IEEE.
48. Murphy, M., Heaney, G., & Perera, S. (2011). A methodology for evaluating construction innovation constraints through project stakeholder competencies and FMEA. *Construction Innovation*, 11(4), 416-440.
49. Mahamid, I., Bruland, A., & Dmaid, N. (2012). Causes of delay in road construction projects. *Journal of Management in Engineering*, 28(3), 300-310.
50. Kumru, M., & Kumru, P. Y. (2013). Fuzzy FMEA application to improve purchasing process in a public hospital. *Applied Soft Computing*, 13(1), 721-733.
51. Al-Humaidi, H. M., & Hadipriono Tan, F. (2010). A fuzzy logic approach to model delays in construction projects using translational models. *Civil engineering and environmental systems*, 27(4), 353-364.
52. Tumi, S. A. H., Omran, A., & Pakir, A. H. K. (2009). Causes of delay in construction industry in Libya. In *The International Conference on Economics and Administration* (pp. 265-272).
53. Государственное автономное учреждение «Управление государственной экспертизы и ценообразования Республики Татарстан по строительству и архитектуре»: Официальный сайт [Электронный ресурс] / ГАУ «УГЭЦ РТ». – 2020. – Электрон.дан. – Режим доступа: <http://gosekspertiza-rt.ru/>
54. Альгин А.П. Риск и его роль в общественной жизни. — М.: Мысль, 1989. 6. Альгин А.П. Грани экономического риска. — М.: Знание, 1991.
55. Арунянц Г.Г., Рутковский А.Л., Столбовский Д.Н., Хузмиев М.М. К вопросу о повышении эффективности расчета динамических характеристик объектов управления. /Современные сложные системы управления. Том2/ Международная конференция - Воронеж 2003г.
56. Олейник П.П., Бродский В.И. Основные требования к составу и содержанию проекта производства работ // *Технология и организация строительного производства*. 2013. No 3 (4). –С. 35-38
57. Тэпман Л.Н. Риски в экономике: Учеб. пособие для вузов/ Под ред. проф. Швандара В.А. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. — 380 с.
58. Neelamkavil, J. (2009). Proceedings from ISARC '09: 26th International Symposium on Automation and Robotics in Construction. *Automation in the Prefab and Modular Construction Industry*. 299-306.
59. Lu, N. (2009). The Current use of Offsite Construction Techniques in the United States Construction Industry. *Construction Research Congress*, Ariaratnam, S. T., Rojas, E. M. (eds.),

- Construction Institute, & University of Washington. Building a Sustainable Future: Proceedings of the 2009 Construction Research Congress, April 5-7, 2009, Seattle, Washington. Reston, Va: American Society of Civil Engineers.
60. Robertson, T. S. (1971). *Innovative Behavior and Communication*. New York: NY. Reinhart and Winston.
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of Innovations*. (5th ed.). New York, NY: Simon and Shuster.
61. Khalil, T. (2000). *Management of Technology: The Key to Competitiveness and Wealth Creation*. Boston, MA; Mcgraw-Hill.
62. Volti, R., (2014). *Society and Technological Change* (7th ed). New York, NY: Worth Publishers.
63. Walker, A. (2011). *Organizational Behavior in Construction*. West Sussex; UK: Wiley-Blackwell.
64. Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2012). *Race Against the Machine: How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy*. Lexington, MA.: Digital Frontier Press, 2012.
65. Моделирование организационно-технологических процессов в строительстве с использованием современных цифровых технологий / Л.Б. Зеленцов, Л.Д. Маилян, Н.Г. Акоюн, М.С. Шогенов // *Строительное производство*. - 2020. - № 1. - С. 41-44. EDN: MTWKRW
66. Kozień, E. Assessment of technical risk in maintenance and improvement of a manufacturing process. *Open Eng.* 2020, 10, 658–664. <https://doi.org/10.1515/eng-2020-0047>.
67. Elmualim, A. & Glider, J. (2014). BIM: Innovation in Design, Management, Influence and Challenges of Implementation. *Architectural Engineering and Design Management*, 10(3-4), 183-199 doi:10.1080/17452007.2013.821399
68. Esmaeili, B. & Hallowell, M. R. (2012). Diffusion of Safety Innovations in the Construction Industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(8), 955-963. doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000499
69. Brandon, P., & Kocatürk, T. (Eds.) (2008). *Virtual Futures for Design, Construction, and Procurement*. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.
70. McCoy, A. P., & Sanderford, A. R., (2015). *Policies, Programs and People That Shape Innovation in Housing*. New York: Momentum Press.
71. Габриелян М.О., Третьяков О.Б. Классификация рисков в инвестиционно-строительной деятельности. *Вестник университета*. 2016;(5):60-67.
72. Davis, K. (2014). Different stakeholder groups and their perceptions of project success. *International Journal of Project Management*, 32, 189-201. doi:10.1016/j.ijproman. 2013.02.006

73. Drob, C., & Zichil, V. (2013). Overview regarding the main guidelines, standards and methodologies used in project management. *Journal of Engineering Studies and Research*, 19(3), 26-31.
74. Fang, C., & Marle, F. (2012). A simulation-based risk network model for decision support in project risk management. *Decision Support Systems*, 52(3), 635-644. doi: 10.1016/j.dss.2011.10.021
75. Fidan, G., Dikmen, I., Tanyer, A. M., & Birgonul, M. T. (2011). Ontology for relating risk and vulnerability to cost overrun in international projects. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 25, 302-315. doi:10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000090
76. Garel, G. (2013). A history of project management models: From pre-models to the standard models. *International Journal of Project Management*, 31, 663-669. doi: 10.1016/j.ijproman.2012.12.011
77. Ghadge, A., Dani, S., Chester, M., & Kalawsky, R. (2013). A systems approach for modelling supply chain risks. *Supply Chain Management*, 18, 523-538. doi:10.1108/SCM-11-2012-0366
78. Ololube, N. P., & Kpolpvie, P. J. (2012). Approaches to conducting scientific research in education, arts and the social sciences. *Online Journal of Education Research*, 1, 44-56.
79. Crawford, L., & Pollack, J. (2004). Hard and soft projects: A framework for analysis. *International Journal of Project Management*, 22, 645-653. doi:10.1016/j.ijproman.2004.04.004
80. Han, W. S., Yusof, A. M., Ismail, S., & Aun, N. C. (2012). Reviewing the notions of construction project success. *International Journal of Business and Management*, 7(1), 90-101. doi:10.5539/ijbm.v7n1p90
81. Hanisch, B., & Wald, A. (2011). A project management research framework integrating multiple theoretical perspectives and influencing factors. *Project Management Journal*, 42(3), 4-22. doi:10.1002/pmj.20241
82. Hartono, B., Sulistyono, S. R., Praftiwi, P. P., & Hasmoro, D. (2014). Project risk: Theoretical concepts and stakeholders' perspectives. *International Journal of Project Management*, 32, 400-411. doi:10.1016/j.ijproman.2013.05.011
83. Verbano, C., & Venturini, K. (2013). Managing risks in SMEs: A literature review and research agenda. *Journal of Technology Management & Innovation*, 8(3), 186-197. doi:10.4067/S0718-27242013000400017
84. Schilling, J., & Kluge, A. (2009). Barriers to organizational learning: An integration of theory and research. *International Journal of Management Reviews*, 11, 337-360. doi:10.1111/j.1468-2370.2008.00242.
85. Ingason, H. T., & Jónasson, H. I. (2009). Contemporary knowledge and skill requirements in project management. *Project Management Journal*, 40(2), 59-69. doi: 10.1002/pmj.20122

86. Korzaan, M. L. (2009). The influence of commitment to project objectives in information technology (IT) projects. *Review of Business Information Systems (RBIS)*, 13(4), 89-98.
87. Yaraghi, N., & Langhe, R. G. (2011). Critical success factors for risk management systems. *Journal of Risk Research*, 14, 551-581. doi:10.1080/13669877.2010.547253
88. Edkins, A., Geraldi, J., Morris, P., & Smith, A. (2013). Exploring the front-end of project management. *Engineering Project Organization Journal*, 3, 71-85. doi:10.1080/21573727.2013.775942
89. Kapsali, M. (2011). Systems thinking in innovation project management: A match that works. *International Journal of Project Management*, 29, 396-407. doi:10.1016/j.ijproman.2011.01.003
90. KarimiAzari, A., Mousavi, N., Mousavi, S. F., & Hosseini, S. (2011). Risk assessment model selection in construction industry. *Expert Systems with Applications*, 38, 9105-9111. doi:10.1016/j.eswa.2010.12.110
91. Karsai, I., & Kamps, G. (2010). The crossroads between biology and mathematics: The scientific method as the basics of scientific literacy. *BioScience*, 60, 632-638. doi:10.1525/bio.2010.60.8.9
92. Kashiwagi, D., & Kashiwagi, J. (2012). A new risk management model. *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, 2, 233-251. doi:10.2991/jrarc.2012.2.4.3
93. Zwikael, O., & Ahn, M. (2011). The effectiveness of risk management: An analysis of project risk planning across industries and countries. *Risk Analysis*, 31, 25-37. doi:10.1111/j.1539-6924.2010.01470
94. Barclay, C., & Osei-Bryson, K. M. (2010). An exploration of knowledge management practices in IT projects: A case study approach. In *AMCIS 2010 Proceedings, Paper presented at Proceedings of the Sixteenth Americas Conference on Information Systems, Lima, Peru, August 12-15, 2010. Paper 452, (pp. 1-10).*
95. Marques, G., Gourc, D., & Lauras, M. (2011). Multi-criteria performance analysis for decision making in project management. *International Journal of Project Management*, 29, 1057-1069. doi:10.1016/j.ijproman.2010.10.002
96. Hjelmbrække, H., Lædre, O., & Lohne, J. (2014). The need for a project governance body. *International Journal of Managing Projects in Business*, 7, 661-677. doi:10.1108/IJMPB-03-2013-0012
97. Thamhain, H. (2013). Managing risks in complex projects. *Project Management Journal*, 44(2), 20-35. doi:10.1002/pmj.21325
98. Owen, A.B. *Empirical Likelihood*; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2001. <https://doi.org/10.1201/9781420036152>.

99. Pietraszek, J.; Dwornicka, R.; Krawczyk, M.; Kolomycki, M. The nonparametric approach to the quantification of the uncertainty in the design of experiments modelling. In UNCECOMP 2017: Proceedings of the 2nd International Conference on Uncertainty Quantification in Computational Sciences and Engineering, Rhodes Island, Greece, 15–17 June 2017;
100. Papadrakakis, M., Papadopoulos, V., Stefanou, G., Eds.; Institute of Structural Analysis and Antiseismic Research. School of Civil Engineering. National Technical University of Athens: Athens, Greece, 2017; pp. 598–604.
101. Kozien, E.; Kozien, M.S. Using the fuzzy logic description for the ex-ante risk assessment in the project. In Economic and Social Development. Book of Proceedings: 35th International Scientific Conference on Economic and Social Development, Lisbon, Portugal, 2018;
102. Ribeiro, H., Naletina, D., da Silva, A.L., Eds.; Varazdin Development and Entrepreneurship Agency: Varazdin, Croatia, 2018; pp. 224–231.
103. Moreno-Cabezali, B.M.; Fernandez-Crehuet, J.M. Application of a fuzzy-logic based model for risk assessment in additive manufacturing R&D projects. *Comput. Ind. Eng.* 2020, 145, 106529. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106529>.
104. Singh, H.; Gupta, M.M.; Meitzler, T.; Hou, Z.G.; Garg, K.K.; Solo, A.M.; Zadeh, L.A. Real-life applications of fuzzy logic. *Adv. Fuzzy Syst.* 2013, doi:10.1155/2013/58187
105. Лapidус А.А., Чапидзе О.Д. Факторы и источники риска в жилищном строительстве отрасли / А.А. Лapidус, О.Д. Чапидзе // Строительное производство. – 2020. – №3. – С. 2-9.
106. Pulse of the Profession™ In-Depth Report: The Essential Role of Communications / Project Management Institute, Inc. The Essential Role of Communications, 2013.
107. Департамент государственных целевых программ и капитальных вложений Минэкономразвития России: Официальный сайт [Электронный ресурс] / Федеральная адресная инвестиционная программа России. – 2020. – Электрон.дан. – Режим доступа: <https://faip.economy.gov.ru>
108. Журавлева Л.Е., Влияние соотношения переменных и постоянных затрат в себестоимости работ на прибыль от продаж // Вестник ИрГТУ. 2015. №9 (104)
109. Чистякова, А.П. Значение факторного анализа в условиях оценки финансового положения коммерческого предприятия / А.П. Чистякова // Молодой ученый. 2019. №6 (244). С. 156-158
110. Сборщиков С.Б., Ермолаев Е.Е., Жаров Я.В. Новые подходы к формированию организационной структуры и планированию в энергетическом строительстве // Вестник МГСУ. 2012. №12.
111. Жаров Я.В. Учёт организационных аспектов при планировании строительного производства в энергетике // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 5.

112. Лapidус А.А., Чапидзе О.Д. Ратомская В.С. Строительство промышленных объектов в условиях технических и экономических рисков, вызванных организационно-технологическими факторами / А.А. Лapidус, О.Д. Чапидзе, В.С. Ратомская // Строительное производство. – 2020. - №4. – С. 3-7.
113. Организация строительства и девелопмент недвижимости [Текст]: учебник для студентов: в 2-х ч. / ред. П. Г. Грабовый; Нац. исслед. Моск. гос. строит. ун-т. – Москва: АСВ; Просветитель, 2018. Ч.1: Организация строительства / ред. П. Г. Грабовый. – 4-е изд., перераб. и доп. – 2018. – 645 с.
114. Methat Mahmoud, Thore Egeland, Theo Meuwissen. Genotype imputation based on discriminant and cluster analysis // Conference: Interbull bulletin. Berlin, Germany, 2014/ Vol.48
115. Прохорова, Ю.С., Каракозова, И.В. Зарубежный и отечественный опыт оценки стоимости инвестиционно-строительного проекта / Ю.С. Прохорова, И.В. Каракозова // Экономика и предпринимательство. – 2015. N 6-3 (59). – С. 608-613
116. Yazdani-Chamzini, A.; Yakhchali, S. H.; Volungevičienė, D.; Zavadskas, E. K. 2012. Forecasting gold price changes by using adaptive network fuzzy inference system, Journal of Business Economics and Management 13(5): 994–1010. <http://dx.doi.org/10.3846/16111699.2012.683808>) developed a framework based on fuzzy logic to analyse the risk of critical infrastructures. Jamshidi et al. (2013)
117. Razani, M.; Yazdani-Chamzini, A.; Yakhchali, S. H. 2013. A novel fuzzy inference system for predicting roof fall rate in underground coal mines, Safety Science 55: 26–33. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2012.11.008>
118. Beriha, G. S.; Patnaik, B.; Mahapatra, S. S.; Padhee, S. 2012. Assessment of safety performance in Indian industries using fuzzy approach, Expert Systems with Applications 39(3): 3311–3323. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2011.09.018>
119. Lashgari et al. 2011, 2012; Fouladgar et al. 2011, 2012a, c, d; Yazdani-Chamzini, Yakhchali 2012
120. Климанов Руслан Игоревич Неопределенность и риск при принятии инвестиционных решений // Статистика и экономика. 2011. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/neopredelennost-i-risk-pri-prinyatii-investitsionnyh-resheniy> (дата обращения: 05.11.2023).
121. Алексанин А.В. Концепция управления строительных отходов на базе комплексных и информационных логистических центров // Научное обозрение. 2013. № 7. С. 132–136.
122. Urbina, A.G.; Aoyama, A. Measuring the benefit of investing in pipeline safety using fuzzy risk assessment. J. Loss Prev. Process Ind. 2017, 45, 116–132. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2016.11.018>.

123. Лapidус А.А., Чапидзе О.Д. Анализ факторов риска в строительной отрасли // Всероссийский информационно-аналитический и научно-технический журнал «Русский инженер», №2 (67). С 45-48
124. Руденко, А. А. Алгоритмизация процесса обеспечения строительства материальными ресурсами в условиях неопределенности и риска / А. А. Руденко, Р. В. Мотылев // Юрисконсульт в строительстве. – 2020. – № 12. – С. 20-25. – EDN TQZDGZ.
125. Лapidус А.А., Чапидзе О.Д. Совершенствование анализа факторов технических рисков с использованием комплексной модели FLDS на примере строительства многоэтажных жилых зданий/ А.А. Лapidус, О.Д. Чапидзе // Вестник МГСУ. – 2021. – Т. 16. - №12. – С. 1608-1619.
126. Лapidус А.А. Загорская А.В. Применение методов экспертной оценки в научном исследовании. Необходимое количество экспертов // Строительное производство. 2020. №3. С. 21-34;
127. Бешелев, С. Д. Экспертные оценки / С. Д. Бешелев, Ф. Г. Гурвич. – Москва : Наука, 1973. – 163 с.
128. Богомолов, Ю. М. Применение экспертных систем в строительстве / Ю. М. Богомолов.–Минск, 1990
129. Чапидзе О.Д., Влияние факторов риска на параметры жизненного цикла многоэтажного жилого здания // Строительное производство. 2022. №1. С.59-62
130. Yazdani-Chamzini, A., & Yakhchali, S. H. (2012). Tunnel Boring Machine (TBM) selection using fuzzy multicriteria decision making methods. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 30, 194-204.
131. Fouladgar, M. M.; Yazdani-Chamzini, A.; Zavadskas, E. K. 2012b. Risk evaluation of tunnelling projects, *Archives of Civil and Mechanical Engineering* 12: 1–12.
132. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. -М.: ФИЗМАТЛИТ. 2006. – 816 с.
133. Fouladgar, M. M.; Yazdani-Chamzini, A.; Zavadskas, E. K.; Yakhchali, S. H.; Ghasempourabadi, M. H. 2012c. Pro- ject portfolio selection using fuzzy AHP and VIKOR techniques, *Transformations in Business & Economics* 11(1): 213–231.
134. Штефан И.А., Штефан В.В. Математические методы обработки экспериментальных данных: Учебное пособие. - Кемерово ГУ КузГТУ, 2003 – 123с.
135. Кириллов В.И. Квалиметрия и системный анализ: Учеб. Пособие/ В.И. Кириллов, - Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М. 2011.-440 с.
136. Pietraszek, J.; Dwornicka, R.; Krawczyk, M.; Kolomycki, M. The nonparametric approach to the quantification of the uncertainty in the design of experiments modelling. In UNCECOMP

- 2017: Proceedings of the 2nd International Conference on Uncertainty Quantification in Computational Sciences and Engineering, Rhodes Island, Greece, 15–17 June 2017;
137. Морозенко А.А., Матрица проекта - основа оптимальной организационной структуры инвестиционно- строительного проекта// Промышленное и гражданское строительство. 2015. №7. – С.49-51
138. Синенко С.А., Гинзбург В.М., Сапожников В.Н., Каган П.Б., Гинзбург А.В. Автоматизация организационно-технологического проектирования в строительстве//М.
139. Ribeiro, H., Naletina, D., da Silva, A.L., Eds.; Varazdin Development and Entrepreneurship Agency: Varazdin, Croatia, 2018; pp. 224–231.
140. Moreno-Cabezali, B.M.; Fernandez-Crehuet, J.M. Application of a fuzzy-logic based model for risk assessment in additive manufacturing R&D projects. *Comput. Ind. Eng.* 2020, 145, 106529. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106529>.
141. Singh, H.; Gupta, M.M.; Meitzler, T.; Hou, Z.G.; Garg, K.K.; Solo, A.M.; Zadeh, L.A. Real-life applications of fuzzy logic. *Adv. Fuzzy Syst.* 2013, doi:10.1155/2013/58187
142. Urbina, A.G.; Aoyama, A. Measuring the benefit of investing in pipeline safety using fuzzy risk assessment. *J. Loss Prev. Process Ind.* 2017, 45, 116–132. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2016.11.018>.
143. Lapidus, A., Topchiy, D., Kuzmina, T., Chapidze, O. Influence of the Construction Risks on the Cost and Duration of a Project. / A. Lapidus, D. Topchiy, T. Kuzmina, O. Chapidze // *Buildings*. – 2022. - № 12. Pp. 484. - doi.org/10.3390/buildings12040484
- Rubanov, V.G.; Filatov, A.G. Intelligent automatic control systems fuzzy control in technical systems. Tutorial, —Belgorod 2010, 170.
144. Rubanov, V.G.; Filatov, A.G. Intelligent automatic control systems fuzzy control in technical systems. Tutorial, —Belgorod 2010, 170.
145. Jaderi, F.; Ibrahim, Z.Z.; Zahiri, M.R. Criticality analysis of petrochemical assets using risk based maintenance and the fuzzy inference system. *Process Saf. Environ. Prot.* 2018, 121, 312–325. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.11.005>.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А.

### Анкета эксперта и опросный лист эксперта.

№1—Данные об эксперте

Фамилия Имя Отчество	Ю. А. Ю.
Образование	Высшее
Должность	Руководитель проекта
Стаж работы	11 лет
Учёная степень или уровень квалификации	Нет
Участие в международном научно-техническом сотрудничестве	Да
*Дополнительно о себе	Состою в НОПРИЗ

№2—Уровень осведомленности и специализации эксперта

Поставить "X" в ячейку

Область специализации	Оценочная шкала (Ko)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Структура строительной организации										x
Управление проектами										x
BIM ( Информационное моделирование)				x						
Материалы и изделия									x	
Нормы и правила проектирования										x
Методы проектирования									x	
Свойства строительных конструкций								x		
Технологии и организация строительного производства										x
Технологическое оборудование				x						
Система управления строительным производством										x
Экономика строительства							x			
Контроль качества продукции										x

№3. Степень влияния источника аргументации на мнение эксперта ( Таблица №2) Поставить "X" в ячейку

Источник Вашей аргументации при оценке в таблице №2	Степень влияния источника на Ваше мнение		
	Высокий - 3 балла	Средний - 2 балла	Низкий - 1 балл
Проведенный Вами теоретический анализ	x		
Ваш производственный опыт	x		
Анализ работ ответственных авторов	x		
Анализ работ зарубежных авторов	x		
Ваше личное знакомство с состоянием дел за рубежом	x		
Ваша интуиция	x		

Приложение к таблице №2

1.	Ko= 0 — эксперт не знаком с вопросом ;	
2.	Ko= 1÷3 — эксперт плохо знаком, но вопрос входит в сферу его интересов;	
3.	Ko= 4÷6 — эксперт плохо знаком, но вопрос входит в сферу его познаний;	
4.	Ko= 7÷9 — эксперт хорошо знаком, участвует в практическом решении вопросов;	
5.	Ko= 10 — вопрос входит в круг узкой специализации эксперта;	

№4.Контрольный вопрос. Поставить "X" в ячейку ответа

Основными государственными нормативными документами, регламентирующими строительство и обязательными к исполнению, являются:	
А)	Проектом производства работ (ППР);
Б)	Картой трудовых процессов;
В)	Нарядом-заданием для бригад рабочих ;
Г)	Проектом организации строительства (ПОС);

Рисунок А.1. Анкета эксперта





Продолжение таблицы А.1.

Этап	Критерий	Подкритерий	№	Описание фактора	Вероятность фактора риска					Влияние фактора на продолжительность								
					Редкий менее 5%	Маловероятный более 5 %	Возможный более 10 %	Вероятный более 25 %	Неизбежный более 50%	Очень низкий Менее 2 нед.	Низкий 2-4 нед.	Средний 1-2 мес.	Высокий 2-3 мес.	Очень высокий Более 3 мес.				
					1	2	3	4	5	1	2	3	4	5				
				отсутствует модель работы, нет опыта )														
Проектная стадия	Документация	Исходно разрешительная документация	F22	Акт о наличии взрывоопасных предметов (ВОП)		x				x								
			F23	Качество проведённых: Инженерно-геодезических изысканий Инженерно-геологических изысканий Инженерно-экологических изысканий Инженерно-гидрогеологических изысканий				x			x							
			F24	Полнота необходимых данных для проектирования					x					x				
		F25	Уровень работ с нормативной документацией международного и федерального уровня				x									x		

Продолжение таблицы А.1.

Этап	Критерий	Подкритерий	№	Описание фактора	Вероятность фактора риска					Влияние фактора на продолжительность					
					Редкий менее 5%	Маловероятный более 5 %	Возможный более 10 %	Вероятный более 25 %	Неизбежный более 50%	Очень низкий Менее 2 нед.	Низкий 2-4 нед.	Средний 1-2 мес.	Высокий 2-3 мес.	Очень высокий Более 3 мес.	
					1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
		Результаты инженерно-геологических изысканий	F26	Результаты оценки геологии , геодезии, экологии , гидрометеорологии, геотехническая экспертиза программы работ ИГИ			x						x		
			F27	Результаты геотехнического исследования, обследования состояния грунтов оснований зданий и сооружений											
		Результаты специальных видов инженерных изысканий	F28	Результаты локального мониторинга компонентов окружающей среды, Разведка грунтовых строительных материалов, Локальные обследования загрязнённых грунтов и грунтовых вод		x							x		
			F29	Результаты геотехнической экспертизы проекта оснований и фундаментов , научно техническое заключение по оценке карстово-суффозионной опасности площадки строительства		x								x	
		Экспертиза результатов ИИ	F30	Результаты экспертизы ИИ	x								x		

Продолжение таблицы А.1.

Этап	Критерий	Подкритерий	№	Описание фактора	Вероятность фактора риска					Влияние фактора на продолжительность					
					Редкий менее 5%	Маловероятный более 5 %	Возможный более 10 %	Вероятный более 25 %	Неизбежный более 50%	Очень низкий Менее 2 нед.	Низкий 2-4 нед.	Средний 1-2 мес.	Высокий 2-3 мес.	Очень высокий Более 3 мес.	
					1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
		Проектная документация	F31	Уровень трудовой квалификации		x						x			
			F32	Опыт работы			x								x
			F33	Опыт прохождения экспертизы			x								x
			F34	Опыт работы с объектами жилого назначения		x							x		
			F35	Уникальность объекта (сложность геометрических форм конструкций)		x							x		
			F36	Высотность объекта			x							x	
			F37	Уровень оформления документации по ГОСТ			x							x	
			F38	Алгоритм передачи информации между смежными разделами ПСД	x							x			
			F39	Результаты учета природно-климатических условий (Сейсмичность район, зоны с повышенной агрессивной средой, осадки, строительство в зоне отрицательных и положительных температур)	x							x			

Продолжение таблицы А.1.

Этап	Критерий	Подкритерий	№	Описание фактора	Вероятность фактора риска					Влияние фактора на продолжительность						
					Редкий менее 5%	Маловероятный более 5 %	Возможный более 10 %	Вероятный более 25 %	Неизбежный более 50%	Очень низкий Менее 2 нед.	Низкий 2-4 нед.	Средний 1-2 мес.	Высокий 2-3 мес.	Очень высокий Более 3 мес.		
					1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
			F40	Результаты учета техногенных процессов (Промышленные взрывы, движение транспорта, строительство метрополитена, работа промышленного оборудования)			x						x			
			F41	Результаты определения объемов работ			x							x		
		BIM отдел	F42	Уровень трудовой квалификации												
			F43	Опыт работы		x					x					
			F44	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)			x						x			
			F45	Уровень проработки BIM моделей			x						x			
			F46	Уровень трудовой квалификации				x						x		
		Разработка Мероприятий по обеспечению доступа инвалидов	F47	Опыт работы		x					x					
			F48	Уровень владения BIM технологий	x		x				x					
			F49	Квалификация сотрудников		x					x					
		Мероприятия по обеспечению	F50	Опыт работы	x						x					
F51	Объекты				x					x						

Продолжение таблицы А.1.

Этап	Критерий	Подкритерий	№	Описание фактора	Вероятность фактора риска					Влияние фактора на продолжительность					
					Редкий менее 5%	Маловероятный более 5 %	Возможный более 10 %	Вероятный более 25 %	Неизбежный более 50%	Очень низкий Менее 2 нед.	Низкий 2-4 нед.	Средний 1-2 мес.	Высокий 2-3 мес.	Очень высокий Более 3 мес.	
					1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
		Экспертиза документации	F54	Результаты экспертизы проектной документации		x						x			
		Рабочая документация	F55	Уровень трудовой квалификации			x						x		
			F56	Опыт работы		x							x		
			F57	Опыт прохождения экспертизы			x						x		
			F58	Опыт работы с объектами жилого назначения			x						x		
			F59	Уровень оформление документации по ГОСТ		x								x	
			F60	Алгоритм передачи информации между смежными разделами ПСД		x							x		
			Иное	F61	Влияние смежных процессов на результат работы ( пример : инженеры ошиблись в <u>расчете</u> нагрузок, отверстия шахт , <u>влечет</u> корректировку отверстий AP и KP )		x							x	
		F62		Наличие общей информационной платформы для координации работы между заинтересованными лицами			x						x		
		Построение информационной модели здания	F63	Опыт построения модели				x						x	
			F64	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)			x						x		

Продолжение таблицы А.1.

Этап	Критерий	Подкритерий	№	Описание фактора	Вероятность фактора риска					Влияние фактора на продолжительность							
					Редкий менее 5%	Маловероятный более 5 %	Возможный более 10 %	Вероятный более 25 %	Неизбежный более 50%	Очень низкий Менее 2 нед.	Низкий 2-4 нед.	Средний 1-2 мес.	Высокий 2-3 мес.	Очень высокий Более 3 мес.			
					1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
Строительство	Участники проекта	Генеральный подрядчик	F65	Количество объектов введенных в эксплуатацию		x					x						
			F66	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)			x							x			
			F67	Уровень трудовой квалификации ведущих сотрудников		x						x					
			F68	Наличие и количество субподрядчиков			x							x			
			F69	Текущие строительные объекты			x							x			
			F70	Применение новых технологий				x							x		
			F71	Координация работы с субподрядной организацией			x								x		
			F72	Результаты распределения человеческих ресурсов				x					x				
			F73	Влияние ограничения рабочего времени		x								x			

Продолжение таблицы А.1.

Этап	Критерий	Подкритерий	№	Описание фактора	Вероятность фактора риска					Влияние фактора на продолжительность				
					Редкий менее 5%	Маловероятный более 5 %	Возможный более 10 %	Вероятный более 25 %	Неизбежный более 50%	Очень низкий Менее 2 нед.	Низкий 2-4 нед.	Средний 1-2 мес.	Высокий 2-3 мес.	Очень высокий Более 3 мес.
					1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
			F74	Результаты научно-технического экспертного заключения ( о возможности применения (замены) свай )	x							x		
			F75	Результаты испытаний по определению коэффициента уплотнения основания и обратной засыпке инженерных сетей;				x					x	
			F76	Физически устаревшие технологические возможности производства	x								x	
			F77	Производственно-технические ресурсы(Строительные машины, компьютеризация строительного участка, наличие ПТО)										
			F78	Уровень подготовки инженерно-бытового производства										
			F79	Основные средства производства работ										
			F80	Отсутствие структуры в организации работ	x							x		

Продолжение таблицы А.1.

Этап	Критерий	Подкритерий	№	Описание фактора	Вероятность фактора риска					Влияние фактора на продолжительность				
					Редкий менее 5%	Маловероятный более 5 %	Возможный более 10 %	Вероятный более 25 %	Неизбежный более 50%	Очень низкий Менее 2 нед.	Низкий 2-4 нед.	Средний 1-2 мес.	Высокий 2-3 мес.	Очень высокий Более 3 мес.
					1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
		Логистика	F81	Дисциплина в цепях поставок, перебои с топливом и электроэнергией			x						x	
		Строительная бригада	F82	Уровень трудовой квалификации			x					x		
			F83	Опыт		x							x	
			F84	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)			x							
			F85	Снижение производительности труда			x					x		
			F86	Несчастные случаи на производстве			x						x	
		Строительный контроль	F87	Уровень трудовой квалификации		x							x	
			F88	Опыт	x								x	
			F89	Наличие высокотехнологического оборудования		x								x
			F90	Опыт работы с BIM	x							x		
		Авторский надзор	F91	Уровень трудовой квалификации	x							x		
			F92	Опыт			x							x
			F93	Наличие высокотехнологического оборудования										
			F94	Опыт работы с BIM	x						x			
		Государственный строительный надзор	F95	Уровень трудовой квалификации	x								x	
			F96	Опыт										
			F97	Наличие высокотехнологического оборудования	x							x		



## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Результаты сходимости экспертной оценки

Экспертная оценка в данном исследовании, является важной составляющей для математической модели.

Экспертам представлена опросная анкета с факторами риска, результаты опроса представлены в таблицах, методика проведена в соответствии с главой 2.

Таблица Б.1. Экспертная анкета. Этап 1.

Этап	Критерий	Подкритерий	№	Описание фактора	Вероятность фактора риска				
					Редкий менее 5%	Маловероятный от 5% до 10%	Возможный от 10% до 25%	Вероятный от 25% до 50%	Неизбежный более 50%
					1	2	3	4	5
Планирование	Строительная площадка	Окружающая среда	F1	Повышенная сейсмичность площадки строительства					
			F2	Природно-климатические условия					
			F3	Наводнения					
			F4	Ландшафт местности ( равнина, холмы, и т.д)					
			F5	Агрессивная окружающая среда					
		Подземная часть площадки стр-ва	F6	Зона археологического исследования					
		Объект	F7	Степеньность площадки строительства					
			F8	Высокая транспортная нагрузка					
			F9	Задержки в получении разрешений					
			F10	Результаты оценка технических условий					
			F11	Результаты оценки инфраструктуры					
			F12	Различные требования безопасности и ограничений,					
		Иное	F13	На месте строительства имеются сооружения под снос					
			F14	Сжатый срок строительства					

Сходимость мнений эксперта основывается по данным вероятности фактора риск.

Этап 1. Создание экспертной комиссии.

Число факторов  $n = 16$ , Число экспертов  $m = 4$

Этап 2. Сбор мнений специалистов путём анкетного опроса.

Оценку степени значимости параметров эксперты производят путём присвоения им рангового номера. Фактору, которому эксперт даёт наивысшую оценку, присваивается ранг 1. Если эксперт признает несколько факторов равнозначными, то им присваивается одинаковый ранговый номер. На основе данных анкетного опроса составляется сводная матрица рангов.

Этап 3. Составление сводной матрицы рангов.

Таблица Б.2. Сводная матрица рангов

Факторы	Эксперт			
	1	2	3	4
1	4	4	5	5
2	4	5	5	4
3	4	4	5	5
4	3	3	3	3
5	4	4	4	4
6	4	4	4	5
7	4	4	4	4
8	4	4	4	4
9	5	5	5	5
10	4	5	4	4
11	4	4	4	4
12	4	4	3	4
13	4	4	4	4
14	4	5	5	5

Так как в матрице имеются связанные ранги (одинаковый ранговый номер) в оценках 1-го эксперта, произведём их переформирование. Переформирование рангов производится без изменения мнения эксперта, то есть между ранговыми номерами должны сохраниться соответствующие соотношения (больше, меньше или равно). Также не рекомендуется ставить ранг выше 1 и ниже значения равного количеству параметров (в данном случае  $n = 14$ ).

Таблица Б.3. Переформирование матрицы рангов.

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
1	3	1
2	4	7.5
3	4	7.5
4	4	7.5
5	4	7.5
6	4	7.5
7	4	7.5
8	4	7.5
9	4	7.5
10	4	7.5
11	4	7.5
12	4	7.5
13	4	7.5
14	5	14

Так как в матрице имеются связанные ранги в оценках 2-го эксперта, произведём их переформирование. Переформирование рангов производится в табл.

Таблица Б.4. Переформирование рангов

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
1	3	1
2	4	6

Продолжение таблицы Б.4.

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
3	4	6
4	4	6
5	4	6
6	4	6
7	4	6
8	4	6
9	4	6
10	4	6
11	5	12.5
12	5	12.5
13	5	12.5
14	5	12.5

Так как в матрице имеются связанные ранги в оценках 3-го эксперта, произведём их переформирование. Переформирование рангов производится в таблице.

Таблица Б.5.Переформирование рангов.

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
1	3	1.5
2	3	1.5
3	4	6
4	4	6
5	4	6

Продолжение таблицы Б.5.

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
6	4	6
7	4	6
8	4	6
9	4	6
10	5	12
11	5	12
12	5	12
13	5	12
14	5	12

Так как в матрице имеются связанные ранги в оценках 4-го эксперта, произведём их переформирование. Переформирование рангов производится в табл.

Таблица Б.6. Переформирование рангов

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
1	3	1
2	4	5.5
3	4	5.5
4	4	5.5
5	4	5.5
6	4	5.5
7	4	5.5
8	4	5.5

Продолжение таблицы Б.6.

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
9	4	5.5
10	5	12
11	5	12
12	5	12
13	5	12
14	5	12

На основании переформирования рангов строится новая матрица рангов.

Таблица Б.7. Новая матрица рисков.

Факторы	Эксперт			
	1	2	3	4
1	7.5	6	12	12
2	7.5	12.5	12	5.5
3	7.5	6	12	12
4	1	1	1.5	1
5	7.5	6	6	5.5
6	7.5	6	6	12
7	7.5	6	6	5.5
8	7.5	6	6	5.5
9	14	12.5	12	12
10	7.5	12.5	6	5.5

Продолжение таблицы Б.7.

Факторы	Эксперт			
	1	2	3	4
11	7.5	6	6	5.5
12	7.5	6	1.5	5.5
13	7.5	6	6	5.5
14	7.5	12.5	12	12

Таблица Б.8. Матрица рангов.

Факторы/ Эксперты	1	2	3	4	Сумма рангов	d	d <sup>2</sup>
x1	7.5	6	12	12	37.5	7.5	56.25
x2	7.5	12.5	12	5.5	37.5	7.5	56.25
x3	7.5	6	12	12	37.5	7.5	56.25
x4	1	1	1.5	1	4.5	-25.5	650.25
x5	7.5	6	6	5.5	25	-5	25
x6	7.5	6	6	12	31.5	1.5	2.25
x7	7.5	6	6	5.5	25	-5	25
x8	7.5	6	6	5.5	25	-5	25
x9	14	12.5	12	12	50.5	20.5	420.25
x10	7.5	12.5	6	5.5	31.5	1.5	2.25
x11	7.5	6	6	5.5	25	-5	25
x12	7.5	6	1.5	5.5	20.5	-9.5	90.25

Продолжение таблицы Б.8.

Факторы/ Эксперты	1	2	3	4	Сумма рангов	d	d <sup>2</sup>
x13	7.5	6	6	5.5	25	-5	25
x14	7.5	12.5	12	12	44	14	196
$\Sigma$	105	105	105	105	420		1655

где

$$d = \sum x_{ij} - \frac{\sum \sum x_{ij}}{n} = \sum x_{ij} - 30 \quad (\text{Б.1})$$

Проверка правильности составления матрицы на основе исчисления контрольной суммы:

$$\sum x_{ij} = \frac{(1+n)n}{2} = \frac{(1+14)14}{2} = 105 \quad (\text{Б.2})$$

Сумма по столбцам матрицы равны между собой и контрольной суммы, значит, матрица составлена правильно.

Этап 4. Анализ значимости исследуемых факторов.

В данном примере факторы по значимости распределились следующим образом (табл.).

Расположение факторов по значимости

Таблица Б.9. Ранжирование факторов.

Факторы	Сумма рангов
x4	4.5
x12	20.5
x5	25
x7	25
x8	25
x11	25
x13	25
x6	31.5

Продолжение таблицы Б.9.

Факторы	Сумма рангов
x10	31.5
x1	37.5
x2	37.5
x3	37.5
x14	44
x9	50.5

Этап 5. Оценка средней степени согласованности мнений всех экспертов.

Воспользуемся коэффициентом конкордации для случая, когда имеются связанные ранги (одинаковые значения рангов в оценках одного эксперта):

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

где  $S = 1655$ ,  $n = 14$ ,  $m = 4$

$$T_i = \frac{1}{12} \cdot \sum (t_i^3 - t_i) \quad (\text{Б.4})$$

$L_i$  - число связок (видов повторяющихся элементов) в оценках  $i$ -го эксперта,  $t_i$  - количество элементов в  $i$ -й связке для  $i$ -го эксперта (количество повторяющихся элементов).

$$T_1 = [(123-12)]/12 = 143$$

$$T_2 = [(93-9) + (43-4)]/12 = 65$$

$$T_3 = [(53-5) + (23-2) + (73-7)]/12 = 38.5$$

$$T_4 = [(53-5) + (83-8)]/12 = 52$$

$$\sum T_i = 143 + 65 + 38.5 + 52 = 298.5$$

$$W = \frac{1655}{\frac{1}{12} \cdot 4^2 (14^3 - 14) - 4 \cdot 298.5} = 0.68 \quad (\text{Б.5})$$

$W = 0.68$  говорит о наличии средней степени согласованности мнений экспертов.

Таблица Б.10. Экспертная анкета. Этап 2.

Этап	Критерий	Подкритерий	№	Описание фактора	Вероятность фактора риска				
					Редкий менее 5%	Маловероятный более 5 %	Возможный более 10 %	Вероятный более 25 %	Неизбежный более 50%
					1	2	3	4	5
Инженерные изыскания	Подрядчик	Подготовка исходных данных	F15	Уровень трудовой квалификации ведущих сотрудников					
			F16	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)					
			F17	заключением экспертизы (опыт прохождения)					
			F18	Наличие и количество субподрядчиков					
			F19	Текущие проекты (загруженность компании)					
			F20	(отсутствие опыта использование технологий )					
			F21	организацией ( отсутствует модель работы, нет опыта )					

Этап 1. Создание экспертной комиссии.

Число факторов  $n = 7$ , Число экспертов  $m = 4$

Этап 2. Сбор мнений специалистов путем анкетного опроса.

Оценку степени значимости параметров эксперты производят путем присвоения им рангового номера. Фактору, которому эксперт дает наивысшую оценку, присваивается ранг 1. Если эксперт признает несколько факторов равнозначными, то им присваивается одинаковый ранговый номер. На основе данных анкетного опроса составляется сводная матрица рангов.

Этап 3. Составление сводной матрицы рангов.

Таблица Б.11. Сводная матрица рангов

№ п.п. / Эксперты	1	2	3	4
1	4	4	4	4
2	5	5	4	5
3	4	5	5	4
4	4	3	4	4
5	4	4	4	4

Продолжение таблицы Б.11.

№ п.п. / Эксперты	1	2	3	4
6	4	4	4	4
7	5	4	5	5

Так как в матрице имеются связанные ранги (одинаковый ранговый номер) в оценках 1-го эксперта, произведем их переформирование. Переформирование рангов производится без изменения мнения эксперта, то есть между ранговыми номерами должны сохраниться соответствующие соотношения (больше, меньше или равно). Также не рекомендуется ставить ранг выше 1 и ниже значения равного количеству параметров (в данном случае  $n = 7$ ). Переформирование рангов производится в табл.

Таблица Б.12. Переформирование рангов

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
1	4	3
2	4	3
3	4	3
4	4	3
5	4	3
6	5	6.5
7	5	6.5

Так как в матрице имеются связанные ранги в оценках 2-го эксперта, произведем их переформирование. Переформирование рангов производится в табл.

Таблица Б.13. Переформирование рангов

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
1	3	1
2	4	3.5
3	4	3.5

Продолжение таблицы Б.13.

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
4	4	3.5
5	4	3.5
6	5	6.5
7	5	6.5

Так как в матрице имеются связанные ранги в оценках 3-го эксперта, произведём их переформирование. Переформирование рангов производится в табл.

Таблица Б.14. Переформирование рангов

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
1	4	3
2	4	3
3	4	3
4	4	3
5	4	3
6	5	6.5
7	5	6.5

Так как в матрице имеются связанные ранги в оценках 4-го эксперта, произведем их переформирование. Переформирование рангов производится в таблице.

Таблица Б.15. Переформирование рангов

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
1	4	3
2	4	3

Продолжение таблицы Б.15.

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
3	4	3
4	4	3
5	4	3
6	5	6.5
7	5	6.5

На основании переформирования рангов строится новая матрица рангов.

Таблица Б.16. Переформирование рангов

№ п.п. / Эксперты	1	2	3	4
1	3	3.5	3	3
2	6.5	6.5	3	6.5
3	3	6.5	6.5	3
4	3	1	3	3
5	3	3.5	3	3
6	3	3.5	3	3
7	6.5	3.5	6.5	6.5

Таблица Б.17. Матрица рангов

Факторы / Эксперты	1	2	3	4	Сумма рангов	d	d <sup>2</sup>
x1	3	3.5	3	3	12.5	-3.5	12.25
x2	6.5	6.5	3	6.5	22.5	6.5	42.25
x3	3	6.5	6.5	3	19	3	9
x4	3	1	3	3	10	-6	36
x5	3	3.5	3	3	12.5	-3.5	12.25
x6	3	3.5	3	3	12.5	-3.5	12.25
x7	6.5	3.5	6.5	6.5	23	7	49
∑	28	28	28	28	112		173

где

$$d = \sum x_{ij} - \frac{\sum \sum x_{ij}}{n} = \sum x_{ij} - 16 \quad (\text{Б.6})$$

Проверка правильности составления матрицы на основе исчисления контрольной суммы:

$$\sum x_{ij} = \frac{(1+n)n}{2} = \frac{(1+7)7}{2} = 28 \quad (\text{Б.7})$$

Сумма по столбцам матрицы равны между собой и контрольной суммы, значит, матрица составлена правильно.

Этап 4. Анализ значимости исследуемых факторов.

В данном примере факторы по значимости распределились следующим образом (табл.).

Расположение факторов по значимости

Таблица Б.18. Ранжирование факторов

Факторы	Сумма рангов
x4	10
x1	12.5
x5	12.5

Продолжение таблицы Б.18.

Факторы	Сумма рангов
x6	12.5
x3	19
x2	22.5
x7	23

Этап 5. Оценка средней степени согласованности мнений всех экспертов.

Воспользуемся коэффициентом конкордации для случая, когда имеются связанные ранги (одинаковые значения рангов в оценках одного эксперта):

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} \cdot m^2 \cdot (n^2 - n) - m \cdot \sum T_i} \quad (\text{Б.8})$$

где  $S = 173$ ,  $n = 7$ ,  $m = 4$

$$T_i = \frac{1}{12} \cdot \sum (t_i^3 - t_i) \quad (\text{Б.9})$$

$L_i$  - число связей (видов повторяющихся элементов) в оценках  $i$ -го эксперта,  $t_{i1}$  - количество элементов в 1-й связке для  $i$ -го эксперта (количество повторяющихся элементов).

$$T1 = [(53-5) + (23-2)]/12 = 10.5$$

$$T2 = [(43-4) + (23-2)]/12 = 5.5$$

$$T3 = [(53-5) + (23-2)]/12 = 10.5$$

$$T4 = [(53-5) + (23-2)]/12 = 10.5$$

$$\sum T_i = 10.5 + 5.5 + 10.5 + 10.5 = 37$$

$$W = \frac{173}{\frac{1}{12} \cdot 4^2 \cdot (7^2 - 7) - 4 \cdot 37} = 0.72 \quad (\text{Б.10})$$

$W = 0.72$  говорит о наличии средней степени согласованности мнений экспертов.

Таблица Б.19. Экспертная анкета. Этап 3.

Этап	Критерий	Подкритерий	№	Описание фактора	Вероятность фактора риска					
					Редкий менее 5%	Маловероятный более 5 %	Возможный более 10 %	Вероятный более 25 %	Неизбежный более 50%	
					1	2	3	4	5	
Проектная стадия	Документация	Исходно разрешительная документация	F22	Акт о наличии взрывоопасных предметов (ВОП)						
			F23	Качество проведенных: Инженерно-геодезических изысканий Инженерно-геологических изысканий Инженерно-экологических изысканий Инженерно-гидрогеологических изысканий						
			F24	Полнота необходимых данных для проектирования						
			Уровень нормативно-технического обеспечения проектной подготовки	F25	Уровень работы с нормативной документацией международного и федерального уровня					
			Результаты инженерно-геологических изысканий	F26	Результаты оценки геологии , геодезии, экологии , гидрометеорологии, геотехническая экспертиза программы работ ИГИ					
		Результаты специальных видов инженерных изысканий	F27	Результаты геотехнического исследования, обследования состояния грунтов оснований зданий и сооружений						
			F28	Результаты локального мониторинга компонентов окружающей среды, Разведка грунтовых строительных материалов, Локальные обследования загрязненных грунтов и грунтовых вод						
			F29	Результаты геотехнической экспертизы проекта оснований и фундаментов , научно техническое заключение по оценке карстово-суффозионной опасности площадки строительства						
			Экспертиза результатов ИИ	F30	Результаты экспертизы ИИ					

Продолжение таблицы Б.19.

Этап	Критерий	Подкритерий	№	Описание фактора	Вероятность фактора риска				
					Редкий менее 5%	Маловероятный более 5 %	Возможный более 10 %	Вероятный более 25 %	Неизбежный более 50%
					1	2	3	4	5
		Проектная документация	F31	Уровень трудовой квалификации					
			F32	Опыт работы					
			F33	Опыт прохождения экспертизы					
			F34	Опыт работы с объектами жилого назначения					
			F35	Уникальность объекта (сложность геометрических форм конструкций)					
			F36	Высотность объекта					
			F37	Уровень оформления документации по ГОСТ					
			F38	Алгоритм передачи информации между смежными разделами ПСД					
			F39	Результаты учета природно-климатических условий (Сейсмичность район, зоны с повышенной агрессивной средой, осадки, строительство в зоне отрицательных и положительных температур)					
			F40	Результаты учета техногенных процессов (Промышленные взрывы, движение транспорта, строительство метрополитена, работа промышленного оборудования)					
			F41	Результаты определения объемов работ					
			BIM отдел	F42	Уровень трудовой квалификации				
		F43		Опыт работы					
		F44		Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)					
		F45		Уровень проработки BIM моделей					
		Разработка Мероприятий по обеспечению доступа	F46	Уровень трудовой квалификации					
			F47	Опыт работы					
			F48	Уровень владения BIM технологий					
		Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности	F49	Квалификация сотрудников					
			F50	Опыт работы					
			F51	Объекты					
			F52	Уровень владения BIM технологий					
		Экспертиза документации	F53	Результаты СТУ					
			F54	Результаты экспертизы проектной документации					
		Рабочая документация	F55	Уровень трудовой квалификации					
			F56	Опыт работы					
			F57	Опыт прохождения экспертизы					
			F58	Опыт работы с объектами жилого назначения					
			F59	Уровень оформления документации по ГОСТ					
			F60	Алгоритм передачи информации между смежными разделами ПСД					
		Иное	F61	Влияние смежных процессов на результат работы ( пример : инженеры ошиблись в расчете нагрузок, отверстия шахт ,влечет корректировку отверстий AP и KP )					
			F62	Наличие общей информационной платформы для координации работы между заинтересованными лицами					
		Построение информационной модели здания	F63	Опыт построения модели					
			F64	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)					

Этап 1. Создание экспертной комиссии.

Число факторов  $n = 43$ , Число экспертов  $m = 4$

Этап 2. Сбор мнений специалистов путем анкетного опроса.

Оценку степени значимости параметров эксперты производят путем присвоения им рангового номера. Фактору, которому эксперт дает наивысшую оценку, присваивается ранг 1. Если эксперт признает несколько факторов равнозначными, то им присваивается одинаковый ранговый номер. На основе данных анкетного опроса составляется сводная матрица рангов.

Этап 3. Составление сводной матрицы рангов.

Таблица Б.20. Матрица рангов

№ п.п. / Эксперты	1	2	3	4
1	5	4	3	4
2	5	4	4	4
3	5	4	4	4
4	5	4	4	4
5	5	4	4	4
6	4	3	3	3
7	5	4	3	3
8	3	3	3	3
9	5	4	3	4
10	4	4	3	4
11	3	2	3	3
12	4	4	4	4
13	5	5	3	3

Продолжение таблицы Б.20.

№ п.п. / Эксперты	1	2	3	4
14	4	3	3	3
15	3	3	3	3
16	3	3	3	5
17	3	3	3	3
18	3	2	2	2
19	4	4	4	4
20	4	4	5	4
21	4	4	3	4
22	3	3	3	3
23	5	4	5	4
24	5	4	3	3
25	5	4	4	4
26	4	4	4	4
27	4	3	3	3
28	5	3	3	3
29	4	4	3	2
30	4	4	4	4
31	4	3	3	4
32	4	5	5	4

Продолжение таблицы Б.20.

№ п.п. / Эксперты	1	2	3	4
33	3	4	4	4
34	3	3	3	3
35	3	3	4	5
36	1	4	4	4
37	4	5	4	3
38	5	5	4	5
39	5	5	5	4
40	4	5	4	1
41	3	4	4	2
42	3	4	4	2
43	4	4	3	3

Так как в матрице имеются связанные ранги (одинаковый ранговый номер) в оценках 1-го эксперта, произведем их переформирование. Переформирование рангов производится без изменения мнения эксперта, то есть между ранговыми номерами должны сохраниться соответствующие соотношения (больше, меньше или равно). Также не рекомендуется ставить ранг выше 1 и ниже значения равного количеству параметров (в данном случае  $n = 43$ ). Переформирование рангов производится в табл.

Таблица Б.21. Переформирование рангов

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
1	1	1
2	3	7.5
3	3	7.5

Продолжение таблицы Б.21.

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
4	3	7.5
5	3	7.5
6	3	7.5
7	3	7.5
8	3	7.5
9	3	7.5
10	3	7.5
11	3	7.5
12	3	7.5
13	3	7.5
14	4	21.5
15	4	21.5
16	4	21.5
17	4	21.5
18	4	21.5
19	4	21.5
20	4	21.5
21	4	21.5
22	4	21.5
23	4	21.5
24	4	21.5

Продолжение таблицы Б.21.

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
25	4	21.5
26	4	21.5
27	4	21.5
28	4	21.5
29	4	21.5
30	5	36.5
31	5	36.5
32	5	36.5
33	5	36.5
34	5	36.5
35	5	36.5
36	5	36.5
37	5	36.5
38	5	36.5
39	5	36.5
40	5	36.5
41	5	36.5
42	5	36.5
43	5	36.5

Так как в матрице имеются связанные ранги в оценках 2-го эксперта, произведем их перестроение. Перестроение рангов производится в табл.

Таблица Б.22. Переформирование рангов

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
1	2	1.5
2	2	1.5
3	3	8.5
4	3	8.5
5	3	8.5
6	3	8.5
7	3	8.5
8	3	8.5
9	3	8.5
10	3	8.5
11	3	8.5
12	3	8.5
13	3	8.5
14	3	8.5
15	4	26
16	4	26
17	4	26
18	4	26
19	4	26
20	4	26
21	4	26

Продолжение таблицы Б.22.

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
22	4	26
23	4	26
24	4	26
25	4	26
26	4	26
27	4	26
28	4	26
29	4	26
30	4	26
31	4	26
32	4	26
33	4	26
34	4	26
35	4	26
36	4	26
37	4	26
38	5	40.5
39	5	40.5
40	5	40.5
41	5	40.5
42	5	40.5

Продолжение таблицы Б.22.

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
43	5	40.5

Так как в матрице имеются связанные ранги в оценках 3-го эксперта, произведем их перестроение. Перестроение рангов производится в табл.

Таблица Б.23. Перестроение рангов

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
1	2	1
2	3	12
3	3	12
4	3	12
5	3	12
6	3	12
7	3	12
8	3	12
9	3	12
10	3	12
11	3	12
12	3	12
13	3	12
14	3	12
15	3	12
16	3	12

Продолжение таблицы Б.23.

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
17	3	12
18	3	12
19	3	12
20	3	12
21	3	12
22	3	12
23	4	31
24	4	31
25	4	31
26	4	31
27	4	31
28	4	31
29	4	31
30	4	31
31	4	31
32	4	31
33	4	31
34	4	31
35	4	31
36	4	31
37	4	31

Продолжение таблицы Б.23.

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
38	4	31
39	4	31
40	5	41.5
41	5	41.5
42	5	41.5
43	5	41.5

Так как в матрице имеются связанные ранги в оценках 4-го эксперта, произведем их переформирование. Переформирование рангов производится в табл.

Таблица Б.24. Переформирование рангов

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
1	1	1
2	2	3.5
3	2	3.5
4	2	3.5
5	2	3.5
6	3	13
7	3	13
8	3	13
9	3	13
10	3	13
11	3	13
12	3	13

Продолжение таблицы Б.24.

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
13	3	13
14	3	13
15	3	13
16	3	13
17	3	13
18	3	13
19	3	13
20	3	13
21	4	30.5
22	4	30.5
23	4	30.5
24	4	30.5
25	4	30.5
26	4	30.5
27	4	30.5
28	4	30.5
29	4	30.5
30	4	30.5
31	4	30.5
32	4	30.5
33	4	30.5

Продолжение таблицы Б.24.

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
34	4	30.5
35	4	30.5
36	4	30.5
37	4	30.5
38	4	30.5
39	4	30.5
40	4	30.5
41	5	42
42	5	42
43	5	42

На основании переформирования рангов строится новая матрица рангов.

Таблица Б.25 Новая матрица рангов

№ п.п. / Эксперты	1	2	3	4
1	36.5	26	12	30.5
2	36.5	26	31	30.5
3	36.5	26	31	30.5
4	36.5	26	31	30.5
5	36.5	26	31	30.5
6	21.5	8.5	12	13
7	36.5	26	12	13
8	7.5	8.5	12	13

Продолжение таблицы Б.25.

№ п.п. / Эксперты	1	2	3	4
9	36.5	26	12	30.5
10	21.5	26	12	30.5
11	7.5	1.5	12	13
12	21.5	26	31	30.5
13	36.5	40.5	12	13
14	21.5	8.5	12	13
15	7.5	8.5	12	13
16	7.5	8.5	12	42
17	7.5	8.5	12	13
18	7.5	1.5	1	3.5
19	21.5	26	31	30.5
20	21.5	26	41.5	30.5
21	21.5	26	12	30.5
22	7.5	8.5	12	13
23	36.5	26	41.5	30.5
24	36.5	26	12	13
25	36.5	26	31	30.5
26	21.5	26	31	30.5
27	21.5	8.5	12	13
28	36.5	8.5	12	13
29	21.5	26	12	3.5

Продолжение таблицы Б.25.

№ п.п. / Эксперты	1	2	3	4
30	21.5	26	31	30.5
31	21.5	8.5	12	30.5
32	21.5	40.5	41.5	30.5
33	7.5	26	31	30.5
34	7.5	8.5	12	13
35	7.5	8.5	31	42
36	1	26	31	30.5
37	21.5	40.5	31	13
38	36.5	40.5	31	42
39	36.5	40.5	41.5	30.5
40	21.5	40.5	31	1
41	7.5	26	31	3.5
42	7.5	26	31	3.5
43	21.5	26	12	13

Таблица Б.26. Матрица рангов

Факторы / Эксперты	1	2	3	4	Сумма рангов	d	d <sup>2</sup>
x1	36.5	26	12	30.5	105	17	289
x2	36.5	26	31	30.5	124	36	1296
x3	36.5	26	31	30.5	124	36	1296
x4	36.5	26	31	30.5	124	36	1296

Продолжение таблицы Б.26.

Факторы / Эксперты	1	2	3	4	Сумма рангов	d	d <sup>2</sup>
x5	36.5	26	31	30.5	124	36	1296
x6	21.5	8.5	12	13	55	-33	1089
x7	36.5	26	12	13	87.5	-0.5	0.25
x8	7.5	8.5	12	13	41	-47	2209
x9	36.5	26	12	30.5	105	17	289
x10	21.5	26	12	30.5	90	2	4
x11	7.5	1.5	12	13	34	-54	2916
x12	21.5	26	31	30.5	109	21	441
x13	36.5	40.5	12	13	102	14	196
x14	21.5	8.5	12	13	55	-33	1089
x15	7.5	8.5	12	13	41	-47	2209
x16	7.5	8.5	12	42	70	-18	324
x17	7.5	8.5	12	13	41	-47	2209
x18	7.5	1.5	1	3.5	13.5	-74.5	5550.25
x19	21.5	26	31	30.5	109	21	441
x20	21.5	26	41.5	30.5	119.5	31.5	992.25
x21	21.5	26	12	30.5	90	2	4
x22	7.5	8.5	12	13	41	-47	2209
x23	36.5	26	41.5	30.5	134.5	46.5	2162.25
x24	36.5	26	12	13	87.5	-0.5	0.25
x25	36.5	26	31	30.5	124	36	1296

Продолжение таблицы Б.26.

Факторы / Эксперты	1	2	3	4	Сумма рангов	d	d <sup>2</sup>
x26	21.5	26	31	30.5	109	21	441
x27	21.5	8.5	12	13	55	-33	1089
x28	36.5	8.5	12	13	70	-18	324
x29	21.5	26	12	3.5	63	-25	625
x30	21.5	26	31	30.5	109	21	441
x31	21.5	8.5	12	30.5	72.5	-15.5	240.25
x32	21.5	40.5	41.5	30.5	134	46	2116
x33	7.5	26	31	30.5	95	7	49
x34	7.5	8.5	12	13	41	-47	2209
x35	7.5	8.5	31	42	89	1	1
x36	1	26	31	30.5	88.5	0.5	0.25
x37	21.5	40.5	31	13	106	18	324
x38	36.5	40.5	31	42	150	62	3844
x39	36.5	40.5	41.5	30.5	149	61	3721
x40	21.5	40.5	31	1	94	6	36
x41	7.5	26	31	3.5	68	-20	400
x42	7.5	26	31	3.5	68	-20	400
x43	21.5	26	12	13	72.5	-15.5	240.25
Σ	946	946	946	946	3784		47604

где

$$d = \sum x_{ij} - \frac{\sum \sum x_{ij}}{n} = \sum x_{ij} - 88 \quad (\text{Б.11})$$

Проверка правильности составления матрицы на основе исчисления контрольной суммы:

$$\sum x_{ij} = \frac{(1+n)n}{2} = \frac{(1+43)43}{2} = 946 \quad (\text{Б.12})$$

Сумма по столбцам матрицы равны между собой и контрольной сумме, значит, матрица составлена правильно.

Этап 4. Анализ значимости исследуемых факторов.

В данном примере факторы по значимости распределились следующим образом (табл.).

Расположение факторов по значимости

Таблица Б.27. Ранжирование факторов

Факторы	Сумма рангов
x18	13.5
x11	34
x8	41
x15	41
x17	41
x22	41
x34	41
x6	55
x14	55
x27	55
x29	63
x41	68
x42	68
x16	70
x28	70

Продолжение таблицы Б.27.

Факторы	Сумма рангов
x31	72.5
x43	72.5
x7	87.5
x24	87.5
x36	88.5
x35	89
x10	90
x21	90
x40	94
x33	95
x13	102
x1	105
x9	105
x37	106
x12	109
x19	109
x26	109
x30	109
x20	119.5
x2	124
x3	124

Продолжение таблицы Б.27.

Факторы	Сумма рангов
x4	124
x5	124
x25	124
x32	134
x23	134.5
x39	149
x38	150

Этап 5. Оценка средней степени согласованности мнений всех экспертов.

Воспользуемся коэффициентом конкордации для случая, когда имеются связанные ранги (одинаковые значения рангов в оценках одного эксперта):

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12}m^2(n^3-n) - m \sum T_i} \quad (\text{Б.13})$$

где  $S = 47604$ ,  $n = 43$ ,  $m = 4$

$$T_i = \frac{1}{12} \cdot \sum (t_i^3 - t_i) \quad (\text{Б.14})$$

$L_i$  - число связей (видов повторяющихся элементов) в оценках  $i$ -го эксперта,  $t_{i1}$  - количество элементов в 1-й связке для  $i$ -го эксперта (количество повторяющихся элементов).

$$T_1 = [(143-14) + (163-16) + (123-12)]/12 = 710.5$$

$$T_2 = [(233-23) + (123-12) + (23-2) + (63-6)]/12 = 1173$$

$$T_3 = [(213-21) + (173-17) + (43-4)]/12 = 1183$$

$$T_4 = [(203-20) + (153-15) + (33-3) + (43-4)]/12 = 952$$

$$\sum T_i = 710.5 + 1173 + 1183 + 952 = 4018.5$$

$$W = \frac{47604}{\frac{1}{12} \cdot 4^2 (43^3 - 43) - 4 \cdot 4018.5} = 0.66 \quad (\text{Б.15})$$

$W = 0.66$  говорит о наличии средней степени согласованности мнений экспертов.

Таблица Б.28. Экспертная анкета. Этап 4

Этап	Критерий	Подкритерий	№	Описание фактора	Вероятность фактора риска				
					Редкий менее 5%	Маловероятный более 5%	Возможный более 10%	Вероятный более 25%	Неизбежный более 50%
					1	2	3	4	5
Строительство	Участники проекта	Генеральный подрядчик	F65	Количество объектов введенных в эксплуатацию					
			F66	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)					
			F67	Уровень трудовой квалификации ведущих сотрудников					
			F68	Наличие и количество субподрядчиков					
			F69	Текущие строительные объекты					
			F70	Применение новых технологий					
			F71	Координация работы с субподрядной организацией					
			F72	Результаты распределения человеческих ресурсов					
			F73	Влияние ограничения рабочего времени					
			F74	экспертного заключения ( о возможности применения (замены)					
			F75	определению коэффициента уплотнения основания и обратной					
			F76	технологические возможности производства					
			F77	ресурсы(Строительные машины, компьютеризация строительного					
			F78	Уровень подготовки инженерно-бытового производства					
			F79	Основные средства производства работ					
			F80	Отсутствие структуры в организации работ					
				Логистика	F81	перебои с топливом и электроэнергией			

Этап 1. Создание экспертной комиссии.

Число факторов  $n = 43$ , Число экспертов  $m = 4$

Этап 2. Сбор мнений специалистов путем анкетного опроса.

Продолжение таблицы Б.28.

Этап	Критерий	Подкритерий	№	Описание фактора	Вероятность фактора риска				
					Редкий менее 5%	Маловероятный более 5%	Возможный более 10%	Вероятный более 25%	Неизбежный более 50%
					1	2	3	4	5
Строительство	Участники проекта	Строительная бригада	F82	Уровень трудовой квалификации					
			F83	Опыт					
			F84	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)					
			F85	Снижение производительности труда					
			F86	Несчастные случаи на производстве					
			F87	Уровень трудовой квалификации					
		Строительный контроль	F88	Опыт					
			F89	Наличие высокотехнологического оборудования					
			F90	Опыт работы с BIM					
			F91	Уровень трудовой квалификации					
		Авторский надзор	F92	Опыт					
			F93	Наличие высокотехнологического оборудования					
			F94	Опыт работы с BIM					
			F95	Уровень трудовой квалификации					
		Государственный строительный надзор	F96	Опыт					
			F97	Наличие высокотехнологического оборудования					
	F98		Качество машин и оборудования						
	Ресурсы	Оборудование	F99	Поломки оборудования					
			F100	Несвоевременный уход за оборудованием					
			F101	Хранение материалов					
		Материалы	F102	Доставка материалов					
			F103	Повреждение материалов					
			F104	Закупка материалов					
			F105	Материал не соответствует проектному решению					
F106			Ограничение в выборе поставщиков						

Оценку степени значимости параметров эксперты производят путем присвоения им рангового номера. Фактору, которому эксперт дает наивысшую оценку, присваивается ранг 1. Если эксперт признает несколько факторов равнозначными, то им присваивается одинаковый ранговый номер. На основе данных анкетного опроса составляется сводная матрица рангов.

Этап 3. Составление сводной матрицы рангов.

Таблица Б.29. Матрица рангов

№ п.п. / Эксперты	1	2	3	4
1	4	4	4	4
2	4	4	4	4
3	4	4	4	4
4	3	3	3	3
5	5	4	4	4
6	4	4	3	4
7	4	4	4	4
8	1	4	4	2
9	1	4	4	4
10	4	4	3	4
11	3	2	3	3
12	3	3	3	3
13	5	5	3	3
14	4	3	3	3
15	3	3	3	3
16	3	3	3	5

*Продолжение таблицы Б.29.*

№ п.п. / Эксперты	1	2	3	4
17	4	4	4	4
18	3	2	2	2
19	4	4	4	4
20	4	4	5	4
21	4	4	4	4
22	3	4	4	3
23	5	4	5	4
24	5	4	3	3
25	4	4	4	4
26	4	4	4	4
27	3	3	3	3
28	5	4	4	4
29	4	4	4	4
30	4	4	2	3
31	4	4	4	4
32	4	5	5	4
33	3	4	4	4
34	4	4	4	3
35	3	4	4	4
36	4	4	4	4
37	4	5	4	3

Продолжение таблицы Б.29.

№ п.п. / Эксперты	1	2	3	4
38	5	5	4	5
39	3	3	3	3
40	4	4	4	4
41	3	4	4	2
42	3	4	4	2
43	0	0	0	0

Так как в матрице имеются связанные ранги (одинаковый ранговый номер) в оценках 1-го эксперта, произведём их переформирование. Переформирование рангов производится без изменения мнения эксперта, то есть между ранговыми номерами должны сохраниться соответствующие соотношения (больше, меньше или равно). Также не рекомендуется ставить ранг выше 1 и ниже значения равного количеству параметров (в данном случае  $n = 43$ ). Переформирование рангов производится в табл.

Таблица Б.30. Переформирование рангов

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
1	0	1
2	1	2.5
3	1	2.5
4	3	10
5	3	10
6	3	10
7	3	10
8	3	10

*Продолжение таблицы Б.30.*

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
9	3	10
10	3	10
11	3	10
12	3	10
13	3	10
14	3	10
15	3	10
16	3	10
17	4	27
18	4	27
19	4	27
20	4	27
21	4	27
22	4	27
23	4	27
24	4	27
25	4	27
26	4	27
27	4	27
28	4	27
29	4	27

Продолжение таблицы Б.30.

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
30	4	27
31	4	27
32	4	27
33	4	27
34	4	27
35	4	27
36	4	27
37	4	27
38	5	40.5
39	5	40.5
40	5	40.5
41	5	40.5
42	5	40.5
43	5	40.5

Так как в матрице имеются связанные ранги в оценках 2-го эксперта, произведем их перереформирование. Перереформирование рангов производится в табл.

Таблица Б.31. Перереформирование рангов

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
1	0	1
2	2	2.5
3	2	2.5

Продолжение таблицы Б.31.

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
4	3	7
5	3	7
6	3	7
7	3	7
8	3	7
9	3	7
10	3	7
11	4	25
12	4	25
13	4	25
14	4	25
15	4	25
16	4	25
17	4	25
18	4	25
19	4	25
20	4	25
21	4	25
22	4	25
23	4	25

Продолжение таблицы Б.31.

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
24	4	25
25	4	25
26	4	25
27	4	25
28	4	25
29	4	25
30	4	25
31	4	25
32	4	25
33	4	25
34	4	25
35	4	25
36	4	25
37	4	25
38	4	25
39	4	25
40	5	41.5
41	5	41.5
42	5	41.5
43	5	41.5

Так как в матрице имеются связанные ранги в оценках 3-го эксперта, произведем их переформирование. Переформирование рангов производится в табл.

Таблица Б.32. Переформирование рангов

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
1	0	1
2	2	2.5
3	2	2.5
4	3	9.5
5	3	9.5
6	3	9.5
7	3	9.5
8	3	9.5
9	3	9.5
10	3	9.5
11	3	9.5
12	3	9.5
13	3	9.5
14	3	9.5
15	3	9.5
16	4	28
17	4	28
18	4	28
19	4	28

Продолжение таблицы Б.32.

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
20	4	28
21	4	28
22	4	28
23	4	28
24	4	28
25	4	28
26	4	28
27	4	28
28	4	28
29	4	28
30	4	28
31	4	28
32	4	28
33	4	28
34	4	28
35	4	28
36	4	28
37	4	28
38	4	28
39	4	28
40	4	28

Продолжение таблицы Б.32.

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
41	5	42
42	5	42
43	5	42

Так как в матрице имеются связанные ранги в оценках 4-го эксперта, произведем их переформирование. Переформирование рангов производится в табл.

Таблица Б.33. Переформирование рангов

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
1	0	1
2	2	3.5
3	2	3.5
4	2	3.5
5	2	3.5
6	3	12
7	3	12
8	3	12
9	3	12
10	3	12
11	3	12
12	3	12
13	3	12
14	3	12
15	3	12

Продолжение таблицы Б.33.

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
16	3	12
17	3	12
18	3	12
19	4	30
20	4	30
21	4	30
22	4	30
23	4	30
24	4	30
25	4	30
26	4	30
27	4	30
28	4	30
29	4	30
30	4	30
31	4	30
32	4	30
33	4	30
34	4	30
35	4	30
36	4	30

Продолжение таблицы Б.33.

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
37	4	30
38	4	30
39	4	30
40	4	30
41	4	30
42	5	42.5
43	5	42.5

На основании переформирования рангов строится новая матрица рангов.

Таблица Б.34. Матрица рангов

№ п.п. / Эксперты	1	2	3	4
1	27	25	28	30
2	27	25	28	30
3	27	25	28	30
4	10	7	9.5	12
5	40.5	25	28	30
6	27	25	9.5	30
7	27	25	28	30
8	2.5	25	28	3.5
9	2.5	25	28	30
10	27	25	9.5	30
11	10	2.5	9.5	12
12	10	7	9.5	12

Продолжение таблицы Б.34.

№ п.п. / Эксперты	1	2	3	4
13	40.5	41.5	9.5	12
14	27	7	9.5	12
15	10	7	9.5	12
16	10	7	9.5	42.5
17	27	25	28	30
18	10	2.5	2.5	3.5
19	27	25	28	30
20	27	25	42	30
21	27	25	28	30
22	10	25	28	12
23	40.5	25	42	30
24	40.5	25	9.5	12
25	27	25	28	30
26	27	25	28	30
27	10	7	9.5	12
28	40.5	25	28	30
29	27	25	28	30
30	27	25	2.5	12
31	27	25	28	30
32	27	41.5	42	30
33	10	25	28	30
34	27	25	28	12

Продолжение таблицы Б.34.

№ п.п. / Эксперты	1	2	3	4
35	10	25	28	30
36	27	25	28	30
37	27	41.5	28	12
38	40.5	41.5	28	42.5
39	10	7	9.5	12
40	27	25	28	30
41	10	25	28	3.5
42	10	25	28	3.5
43	1	1	1	1

Таблица Б.35. Матрица рангов

Факторы / Эксперты	1	2	3	4	Сумма рангов	d	d <sup>2</sup>
x1	27	25	28	30	110	22	484
x2	27	25	28	30	110	22	484
x3	27	25	28	30	110	22	484
x4	10	7	9.5	12	38.5	-49.5	2450.25
x5	40.5	25	28	30	123.5	35.5	1260.25
x6	27	25	9.5	30	91.5	3.5	12.25
x7	27	25	28	30	110	22	484
x8	2.5	25	28	3.5	59	-29	841
x9	2.5	25	28	30	85.5	-2.5	6.25

Продолжение таблицы Б.35.

Факторы / Эксперты	1	2	3	4	Сумма рангов	d	d <sup>2</sup>
x10	27	25	9.5	30	91.5	3.5	12.25
x11	10	2.5	9.5	12	34	-54	2916
x12	10	7	9.5	12	38.5	-49.5	2450.25
x13	40.5	41.5	9.5	12	103.5	15.5	240.25
x14	27	7	9.5	12	55.5	-32.5	1056.25
x15	10	7	9.5	12	38.5	-49.5	2450.25
x16	10	7	9.5	42.5	69	-19	361
x17	27	25	28	30	110	22	484
x18	10	2.5	2.5	3.5	18.5	-69.5	4830.25
x19	27	25	28	30	110	22	484
x20	27	25	42	30	124	36	1296
x21	27	25	28	30	110	22	484
x22	10	25	28	12	75	-13	169
x23	40.5	25	42	30	137.5	49.5	2450.25
x24	40.5	25	9.5	12	87	-1	1
x25	27	25	28	30	110	22	484
x26	27	25	28	30	110	22	484
x27	10	7	9.5	12	38.5	-49.5	2450.25
x28	40.5	25	28	30	123.5	35.5	1260.25

Продолжение таблицы Б.35.

Факторы / Эксперты	1	2	3	4	Сумма рангов	d	d <sup>2</sup>
x29	27	25	28	30	110	22	484
x30	27	25	2.5	12	66.5	-21.5	462.25
x31	27	25	28	30	110	22	484
x32	27	41.5	42	30	140.5	52.5	2756.25
x33	10	25	28	30	93	5	25
x34	27	25	28	12	92	4	16
x35	10	25	28	30	93	5	25
x36	27	25	28	30	110	22	484
x37	27	41.5	28	12	108.5	20.5	420.25
x38	40.5	41.5	28	42.5	152.5	64.5	4160.25
x39	10	7	9.5	12	38.5	-49.5	2450.25
x40	27	25	28	30	110	22	484
x41	10	25	28	3.5	66.5	-21.5	462.25
x42	10	25	28	3.5	66.5	-21.5	462.25
x43	1	1	1	1	4	-84	7056
∑	946	946	946	946	3784		51101

где

$$d = \sum x_{ij} - \frac{\sum \sum x_{ij}}{n} = \sum x_{ij} - 88 \quad (\text{Б.16})$$

Проверка правильности составления матрицы на основе исчисления контрольной суммы:

$$\sum x_{ij} = \frac{(1+n)n}{2} = \frac{(1+43)43}{2} = 946 \quad (\text{Б.17})$$

Сумма по столбцам матрицы равны между собой и контрольной суммы, значит, матрица составлена правильно.

Этап 4. Анализ значимости исследуемых факторов.

В данном примере факторы по значимости распределились следующим образом (табл.).

Расположение факторов по значимости

Таблица Б.36. Ранжирование факторов

Факторы	Сумма рангов
x43	4
x18	18.5
x11	34
x4	38.5
x12	38.5
x15	38.5
x27	38.5
x39	38.5
x14	55.5
x8	59
x30	66.5
x41	66.5
x42	66.5
x16	69
x22	75
x9	85.5
x24	87
x6	91.5

Продолжение таблицы Б.36.

Факторы	Сумма рангов
x10	91.5
x34	92
x33	93
x35	93
x13	103.5
x37	108.5
x1	110
x2	110
x3	110
x7	110
x17	110
x19	110
x21	110
x25	110
x26	110
x29	110
x31	110
x36	110
x40	110
x5	123.5
x28	123.5
x20	124

Продолжение таблицы Б.36

Факторы	Сумма рангов
x23	137.5
x32	140.5
x38	152.5

Этап 5. Оценка средней степени согласованности мнений всех экспертов.

Воспользуемся коэффициентом конкордации для случая, когда имеются связанные ранги (одинаковые значения рангов в оценках одного эксперта):

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12}m^2(n^3-n) - m \cdot \sum T_i} \quad (\text{Б.18})$$

где  $S = 51101$ ,  $n = 43$ ,  $m = 4$

$$T_i = \frac{1}{12} \cdot \sum (t_i^2 - t_i) \quad (\text{Б.19})$$

$L_i$  - число связей (видов повторяющихся элементов) в оценках  $i$ -го эксперта,  $t_i$  - количество элементов в  $i$ -й связке для  $i$ -го эксперта (количество повторяющихся элементов).

$$T_1 = [(213-21) + (133-13) + (63-6) + (23-2)]/12 = 970$$

$$T_2 = [(293-29) + (73-7) + (23-2) + (43-4)]/12 = 2063.5$$

$$T_3 = [(253-25) + (123-12) + (23-2) + (33-3)]/12 = 1445.5$$

$$T_4 = [(233-23) + (133-13) + (43-4) + (23-2)]/12 = 1199.5$$

$$\sum T_i = 970 + 2063.5 + 1445.5 + 1199.5 = 5678.5$$

$$W = \frac{51101}{\frac{1}{12} \cdot 4^2 (43^3 - 43) - 4 \cdot 5678.5} = 0.65 \quad (\text{Б.20})$$

$W = 0.65$  говорит о наличии средней степени согласованности мнений экспертов.

Благодаря экспертной оценке определены факторы риска, а также соблюдена степень согласованности мнения эксперта.

Дальнейшая обработка данных предусматривает применение математического аппарата на основе «Нечёткой логики»

## ПРИЛОЖЕНИЕ В.

### Характеристика исследуемых факторов риска

Таблица В.1. Характеристика факторов риска

Этап	№	Фактор	Вероятность	Величина влияния
Планирование	F1	Повышенная сейсмичность площадки строительства	2,8	2,8
	F2	Природно-климатические условия	2,3	1,9
	F3	Наводнения	3	2
	F4	Ландшафт местности ( равнина, холмы, и т.д)	2,2	2,2
	F5	Агрессивная окружающая среда	2,7	3,4
	F6	Зона археологического исследования	2,4	4,3
	F7	Стеснённость площадки строительства	2,8	3
	F8	Высокая транспортная нагрузка	2,6	2,5
	F9	Задержки в получении разрешений	3,7	3,9
	F10	Результаты оценка технических условий	2,5	2,8
	F11	Результаты оценки инфраструктуры	2,5	2,6
	F12	Различные требования безопасности и ограничений	2,6	3
	F13	На месте строительства имеются сооружения под снос	2,6	3
	F14	Сжатый срок строительства	3,9	3,1
Инженерные изыскания	F15	Уровень трудовой квалификации ведущих сотрудников	3,3	2,9
	F16	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)	3,3	3,1
	F17	Объекты с положительным заключением экспертизы (опыт прохождения)	2,8	2,3
	F18	Наличие и количество субподрядчиков	3,7	3,2
	F19	Текущие проекты (загруженность компании)	3,8	3,1
	F20	Применение новых технологий (отсутствие опыта использование технологий )	3,5	3,1

Продолжение таблицы В.1.

Этап	№	Фактор	Вероятность	Величина влияния
	F21	Координация работы с субподрядной организацией ( отсутствует модель работы, нет опыта )	4,3	3,3
Проектная стадия	F22	Акт ВОП	2,1	1,6
	F23	Качество проведённых изысканий	3,3	2
	F24	Полнота необходимых данных для проектирования	3,8	2,5
	F25	Уровень работы с нормативной документацией международного и федерального уровня	3,1	2,1
	F26	Результаты оценки геологии , геодезии, экологии , гидрометеорологии, геотехническая экспертиза программы работ ИГИ	2,7	2,1
	F27	Результаты геотехнического исследования, обследования состояния грунтов оснований зданий и сооружений	2,7	2
	F28	Результаты локального мониторинга компонентов окружающей среды, Разведка грунтовых строительных материалов, Локальные обследования загрязнённых грунтов и грунтовых вод	2,4	1,8
	F29	Результаты геотехнической экспертизы проекта оснований и фундаментов , научно техническое заключение по оценке карстово-суффозионной опасности площадки строительства	2,6	2,2
	F30	Результаты экспертизы ИИ	3,1	2,2
	F31	Уровень трудовой квалификации	3	2,6
	F32	Опыт работы	3,1	2,9
	F33	Опыт прохождения экспертизы	2,8	2,5
	F34	Опыт работы с объектами жилого назначения	2,8	2,2

Продолжение таблицы В.1.

Этап	№	Фактор	Вероятность	Величина влияния
	F35	Уникальность объекта (сложность геометрических форм конструкций)	3,7	3,3
	F36	Высотность объекта	3,6	3,4
	F37	Уровень оформления документации по ГОСТ	1,2	1
	F38	Алгоритм передачи информации между смежными разделами ПСД	1,9	1,6
	F39	Результаты учета природно-климатических условий (Сейсмичность район, зоны с повышенной агрессивной средой, осадки, строительство в зоне отрицательных и положительных температур)	3,3	2,6
	F40	Результаты учёта техногенных процессов (Промышленные взрывы, движение транспорта, строительство метрополитена, работа промышленного оборудования)	2,8	2,4
	F41	Результаты определения объёмов работ	2,2	1,6
	F42	Уровень трудовой квалификации	3,1	2,4
	F43	Опыт работы	3,2	2,5
	F44	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)	3,2	2,8
	F45	Уровень проработки BIM моделей	3	2,7
	F46	Уровень трудовой квалификации	2,8	1,8
	F47	Опыт работы	2,4	1,7
	F48	Уровень владения BIM технологий	1,7	1,4
	F49	Квалификация сотрудников	2,9	2
	F50	Опыт работы	2,9	2,1
	F51	Объекты	2,5	2
	F52	Уровень владения BIM технологий	1,9	1,7

Продолжение таблицы В.1.

Этап	№	Фактор	Вероятность	Величина влияния	
	F53	Результаты СТУ	3,1	2,3	
	F54	Результаты экспертизы проектной документации	2,7	2,2	
	F55	Уровень трудовой квалификации	3	2,9	
	F56	Опыт работы	3	2,6	
	F57	Опыт прохождения экспертизы	2,7	3	
	F58	Опыт работы с объектами жилого назначения	2,5	2,1	
	F59	Уровень оформление документации по ГОСТ	2,1	1,4	
	F60	Алгоритм передачи информации между смежными разделами ПСД	2,1	1,7	
	F61	Влияние смежных процессов на результат работы ( пример : инженеры ошиблись в расчете нагрузок, отверстия шахт ,влечет корректировку отверстий АР и КР	3,5	2,7	
	F62	Наличие общей информационной платформы для координации работы между заинтересованными лицами	2,8	2,1	
	F63	Опыт построения модели	2,8	2,3	
	F64	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)	2,4	2,7	
	Строительство	F65	Количество объектов введённых в эксплуатацию	2,4	2,2
		F66	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)	2,9	2,8
F67		Уровень трудовой квалификации ведущих сотрудников	2,9	2,5	
F68		Наличие и количество субподрядчиков	2,6	2,2	
F69		Текущие строительные объекты	2,2	2,3	
F70		Применение новых технологий	3	2,3	
F71		Координация работы с субподрядной организацией	2,5	1,9	
F72		Результаты распределения человеческих ресурсов	2,3	1,6	

Продолжение таблицы В.1.

Этап	№	Фактор	Вероятность	Величина влияния
	F73	Влияние ограничения рабочего времени	2,6	2,1
	F74	Результаты научно-технического экспертного заключения ( о возможности применения (замены) свай )	2,3	2,5
	F75	Результаты испытаний по определению коэффициента уплотнения основания и обратной засыпке инженерных сетей;	1,8	1,7
	F76	Физически устаревшие технологические возможности производства	2,6	2,6
	F77	Производственно-технические ресурсы(Строительные машины, компьютеризация строительного участка, наличие ПТО)	3	2,7
	F78	Уровень подготовки инженерно-бытового производства	2,7	2,3
	F79	Основные средства производства работ	3	2,6
	F80	Отсутствие структуры в организации работ	3	2,5
	F81	Дисциплина в цепях поставок, перебои с топливом и электроэнергией	3	2,4
	F82	Уровень трудовой квалификации	3,5	2,8
	F83	Опыт	3,2	2,8
	F84	Штат, кол-во ( низкое число сотрудников)	3,3	3,2
	F85	Снижение производительности труда	3,1	2,9
	F86	Несчастные случаи на производстве	2,9	1,6
	F87	Уровень трудовой квалификации	2,8	2,3
	F88	Опыт	3	2,2

Продолжение таблицы В.1.

Этап	№	Фактор	Вероятность	Величина влияния
	F89	Наличие высокотехнологического оборудования	2,1	1,6
	F90	Опыт работы с BIM	2,6	1,5
	F91	Уровень трудовой квалификации	2,6	2,2
	F92	Опыт	2,6	2,1
	F93	Наличие высокотехнологического оборудования	2,1	1,3
	F94	Опыт работы с BIM	2,4	1,6
	F95	Уровень трудовой квалификации	2,8	1,9
	F96	Опыт	2,7	1,9
	F97	Наличие высокотехнологического оборудования	2,2	1,3
	F98	Качество машин и оборудования	3,2	2,5
	F99	Поломки оборудования	3,3	2,1
	F100	Несвоевременный уход за оборудованием	3	1,6
	F101	Хранение материалов	2,5	1,4
	F102	Доставка материалов	2,5	2,1
	F103	Повреждение материалов	3,1	2,5
	F104	Закупка материалов	2,8	1,8
	F105	Материал не соответствует проектному решению	3,6	2,9
	F106	Ограничение в выборе поставщиков	2,9	2,2

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г.

## Характеристика АИП исследуемых объектов строительства

Таблица Г.1. Характеристика АИП объектов капитального строительства

Условное обозначение	Наименование объекта и адрес фактического местоположения	Показатели объекта АИП						Конструктивное решение
		Объект	Площадь застройки, м <sup>2</sup>	Строительный объем, м <sup>3</sup> (наземная + подземная части)	Общая площадь, м <sup>2</sup> (наземная + подземная части)	Количество этажей	Количество квартир /вместимость: мест / машино-мест	
<b>Группа объектов (1): жилые здания</b>								
Объект 1.1.	Жилые дома переменной этажности с подземной автостоянкой со встроенно-пристроенными первыми нежилыми этажами, встроенно-пристроенным ДОУ на 120 мест (5 жилых корпусов; подземная автостоянка 350 м/м; ДОУ - 120 мест) г. Москва, Шмитовский пр., вл. 39, Мукомольный пр., вл. 6 (Центральный административный округ)	весь комплекс	11425	506420	148118		1514 кв.	Монолитный железобетон
		1 корпус		113204	31215	48+1 подз.	389 кв.	
		2 корпус		70204	18753	45+1 подз.	206 кв.	
		3 корпус		140383	39274	42+1 подз.	424 кв.	
		4 корпус		102878	28136	38+1 подз.	363 кв.	
		5 корпус		46926	12685	8-23+1 подз.	132 кв.	
		ДОУ		12670	2888	4+1 подз.	120 чел.	
	Автостоянка			10662		350 м/м		
Объект 1.2	Жилые дома с инженерными сетями и благоустройством территории г. Москва, ул. Самеда Вургуна д.7 и д.11 (район-Аэропорт)	д.7	3100	27529	7 800	17+1 подз.	73 кв. / 21 м/м	Монолитный железобетон
		д.11	2500	23100	6300	15+1 подз.	60 кв. / 10 м/м	Монолитный железобетон
Объект 1.3.	Жилые дома, г. Москва, микр.5, корп. 4,5,6 (район Бескудниковский)	весь комплекс	5822	203226,1	55216,3		642	Монолитный железобетон
		корп. 4	1520	42923,1	9904,5	8-13 эт. +верхний технический+ тех.подполье	111 кв.	Монолитный железобетон
		корп. 5	2332	90833	27771,8	13-15-17 эт. +тех.подполье+ тех. чердак	321 кв.	Монолитный железобетон
		корп. 6	1970	69470	17540	13-15 эт. +тех чердак, тех.подполье	210 кв.	Монолитный железобетон

Продолжение таблицы Г.1.

Условное обозначение	Наименование объекта и адрес фактического местоположения	Показатели объекта АИП						
		Объект	Площадь застройки, м <sup>2</sup>	Строительный объем, м <sup>3</sup> (надземная + подземная части)	Общая площадь, м <sup>2</sup> (надземная + подземная части)	Количество этажей	Количество квартир /местимости: мест / машино-мест	Конструктивное решение
Объект 1.4.	Жилой дом, г. Москва, ул. Академика Ильюшина, д. 12 (САО, район Аэропорт)	д.12	1282	48725,7	12634,1	11 + 1 подз.	137 кв.	монолитный железобетон
Объект 1.5.	Жилой дом (стартовые площадки), г. Москва, ул. Артюхиной, д. 28А (ЮВАО, Текстильщики)	д.28А	план 1167 факт 1192	33987,4	план 7560,5 / факт 8536,6	9	план 112 кв. / факт 115 кв.	Монолитно-кирпичный
Объект 1.6.	Жилой дом с инженерными сетями и благоустройством территории г. Москва, ул. Партизанская д.28/30 (район-Кунцево)	д.28/30	1 390,90	66611,5	20589	17	256	монолитный железобетон (каркасно-стенная)
<b>Группа объектов(2): объекты народного образования</b>								
Объект 2.1.	Экспериментальная школа на 2500 мест с кванториумом на территории ПАО "Завод имени И.А. Лихачева" г. Москва, пр-т Лихачёва, дом 11 (ЮАО, Даниловский )	д.11	14311	219669,4	40829	4 + 1 подвал	2500 мест	монолитный железобетон
Объект 2.2.	Экспериментальная школа на 2100 мест (школа на 1700 мест и БНК на 400 мест), г. Москва, Люберецкие поля, кв. 11, участок под школу	кв.11	8514,21	122705	28467	4 + 1 подвал	2100 мест	монолитный железобетон
Объект 2.3.	Пристройка блока начальных классов к гимназии N1514 (225 мест), г. Москва, ул. Крупской д.12	д.12	3103	28036	4999,9	3+ 1 подвал	по плану было - 200 мест по факту- 225 мест	монолитный железобетон (монолитно-каркасные конструкции)
Объект 2.4.	Дошкольное образовательное учреждение (125 мест), г. Москва, Зоологический пер., д.10 а (на сносе здания отселенного ДОУ N521)	д.10	863	10100	1581,3	3+ 1 подзм.	125 мест	монолитный железобетон
<b>Группа объектов (3): объекты здравоохранения</b>								
Объект 3.1.	Детско-взрослая поликлиника на 750 посещений в смену, г.	вл.3	1978,65	42385,95	10785,76	6 +1 подзм.	750 посещений	монолитный железобетон

Продолжение таблицы Г.1.

Условное обозначение	Наименование объекта и адрес фактического местоположения	Показатели объекта АИП						
		Объект	Площадь застройки, м <sup>2</sup>	Строительный объем, м <sup>3</sup> (надземная + подземная части)	Общая площадь, м <sup>2</sup> (надземная + подземная части)	Количество этажей	Количество квартир /вместимость: мест / машино-мест	Конструктивное решение
	Москва, ул. Пехотная, вл.3 (район Щукино, на территории городской клинической больницы N52, уровень 2)							
<b>Группа объектов (4): объекты культуры</b>								
Объект 4.1.	Культурно-досуговый центр, г. Москва, ул. Маршала Катукова, д.8 (район Строгино, на месте сноса кинотеатра "Таджикистан")	д.8	3662,4	49800	5973,18	2 + тех.подполье	Концертный зал на 510 человек	монолитный железобетон
Объект 4.2.	Театр "Et Cetera" под руководством А.Калягина (2 очередь) (входная группа), г. Москва, Фролов пер. вл.2	вл.2	1600	16445	3800	входная группа \ 8 этажей	3800	монолитный железобетон
<b>Группа объектов (5): административные здания</b>								
Объект 5.1.	Административное здание (здание полиции), г. Москва, ул.Берзарина, вл.11/13 (район Хорошево-Мневники)	вл 11/13	1808	21860	4877	1-3+подзм.	4877	монолитный железобетон
Объект 5.2.	Административное здание со сносом существующих строений (здание Тверского и Мещанского суда), г. Москва, ул. Каланчевская, д.43 стр.1-1а	д.43 стр.1-1а	2109	79405	19760	9+3 подзм.	Тверской районный суд: 22 зала вместимостью от 45-65 чел, Мещанский районный суд 24 зала вместимостью от 45 до 63 чел	монолитный железобетон (колонно-стенная)

**ПРИЛОЖЕНИЕ Д.**  
**Акты внедрения**



**МонАрх**  
ГРУППА КОМПАНИЙ

**ООО "МонАрх-УКС"**  
123298, Россия, г. Москва, ул. 3-я Хорошевоная, д. 7, стр. 3  
тел. +7 495 221-10-06, факс: +7 495 221-10-06  
Регистрация: ОГРН 5147746194921, ИНН/КПП 7714947216/773401001  
e-mail: uks@mon-arch.ru

г. Москва

дата 27.04.2023 № 8/4  
на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

**Акт о внедрении результатов диссертационного исследования**  
**Чапидзе Отари Джемалиевича на тему:**  
**«Строительство многоэтажных жилых зданий, в условиях рисков, вызванных**  
**организационно-техническими факторами» на соискание ученой степени**  
**кандидата технических наук.**

Внедрение результатов диссертационной работы **Чапидзе Отари Джемалиевича** представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук, было выполнено на следующем объекте: **«Застройка экспериментального жилого микрорайона с жилыми домами переменной этажности» по адресу: г. Москва, поселение Десёновское, в районе дер. Яковлево. Корпус 13»**

Использование предложенного метода в диссертационном исследовании позволило выявить слабые стороны реализуемого проекта и повысить уровень организационно-технических и технологических решений, благодаря этому оптимизированы затраты и срок строительства.

Генеральный директор



А.В. Полукаров

Исполнитель: **Е.В. Азарникова**  
Телефон: +7 960 889 99 91  
Email: e.azarnikova@mon-arch.ru

*Рисунок Д.1. Акт внедрения*



ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ  
«ПАРАМЕТРИКА»  
(ООО «ПАРАМЕТРИКА»)  
115114, г. Москва, ул. Летниковская, д. 4, стр. 5, этаж мансарда, пом. 5, офис 53  
ОГРН 1217700217547, ИНН 9705155578, КПП 770501001  
тел. +7 (495) 899-00-12  
[www.parametrica.team](http://www.parametrica.team)

Исх. № 8/Ч  
от 27/04/2013

**Акт о внедрении результатов диссертационного исследования  
Чапидзе Отари Джемалиевича на тему: «Строительство многоэтажных жилых зданий, в  
условиях рисков, вызванных организационно-техническими факторами» на соискание  
ученой степени кандидата технических наук.**

Внедрение результатов диссертационной работы **Чапидзе Отари Джемалиевича** было выполнено при проектировании и строительстве объекта: **«Многоквартирные жилые дома переменной этажности с инженерными коммуникациями и благоустройством по адресу: г. Москва, СВАО, Северный район, 9-ая Северная линия, вл.3»**

ТЭП объекта строительства:

1. ГНС – 87 723,23 м<sup>2</sup>;
2. Секций – 9;
3. Этажность – 18-24.

Использование описанного в работе метода позволило на раннем этапе определить критические факторы риска и скорректировать ресурсы на их устранение. Благодаря представленной методике повысили качество выпускаемой документации, проведена переквалификация кадрового состава, за счет чего были оптимизированы затраты компании и сокращены сроки проектирования и строительства.

Директор по проектированию  
ООО «ПАРАМЕТРИКА»



А.А.Лехмус

*Рисунок Д.1. Акт внедрения*