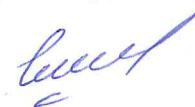


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*На правах рукописи*



**Шестерикова Яна Валерьевна**

**ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ  
КАЧЕСТВА МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В  
ПРОЦЕССЕ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

05.02.22 – Организация производства (строительство)

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:  
доктор технических наук, профессор  
**Лapidус Азарий Абрамович**

**Москва  
2021**

## Содержание

<b>1. Введение.....</b>	<b>5</b>
<b>Глава 1. Анализ современных методик оценки качества многоэтажных жилых зданий. Постановка научной проблемы.....</b>	<b>13</b>
1.1. Анализ современных методик оценки качества многоэтажных жилых зданий. Постановка научной проблемы.....	13
1.2. Основные этапы жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта.....	23
1.3. Комплексный показатель качества в строительстве.....	24
1.4. Выводы по главе.....	31
<b>Глава 2. Методологические основы оценки качества многоэтажных жилых зданий.....</b>	<b>32</b>
2.1. Принципы системотехники строительства.....	32
2.2. Метод системного анализа в строительстве.....	36
2.3. Метод квалиметрического анализа при разработке управленческих решений.....	39
2.4. Метод планирования эксперимента в строительстве.....	43
2.5. Робастные технологии в статистике.....	45
2.6. Выводы по главе.....	47
<b>Глава 3. Исследование и разработка методики оценки комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий в процессе организации строительства.....</b>	<b>49</b>
3.1. Основные параметры, оказывающие влияние на качество многоэтажных жилых зданий.....	50
3.2. Исследование основных факторов, влияющих на качество многоэтажных жилых зданий.....	56
3.2.1 Факторы, влияющие на качество многоэтажных жилых зданий на предпроектной стадии.....	56
3.2.2. Факторы, влияющие на качество многоэтажных жилых зданий на стадии инженерных изысканий.....	61

3.2.3. Факторы, влияющие на качество многоэтажных жилых зданий на стадии проектирования.....	63
3.2.4. Факторы, влияющие на качество многоэтажных жилых зданий на стадии строительства.....	66
3.3. Анализ данных, используемые при построении математической модели.....	69
3.4. Проведение эксперимента и обработка его результатов методами математической статистики.....	76
3.5. Изучение комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий при изменении показателей групп факторов.....	99
3.6. Формирование методики комплексной оценки качества многоэтажных жилых зданий.....	103
3.7. Расчет весовых показателей исследуемых факторов.....	106
3.8. Выводы по главе.....	107
<b>Глава 4. Практическое применение комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий.....</b>	<b>110</b>
4.1. Расчет комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий.....	110
4.2. Внедрение результатов диссертационного исследования.....	114
4.3. Оценка экономической эффективности повышения качества многоэтажных жилых зданий.....	124
4.4. Выводы по главе.....	129
<b>2. Заключение.....</b>	<b>131</b>
<b>3. Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.....</b>	<b>131</b>
<b>4. Список литературы.....</b>	<b>134</b>
<b>5. Приложение 1. Анкета опроса экспертов № 1.....</b>	<b>147</b>
<b>6. Приложение 2. Анкета опроса экспертов № 2.....</b>	<b>149</b>
<b>7. Приложение 3. Список работ, опубликованных автором по теме диссертации.....</b>	<b>153</b>

<b>8. Приложение 4. Расчет экономической эффективности повышения качества многоэтажных жилых зданий.....</b>	<b>155</b>
<b>9. Приложение 5. Акт о внедрении результатов диссертационного исследования.....</b>	<b>159</b>
<b>10. Приложение 6. Список сокращений.....</b>	<b>160</b>

## **Введение**

### **Актуальность темы научного исследования**

Строительство – одна из основных отраслей народного хозяйства, обеспечивающая формирование, расширение, развитие и реконструкцию зданий и сооружений различного назначения.

В настоящее время строительная отрасль сталкивается со множеством проблем. Одной из основных является повышение уровня качества строительной продукции. Опубликовано большое количество работ, в которых рассматривается данная проблема, но комплексно эта задача так и не была решена.

Качество строительства – комплексная задача, для решения которой все участники строительного процесса должны обязательно соблюдать нормы и правила, а также стандарты, установленные государством.

Данный вопрос связан с необходимостью повышения безопасности, снижения аварийности недоброкачественно построенных зданий и сооружений, со снижением эксплуатационных расходов для поддержания требуемого технического состояния объекта строительства, сроком его эксплуатации и инвестиционной привлекательностью проекта.

На сегодняшний день жилищное строительство – самый значимый сегмент рынка недвижимости. Актуальной остается проблема доступности жилья для всех слоев населения. Именно доступность жилья и обеспеченность граждан жильем оказывают влияние на демографическую ситуацию, развитие экономики в стране и на уровень жизни населения.

Для решения социальных проблем, а также для развития экономики в целом объемы строительства объектов жилой недвижимости должны быть увеличены.

Многоэтажные жилые здания занимают большой удельный вес в практике российского и мирового жилищного строительства, что напрямую связано с целью экономии городских территорий, а соответственно, существенным увеличением плотности заселения.

В диссертационной работе проведено исследование по оценке качества строительной продукции, проанализированы факторы, влияющие на его параметры, рассмотрена возможность повышения его уровня посредством введения комплексного показателя качества при возведении многоэтажных жилых зданий в процессе организации строительства.

Формирование комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий в работе рассматривается на предпроектной стадии, стадии инженерных изысканий, стадии проектирования и стадии строительства.

### **Степень разработанности темы исследования**

В рамках диссертационного исследования проанализирована и изучена нормативная и научно-техническая отечественная и зарубежная литература, посвященная вопросам качества возводимых зданий таких авторов, как Гусаков А. А., Байбурин А. Х., Теличенко В. И., Лapidус А. А., Казаков Ю. Н., Киевский И. Л. и другие.

### **Научно-техническая гипотеза**

Возможность повышения уровня качества многоэтажных жилых зданий посредством введения комплексного показателя качества.

### **Цель исследования**

Целью исследования является формирование комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий в процессе организации строительства, а также методики получения и оценки комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий, повышение эффективности принимаемых организационно-технических решений, а также создание математической модели, позволяющей определить численное значение предлагаемого многофакторного критерия.

### **Задачи исследования**

а) Анализ существующих подходов к оценке качества многоэтажных жилых зданий; выбор и обоснование методологической схемы исследования для оценки комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий в процессе организации строительства;

в) выбор, структуризация и ранжирование факторов, оказывающих влияние на качество многоэтажных жилых зданий на различных стадиях жизненного цикла проекта в процессе организации строительства;

г) создание математического аппарата для определения численного значения предлагаемого многофакторного критерия и формирование методики для расчета комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий в процессе организации строительства;

д) изучение комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий при изменении показателей различных групп факторов;

ж) установление возможности и целесообразности внедрения указанной методики в жилищное строительство; практическая апробация и внедрение предложенных решений на базе реальных проектов многоэтажных жилых зданий в процессе организации строительства; проведение оценки экономической эффективности повышения качества многоэтажных жилых зданий и разработка рекомендаций по дальнейшему использованию результатов работы.

### **Объект исследования**

Объектом исследования в диссертационной работе являются многоэтажные жилые здания.

### **Предмет исследования**

Предметом исследования являются показатели, характеризующие систему обеспечения качества, а также их влияние на проектные параметры многоэтажных жилых зданий в процессе организации строительства.

### **Научная новизна**

1. Доказана справедливость выдвинутой в работе гипотезы о возможности использования комплексного показателя для определения уровня качества многоэтажных жилых зданий в процессе организации строительства. Комплексный показатель качества является инструментом, который позволяет на различных этапах жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта в процессе организации строительства, начиная с этапа проектирования объекта и заканчивая его вводом в эксплуатацию, оценить качество многоэтажных жилых зданий.

2. Разработана математическая модель расчета комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий. Эта математическая модель выступает оптимальным средством, позволяющим успешно прогнозировать и давать оценку влияния отдельных факторов на комплексный показатель качества многоэтажных жилых зданий в процессе организации строительства.

3. Разработана методика расчета комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий. Данная методика является полноценным инструментом для участников строительства, позволяющая на различных стадиях строительного проекта при помощи такого инструмента, как комплексный показатель качества многоэтажных жилых зданий, определять уровень качества, а также корректировать организационно-технические решения при необходимости.

4. Разработана методика повышения комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий, с помощью которой можно добиться увеличения реальных показателей качества на строительном объекте за счет повышения значений отдельных факторов.

### **Теоретическая значимость работы**

Предложенные теоретические разработки являются значительным вкладом в развитие общей методологии совершенствования организационно-технических решений в сфере строительства многоэтажных жилых зданий. Эти разработки позволяют комплексно оценивать и измерять качество многоэтажных жилых зданий в процессе организации строительства.



В частности, значимость работы для теории и методологии заключается в усовершенствовании теоретических основ повышения качества и безопасности многоэтажных жилых зданий.

### **Практическая значимость работы**

– разработанная методика расчета комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий позволяет определять численное его значение с учетом влияния различных факторов в процессе организации строительства;

– разработанная и адаптированная математическая модель расчета комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий позволяет изучать влияние на величину этого параметра различных факторов;

– предложенный алгоритм расчета и корректировки (при необходимости) комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий позволяет разрабатывать меры по повышению эффективности организационно-технических решений в сфере строительства многоэтажных жилых зданий.

### **Методы исследования**

В рамках исследования были применены следующие методы:

- 1) системотехника строительства;
- 2) системный анализ;
- 3) методы экспертных оценок;
- 4) математическая статистика;
- 5) методы теории планирования эксперимента;
- 6) робастные технологии в статистике.

В диссертационной работе используются положения, содержащиеся в трудах отечественных и зарубежных ученых в области системотехники строительства.

### **Положения, выносимые на защиту**

1. Теоретические разработки, представленные в работе, являющиеся сравнительно простым и удобным инструментом определения и повышения

эффективности организационно-технических решений в сфере строительства многоэтажных жилых зданий в процессе организации строительства.

2. Результаты исследований влияния различных факторов на величину комплексного показателя качества строительства таких объектов.

3. Сведения об апробации и внедрении результатов использования предложенной методики оценки комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий в процессе организации строительства.

4. Рекомендации по дальнейшему использованию на практике результатов работы.

### **Степень достоверности результатов исследования**

Достоверность полученных результатов обусловлена применением научных методов исследования.

Кроме того, достоверность диссертационного исследования подтверждается репрезентативной выборкой, использованием обоснованных методов математической статистики, количеством проведенных наблюдений, сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований и положительными результатами апробации согласно теме диссертации.

Проходило обсуждение положений диссертационной работы на заседаниях кафедры «Технологии и организация строительного производства» ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ».

### **Апробация результатов исследования**

Результаты исследований были доложены в рамках следующих мероприятий:

1. Конференция «Актуальные вопросы в науке и практике», 2018 г.;
2. Всероссийская научная конференция «Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы – 2019»;

3. Международная научно-практическая конференция «Технологии, организация и управление в строительстве – 2020» («Technology, Organization and Management in Construction», ТОМиС–2020);

4. Семинары кафедры «Технологии и организация строительного производства» ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ».

Практическое внедрение результатов исследования осуществлялось на объектах ГК «ПИК»:

– жилой 25-этажный дом ЖК «Саларьево парк» к. 9, по адресу: г. Москва, НАО, поселение Московское;

– жилой 25-этажный дом ЖК «Саларьево парк» к. 18.2, по адресу: г. Москва, НАО, поселение Московское.

### **Личный вклад автора**

Личный вклад автора в диссертации состоит в формировании комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий в процессе организации строительства, а также в создании методики комплексной оценки качества многоэтажных жилых зданий, а также в определении заключений, устанавливающих научную новизну работы и практическую значимость, в выполнении численных исследований и оценке их результатов, оценке следствий экспериментального исследования.

### **Публикации**

Результаты выполнения поставленных задач и достижения диссертации в целом опубликованы в следующих работах:

В 2017–2020 гг. в 9 научных работах, в том числе в 6 работах в научных изданиях, входящих в действующий перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук, утвержденный Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и

науки Российской Федерации, и в 3 работах в научных изданиях, индексируемых международной реферативной базой данных Scopus.

В диссертации использованы результаты научных работ, выполненных автором – соискателем ученой степени кандидата технических наук – лично и в соавторстве. Список опубликованных научных работ Я. В. Шестериковой (лично и в соавторстве) приведен в Приложении 3.

### **Паспорт специальности**

Содержание диссертационного исследования соответствует п. п. 1, 4, 7, 9 Паспорта специальности 05.02.22 – Организация производства (строительство):

1. Разработка научных, методологических и системотехнических основ проектирования организационных структур предприятий и организации производственных процессов. Стратегия развития и планирования организационных структур и производственных процессов.

4. Моделирование и оптимизация организационных структур и производственных процессов, вспомогательных и обслуживающих производств. Экспертные системы в организации производственных процессов.

7. Анализ и синтез организационно-технических решений. Стандартизация, унификация и типизация производственных процессов и их элементов. Организация ресурсосберегающих и экологических производственных систем.

9. Разработка методов и средств организации производства в условиях технических и экономических рисков.

### **Структура диссертации**

Диссертационная работа включает в себя введение, четыре главы основного текста, заключение, список литературы, включающий 133 источника. Работа представлена на 160 страницах машинописного текста, включая 20 рисунков, 26 таблиц и 6 приложений.

## **Глава 1. Анализ современных методик оценки качества многоэтажных жилых зданий. Постановка научной проблемы**

В данной главе диссертационного исследования представлен анализ современных методик оценки качества многоэтажных жилых зданий, обозначены основные этапы жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта, рассмотрены основные подходы к определениям «качество» и «комплексный показатель качества в строительстве».

### **1.1. Анализ современных методик оценки качества многоэтажных жилых зданий. Постановка научной проблемы**

Работающая в конкурентной среде строительная организация представляет собой функционирующий механизм по производству строительной продукции (услуг и работ), необходимой обществу для удовлетворения его потребностей. Основной целью данного механизма является обеспечение продукцией, услугами или работами высокого качества.

Основой системы контроля качества, которую сегодня применяют при проведении строительных работ, являются критерии, содержащиеся в стандарте серии ISO 9000. Особенностью данного стандарта является то, что в нем учитываются предпочтения потребителей, а также возможности формирования интегрированной системы, чтобы управлять качеством. Система имеет отношение к технологиям, кадрам, финансам, маркетинговой деятельности и другим подсистемам.

Ключевая роль в реализации системы по управлению качеством принадлежит методике оценки качества.

Для оценивания качества проводится сопоставление качества и количества, установленных у свойств продукта или услуги, а также основных известных показателей. При оценке качества нельзя забывать о критериях, отображающих процессы, под воздействием которых свойства продукта могут меняться.

Под ISO 9001:2000 понимают серию международных стандартов, которые содержат определения и термины, менеджменты качества и основные принципы, требования, выдвигаемые к системе качества предприятий и организаций, и руководство для достижения устойчивого результата.

Основу стандарта составляют идеи, положения относительно теории TQM – всеобщего менеджмента качества.

Обеспечение требований, предъявляемых системами качества ISO 9001-2000 по развитию в практике строительства новых информационных передовых технологий, которые основаны на применении информационных математических моделей, на сегодня является самым обоснованным передовым направлением.

Международные стандарты серии ISO 9000 содержат определение понятия *системы менеджмента качества*. Это совокупность организационной структуры, процессов, процедур и ресурсов, которые необходимы для выполнения управления качеством, само управление качеством подразумевает совокупность методов и видов деятельности оперативного плана, которые используются для выполнения предъявленных к качеству требований.

Необходимо отметить, что системы менеджмента качества, обеспечения качества, контроля качества различаются между собой. Система контроля качества – если смотреть со стороны организации – представляет собой составной элемент системы, которая обеспечивает качество, входящая, в свою очередь, в систему менеджмента качества (по серии ISO 9000). Отличие между данными системами заключается в направленности целей, охвате, степени, с которой они влияют на уровень безопасности продукции сферы строительства.

Чтобы оценить эффективность внедрения в компанию стандарта серии ISO 9000, можно использовать выводы, полученные ассоциацией Sandholm (Сэндхолм) (Швеция). Специалисты утверждают, что увеличение вложений капитала на превентивные процедуры дает возможность снизить потери, связанные с браком, а также на 25 % снизить суммарные затраты на качество товара [108].

В современных нормативных документах содержатся требования, выдвигаемые конечным потребителем. Однако эти документы сами по себе не

могут гарантировать требуемое качество, если строительная компания системой своей структуры не обеспечивает соблюдение данных требований. Стандарты серии ISO 9000 содержат международный опыт по работе хозяйственных механизмов в рыночных условиях и условиях конкуренции. Данные международные стандарты разработаны на базе исследования международных практик и опыта в сфере разных отраслей промышленности, включая строительную. Стандарт серии ISO 9000 на сегодняшний день принят как национальный стандарт.

Тем не менее стандарты серии ISO 9000 нельзя применить непосредственно к строительной отрасли, не учитывая при этом ряда специфических параметров данной отрасли.

В строительной отрасли системы управления качеством международного уровня ограничиваются общими требованиями, достаточно формальными.

Российский вариант стандарта серии ISO 9000 переработан в рекомендации МДС 12-1.98. Данный нормативный документ разработан с целью предоставления компаниям отрасли более конкретных методических рекомендаций, которые должны удовлетворить потребности строительно-монтажных организаций (СМО).

Изложенные в документе рекомендации предназначены, в первую очередь, для инженерно-технического и руководящего персонала СМО и направлены на организацию внутри компаний системы качества, которая бы соответствовала стандарту серии ISO 9000.

В дополнение к данным рекомендациям необходимо осуществить самостоятельный подход для оптимизации системы качества с учетом конкретных задач проекта, условий труда, организационной структуры.

На сегодняшний день в России действует СП 48.13330.2019 «Организация строительства», в котором отражена лишь сравнительная оценка строительной продукции и действующих проектов и нормативов, но не показана полная оценка качества строительных объектов, включая и многоэтажное строительство.

Не существует единой методики по оценке качества строительных объектов в отрасли, которая учитывала бы специфику факторов, влияющих в целом на

качество. Приемка объектов и контроль проводится по соответствию требований проекта и норм в совокупности.

А. Х. Байбурин предложил производить оценку качества строительства посредством оценки системы качества самого строительства, а также качества технологических процессов, применяемых в строительномонтажных работах (СМР), и качества возведенных конструкций [5]. Любой из названных факторов включает несколько оцениваемых показателей. Структурная схема по комплексной оценке качества строительных и монтажных работ представлена на Рисунке 1.1.

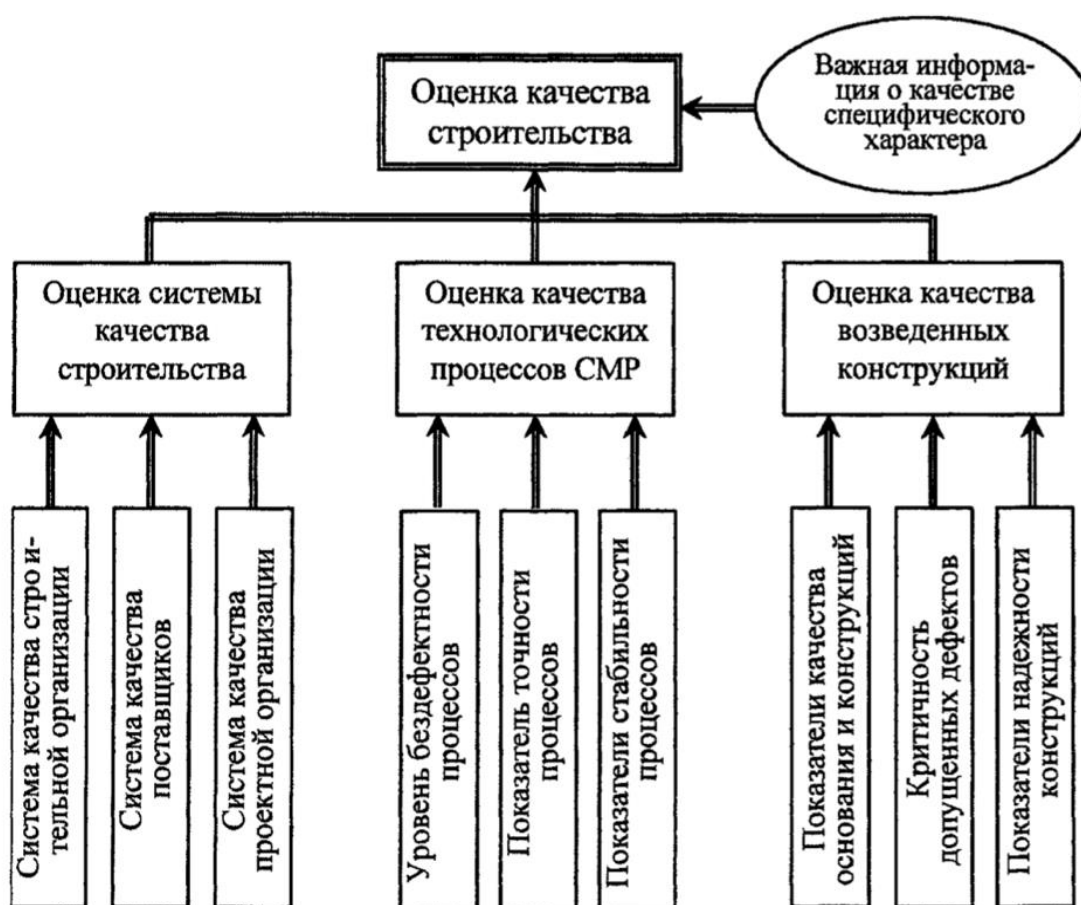


Рисунок 1.1 – Структурная схема по комплексной оценке качества строительных и монтажных работ

Проводя оценку качества строительства, можно использовать всевозможную дополнительную информацию: отзывы заказчика и потребителей, архивные материалы, прочее.



Автор также считает целесообразным визуализировать итоговую оценку по качеству СМР при помощи профилей качества, таких как схематичные пиктографики, которые изображают относительные оценки отдельно каждого оцениваемого показателя. Они помогут наглядно сравнить качество объектов, которые возводятся.

А. Ш. Магдиев и В. Б. Малехин рассматривают данный подход к оцениванию качества СМР как оптимальное сбалансированное соотношение между качеством и ценой производящейся строительной продукции [66].

Для интегральной оценки качества строительных работ используется система оценок жестких и мягких критериев, от которых зависит качество выполняемых работ.

Для возможности увидеть показатели количества мягких критериев предлагается обрабатывать информацию при помощи инструментальных средств. Они основаны на нечеткой логике при обработке данных и применяются как аналитическая модель информации с целью оценить фактическое и необходимое качество.

На основании результатов, которые удалось получить теоретическим методом, была разработана технология контроля качества в реальном времени – при использовании отклонения фактических параметров от заданных, в зависимости от качества работ по строительству и монтажу.

Разработанная авторами методика позволяет создать внутри компании систему регулирования показателя уровня качества строительной продукции, которая производится в соответствующем сегменте рынка, при этом предполагается предварительное согласование с заказчиком проекта желаемой себестоимости данного производства.

А. Х. Байбуриным разработана система проведения комплексной оценки качества при возведении гражданских зданий, позволяющая учитывать факторы, влияющие на безопасность.

Автор в диссертационной работе на тему «Комплексная оценка качества при возведении зданий гражданского строительства с учетом факторов, которые влияют на безопасность зданий» привел статистические данные.

На основании анализа причин аварий сделан вывод, что почти 60 % из них произошло по причине низкого качества работ и применяемых материалов. Аварии зданий в подавляющем большинстве случаев вызваны грубыми ошибками в проектировании, в изготовлении и монтаже, в эксплуатации, то есть связаны с человеческим фактором. Все это вызывает необходимость в дальнейшем совершенствовании теоретических основ по контролю, оценке качества, проектированию, по технологиям и организации работ, которые должны ориентироваться на обеспечение безопасности и качества [5].

М. Н. Юденко, М. В. Васильева в изданном труде [114] показывают, насколько результативна негосударственная экспертиза во время проведения комплексной оценки по качеству жилых объектов. Авторы утверждают, что результативности и эффективности негосударственной экспертизы по качеству проектов станет способствовать только процессный подход.

Национальный стандарт Российской Федерации (ГОСТ Р ИСО 9001-2015) содержит информацию о преимуществах процессного подхода в работе компаний. Здесь подразумевается применение процессного подхода, который включает целый цикл под названием PDCA (порядок такой: Планируй – Делай – Проверь – Действуй).

При его реализации можно эффективно обеспечить рабочие процессы нужными ресурсами, он позволяет внедрить управляемость процессов, выявить и использовать все возможности для улучшения – а это способствует росту результативности в целом, более эффективному достижению поставленных организацией целей.

Процессный подход позволит компании управлять процессами системы, учитывая существующие взаимосвязи между ними, улучшая, таким образом, общие результаты работы предприятия.

Особенность современных методов оценки качества строительных работ состоит в том, что они нацелены, в первую очередь, не на продукцию как таковую, а на те процессы, которые выполняются для получения продукции. Данный факт основан на утверждении о том, что когда процессы являются эффективными, тогда результат этих процессов будет соответствовать высокому уровню.

Важнейшим в современных условиях является рассмотрение качества процесса по созданию продукта в виде комплекса строго последовательных операций, формирующих в комплексе качество.

По мнению специалистов [4; 15], качество строительных продуктов нужно оценивать на таких этапах строительных работ:

а) проектирование. На предмет качества оцениваются решения, принимаемые в ходе составления проектов, их технологичность, выполнение документации проекта, качественные показатели, работа компании, разрабатывающей проект;

б) производственный процесс. На предмет качества дается оценка системы управления процессом формирования качества продукции, контроля качества в компании, в соответствии с которым проводится анализ и определяются дефекты производимой продукции, наличие или отсутствие нормативной базы, на основании которой дается оценка;

в) реализация работ. На предмет качества оцениваются работы и услуги по приемке, предпродажному хранению, продаже;

г) эксплуатация. На предмет особенностей качества происходит тщательный анализ и оценка мероприятий, разработанных и реализованных, вследствие чего появляется возможность добиться сохранения установленного качества объектов строительства в течение длительного времени, соблюдая определенные условия, задействуя специалистов соответствующей квалификации. Следует отметить и проведение работ по тепло- и электроснабжению, освещению, кондиционированию, по установке системы вентиляции, системы канализации, водоснабжения, проведение ремонтных работ, уборки и вывоза мусора, чтобы

жильцы смогли проживать в максимально комфортных условиях, рассчитывая на обслуживание и содержание дома должным образом.

При обнаружении технологических изменений параметров, специфичных погрешностей, ошибок, как было доказано практикой, нет смысла рассчитывать на действительно полное соответствие требований к объекту, что были установлены и должны выполняться в процессе проведения соответствующих работ.

По данной причине в процессе проведения экспертизы, связанной с приемкой сооружений, зданий, можно обнаружить специфичные нарушения, которые могли быть связаны с желанием застройщика сэкономить на материалах, грубыми искажениями утвержденной технологии работы, проявлением непрофессионализма рабочими. Данные аспекты заставляют задуматься о разработке методики оценки качества изделий, продукции для строительства с четко продуманными критериями, чтобы можно было говорить об ее объективном характере, использовании в процессе проверки качества работ.

Показатели качества используемой для строительства продукции определяются ее надежностью – чем и стоит руководствоваться при проверке, чтобы дать гарантию потребителям, которые покупают жилье для своих нужд.

Организационная технологическая надежность в строительстве, как считает А. А. Гусаков [26], – это экономические, организационные, технологические решения, которые сохраняют определенные качества и их границы, заложенные при разработке проекта.

Литературные источники содержат единичные и общие показатели, которые позволяют оценить строительный объект на предмет надежности.

Заслуживает внимания метод оценивания системы строительных ресурсов на предмет надежности, который предложил А. Х. Байбурин [5]. В нем применяется комплексный показатель, благодаря которому при управлении качеством продукции учитывается организация и технология.

Кроме того, необходимо обратить внимание на вопрос экономической эффективности от повышения качества строительства.

В своей работе [5] Байбурин А. Х. отмечает, что экономический эффект, получаемый при повышении качества строительства, создается за счет снижения издержек на исправление брака, роста объемов выполняемых СМР, а также за счет роста цены на строительную продукцию лучшего качества. Экономико-математическая модель по формированию эффекта основывается на эффективности системы менеджмента качества, применяемой в строительной сфере, она приведена в [64]. Если учитывать дисконтирование капитальных вложений, а также упрощение структуры формулы, то модель принимает вид [5]:

$$\Delta \mathcal{E} = \{[(\Delta I + \Delta C)(C + \Delta C) + Pn + \Delta C](1 - U_p) - \sum \Delta Z_i(C + \Delta C) - E_n K - \mathcal{I}\}(1 - H_n), \quad (1.1)$$

где  $\Delta \mathcal{E}$  выражает экономический эффект от уменьшения издержек производства, роста объемов СМР, роста стоимости продукции строительства за данный расчетный период;

под  $\Delta I$  подразумевается величина, показывающая снижение издержек производства;

$\Delta C$  – это размер прироста цены для продукции лучшего качества;

$C$  – объем СМР (плановый);

$\Delta C$  – прирост объема СМР по сравнению с плановой величиной;

$Pn$  – рентабельность строительной компании (плановая);

$U_p$  – степень риска по недополучению плановой прибыли;

$\Delta Z_i$  – размер прироста затрат, которые вызваны реализацией  $i$ -х мероприятий, направленных на повышение качества строительства;

$E_n$  – коэффициент эффективности капвложений (нормативный);

$K$  – размер капвложений, направленных на развитие систем качества за данный расчетный период;

$\mathcal{I}$  – объем штрафов (прогнозируемый) за несоблюдение требований действующих нормативов;

$H_n$  – величина ставки налога, начисляемого на прибыль.

Величину снижения издержек в строительном производстве из-за снижения числа дефектов можно рассчитать следующим образом:

$$\Delta I = \Delta M + \Delta ЭММ + \Delta Z_n + \Delta Z_k + \Delta Z_a + \Delta P_n, \quad (1.2)$$

где  $\Delta M$  указывает на размер уменьшения расходов материалов на переделку допущенных дефектов;

$\Delta ЭММ$  – величина, на которую снижаются расходы, связанные с эксплуатацией механизмов и машин;

$\Delta Z_n$  – размер снижения расходов по зарплате;

$\Delta Z$  – величина снижения затрат, связанных с контролем качества;

$\Delta Z_a$  – доля уменьшения административных расходов;

$\Delta P_n$  – размер уменьшения накладных расходов.

Проблему повышения качества строительства необходимо рассматривать в трех ракурсах, которые отражают взаимодействия «вход – процесс – выход», реализующих процессный подход:

- 1) улучшение системы по обеспечению качества строительной компании;
- 2) повышение качества СМР;
- 3) повышение безопасности и качества строительного продукта.

Данная схема по формированию экономического эффекта отражает модель оценки качества, а это дает возможность вычислить частные эффекты, ожидаемые от снижения производственных издержек, роста объемов строительных работ, повышения стоимости строительной продукции, и вместе с этим поднять уровень управляемости системы по обеспечению качества через анализ затрат, связанных с вопросом качества.

Что касается содержательной части каждого базового блока (из трех предложенных) по формированию экономического эффекта, то она имеет четкую взаимосвязь с источниками, формирующими экономический эффект. К тому же, дает возможность калькуляции затрат на качество по профилактике, оцениванию и

дефектам (метод ПОД): затраты, связанные с профилактикой дефектов; затраты, понесенные при оценивании; внутренние затраты, связанные с устранением дефектов; внешние затраты, связанные с устранением дефектов [5].

Проведя анализ современных методик оценки качества в строительстве, автор пришла к выводу, что на сегодняшний день не существует методики, которая позволяла бы комплексно, с учетом качества единичных показателей оценивать качество объекта строительства, в том числе качество многоэтажного жилого здания.

## **1.2. Основные этапы жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта**

Жизненный цикл проекта – последовательность фаз проекта, задаваемая исходя из потребностей управления проектом.

Рассмотрим пять этапов жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта:

1. **Предынвестиционный этап.** На данном этапе создается инвестиционный замысел, прорабатывается концепция объекта, обосновываются инвестиции. Контроль качества на этом этапе необходим для гарантии правильности вложения инвестиций. Контроль качества проводят в отношении технико-экономических характеристик объекта, его месторасположения, доступности ресурсов, сроков реализации.

2. **Инвестиционный этап.** На данном этапе разрабатывается план проектно-изыскательских работ, подготавливают технико-экономическое обоснование строительства, задание на проектирование, производится проектирование и экспертиза объекта строительства. Контроль качества здесь необходим для соответствия технико-экономических показателей инвестиционному замыслу и производится в отношении проектно-изыскательских работ.

3. Этап строительства. Этап, на котором происходят торги и заключение договоров с подрядными организациями и поставщиками, выполнение СМР. В данном случае целью контроля качества является соблюдение принятых проектных решений в отношении всех выполняемых работ, материалов, оборудования, исполнительной документации, сроков и т. д.

4. Этап эксплуатации. Включает в себя пуско-наладочные работы, благоустройство, сдачу в эксплуатацию объекта строительства, его непосредственную эксплуатацию, а также обслуживание, текущие и плановые ремонты. Контроль качества необходим на данном этапе для обеспечения установленного режима работы объекта и проводится по отношению к комплексу эксплуатационных работ и эксплуатационной документации.

5. Этап реконструкции (утилизации). Этап связан с выводом из эксплуатации объекта, демонтажем строительных конструкций и инженерного оборудования и систем. Важно проводить данные виды работ в соответствии с планом реконструкции (утилизации) и особое внимание уделять демонтажным работам, управлению, безопасности, исполнительной документации и т. д.

В рамках диссертационной работы автор рассматривает реализацию строительного объекта, включающую предынвестиционные исследования и планирование проекта, проектный и строительный этапы.

### **1.3. Комплексный показатель качества в строительстве**

У термина «качество» есть самые различные определения.

Стандарт ГОСТ 15467-79 гласит, что качеством называют совокупность свойств продукта, обуславливающих его способность удовлетворить конкретные потребности, исходя из его назначения [19].

Стандарт ГОСТ Р ИСО 9000-2015 утверждает, что качеством называется уровень соответствия комплекса присущих объекту свойств требованиям стандарта.



Строительные товары должны иметь такое качество, которое утверждено стандартами, техническими условиями и другими документами, выдвигающими ряд требований к нему. Кроме этого, стороны при заключении договора могут определить конкретные требования к качеству строительной продукции.

Огвоздин В. Ю. качество продукции определяет как ее свойства и характеристики, которые она получает в ходе производственного процесса, чтобы удовлетворить потребности потребителя [73].

По мнению американского специалиста А. Фейгенбаума, качество следует считать совокупностью характеристик продукта или услуги (эксплуатационных, технологических, технических). На основании этих характеристик они удовлетворяют потребности потребителя на протяжении срока эксплуатации.

Автор считает, что только потребитель может определить, насколько услуга или продукт являются качественными.

По мнению В. Яковлевой, качественным продукт является в том случае, если его свойства соответствуют целевому назначению и некоторым требованиям, определенным техническим развитием и потребительскими запросами.

Разные авторы дают различное определение понятию «качество». Характеристика дается со стороны потребителя продукции и того, кто ее производит.

Под качеством продукции понимают совокупность характеристик и свойств объекта, которые позволяют удовлетворить потребительские потребности. Целевое использование продукции, соответствие продукции заявленным требованиям (нормам, правилам, стандартам), выполнение внутренних производственных правил и норм позволяют удовлетворить данное требование.

Проведя анализ различных трактовок понятия «качество», можно сделать вывод, что большинство ученых считают, что под качеством следует понимать характеристики и свойства продукции в совокупности, благодаря которым она может удовлетворять потребительские потребности.

Но единой формулировки данного термина так и нет. На основании изложенного выше можно сказать, что качество продукции – это не только

требуемые свойства для надлежащего выполнения функций, но и характеристики, которые дают возможность максимально, насколько это только возможно, удовлетворить потребительские запросы и потребности.

Современные научные работы по строительству содержат новое направление, где описание результативности всего процесса строительства с точки зрения организационно-технических мероприятий и решений осуществляется при помощи единого «комплексного показателя качества».

Такой термин, как «комплексный показатель качества» определяется в литературных источниках как показатель качества, дающий представление о нескольких свойствах объекта. Использование такого показателя дает возможность охарактеризовать объект полностью или группу его свойств.

Каждый участник строительного проекта, выполняя свои функции, должен стремиться к тому, чтобы финансирование проекта было максимально эффективным, а также к сокращению сроков строительства и при этом к получению готового строительного продукта наилучшего качества. Оптимальное сочетание данных требований – сложнейшая задача, правильное решение которой и определит успешную реализацию проекта.

В настоящее время необходимо сформировать такой способ оценивания, который будет универсальным, сможет наглядно показать, насколько эффективны принятые организационно-технические решения.

Необходимо упомянуть про существенный вклад в данное направление следующих авторов.

Топчий Д. В. в контексте своей научной работы, посвященной организационно-технологическому моделированию строительного-монтажных работ при оценке результативности перепрофилирования объектов промышленности, смог успешно разработать инновационную технологию, позволяющую произвести расчет комплексного показателя с учетом организационно-технологической модели, отражающей воздействие организационно-технических решений СМР [104].

Бережный А. Ю. – автор исследовательской работы, посвященной зависимости показателей экологической нагрузки от организационно-технологических решений в процессе оценивания влияния строительных работ на окружающую среду, вследствие чего им разработана методика с проверкой состояния экологии конкретного региона, прогнозированием ситуации относительно изменений, если будет производиться строительство в самых разных масштабах.

Ученый полагает, что созданная методика в полной мере способствует действительно качественному управлению влиянием строительных работ на окружающую среду, чтобы осознать, какие конкретно факторы являются более вредными, вовремя предотвратить возможные неблагоприятные последствия без нанесения существенного ущерба [12].

Кожевников Д. Г. в своей диссертации написал о необходимости внедрить комплексную методику, чтобы должным образом произвести оценку показателей эффективности организации строительного производства в процессе ремонтных работ инженерных коммуникаций, считая нужным обеспечить реализацию теоретических постулатов принятия решения, учитывая особенности качества и количества при процедуре диагностики объектов инженерных коммуникаций, созданных с учетом действующих нормативов.

Автор посвятил время изучению аспектов данного направления, чтобы успешно разработать методику оценивания показателей эффективности организации производства при строительстве объектов разного назначения.

В результате удалось добиться удовлетворения потребности отрасли в проведении ремонтных работ инженерных коммуникаций с возможностью максимального сокращения не только продолжительности работ, но и затрат на материально-техническое обеспечение, вследствие чего организация-застройщик не сталкивается с непредвиденными расходами, угрозой вероятного банкротства [46].

Сайдаев Х. Л.-А. в научном исследовании полагает, что необходимо уделить внимание проблематике строительства в отсутствии инструментария оценки

строительного предприятия на уровне организации тендера, рассмотрению поданных заявок, соблюдению правил действующего законодательства.

Полученные им выводы отражены в работе об организационно-управленческой модели комплексной оценки показателей результативности предприятий в сфере строительства.

Автор посчитал необходимым представить понятие «комплексный показатель результативности» предприятия в сфере строительства, чтобы учитывать специфику полипараметричности объекта, утвержденного для исследования, с получением впоследствии заключения о проделанной работе, соответствующих выводах и рекомендациях [83].

Диссертационная работа Р. С. Фатуллаева посвящена изучению организационно-технологической модели комплексной оценки потенциала осуществления внеплановых ремонтных работ объектов разного назначения.

Исследована специфика: как происходит формирование единого механизма для грамотной аналитической работы в данном направлении. Это позволит произвести оценку: какими показателями эффективности обладает конкретный вид капитального ремонта, который не был запланирован, не была спрогнозирована его необходимость на том или ином этапе эксплуатации объекта. Механизм способствует действительно правильному выбору работ для данной цели, чтобы успешно разрешить проблему отсутствия комплексной оценки состояния объектов жилой недвижимости, вследствие чего удастся дать объяснение тем видам работ, которые пришлось выбрать в силу тех или иных причин после тщательного анализа.

Важно отметить, что появление этой проблемы сопряжено с отсутствием достаточной компетентности не специалистов, а именно владельцев квартир в доме, который, по их мнению, нуждается во внеплановом капитальном ремонте в силу воздействия определенных факторов.

Благодаря разработанной Р. С. Фатуллаевым методике, удастся понять, есть ли необходимость действительно производить тот или иной вид ремонтных работ

внепланово, чему стоит уделить повышенное внимание, какие участки стоит отремонтировать спустя некоторое время, без ущерба для их эксплуатации [106].

Работа Демидова Л. П. «Исследование зависимости потенциала строительной площадки от организационно-технологических решений» [33] решает проблему необходимости в такой методике, которая бы учла влияние принятых организационно-строительных решений на дальнейшее строительство.

Благодаря использованию данного метода можно оценить, каким будет это влияние на протяжении всего строительства, чтобы получить возможность оперативно корректировать организационно-технологические решения, которые уже применяются или еще планируются.

Использование комплексного критерия качества объектов жилой недвижимости позволяет подрядчику произвести сравнение всех возможных вариантов повышения уровня качества жилья, вследствие чего получится быть более конкурентоспособным и устанавливать цены, которые устроят как продавца, так и покупателя, участвующих в сделке по купле-продаже недвижимости.

Согласно А. Х. Байбурину [5], совокупный показатель качества монтажных и строительных работ вычисляют по следующей формуле:

$$K_{СМР} = [0,3K_{СК} + 0,15(K_{Д} + K_{Т}) + 0,05(K_{Х} + K_{С}) + 0,5(K_{R} + K_{P})]/1,7, (1.3)$$

$K_{СК}$  – показатель, оценивающий систему качества строительства;

$K_{Д}$  – коэффициент бездефектности исполняемых процессов технологического типа;

$K_{Т}$  – коэффициент точности исполняемых процессов;

$K_{С}, K_{Х}$  – коэффициенты стабильности исполняемых процессов, относящихся соответственно к непредвиденным и постоянным погрешностям (отношение общего числа постоянных параметров к количеству данных параметров);

$K_{R}$  – коэффициент снижения несущей способности;

$K_p$  – коэффициент снижения конструктивной надежности по причине допущенных дефектов.

В рамках данного диссертационного исследования комплексный показатель качества автором рассматривается с точки зрения системотехники, в качестве комплекса единичных факторов, воздействующих на качество многоэтажного жилого здания.

Когда нет инструмента прогноза, который наглядно показывает руководителям выгоду от смены ряда факторов, приводящих к существенному росту эффективности выполнения работ благодаря принятым организационно-техническим мерам, повлиять на принимаемые ими управленческие решения достаточно сложно.

Проводимые исследования направлены на формирование методики повышения эффективности технических и организационных мероприятий касательно усовершенствования качества многоэтажных жилых зданий. И потому вводится не применявшееся раньше понятие для изучаемого типа объектов – *комплексный показатель качества многоэтажных жилых зданий, или комплексный показатель результативности (КПР)*.

При помощи такого коэффициента, как комплексный показатель качества жилых многоэтажных зданий, у подрядчика есть возможность сравнивать возможные варианты по повышению уровня качества, а также делать сознательный выбор в пользу того или иного предложения.

#### **1.4. Выводы по главе**

1. Автором приведен обзор современных методик оценки качества многоэтажных жилых зданий, благодаря чему можно прийти к выводу, что на данный момент актуальной проблемой является отсутствие комплексного подхода к оцениванию качества многоэтажных жилых зданий, который помог бы учитывать комплекс имеющихся факторов, влияющих на уровень качества строительства жилых многоэтажных зданий, удовлетворить потребности строительной отрасли в

контроле качества строительного производства во время всего жизненного цикла осуществляемого проекта.

2. Обозначены основные этапы жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта. В рамках диссертационной работы автор рассматривает реализацию строительного объекта, включающую предынвестиционные исследования и планирование проекта, проектный и строительный этапы.

3. Рассмотрены понятия «качество» и «комплексный показатель качества в строительстве».

4. Введено новое понятие «комплексный показатель качества многоэтажных жилых зданий». При помощи такого коэффициента, как комплексный показатель качества жилых многоэтажных зданий, у подрядчика есть возможность сравнивать возможные варианты по повышению уровня качества, а также корректировать организационно-технические решения при необходимости, направленные на повышение эффективности строительства.

5. Обоснованы поставленные цели данного диссертационного исследования.

## **Глава 2. Методологические основы оценки качества многоэтажных жилых зданий**

В данной главе диссертационного исследования представлена основная методологическая база, применимая к исследованию поставленной проблемы.

Для решения поставленных задач выбраны следующие инструменты:

- системотехнические основы;
- методы математической статистики;
- методы экспертных оценок;
- методы квалиметрии;
- методы планирования эксперимента;
- робастные технологии в статистике.

Определены основные принципы и подходы системотехники строительства, которые предполагается использовать при формировании комплексного показателя многоэтажных жилых зданий.

### **2.1. Принципы системотехники строительства**

Проблемы выбора, а также создания методов оценивания качества возведения жилых многоэтажных зданий требуют общенаучной методики – системного подхода.

Использование системотехнического подхода базируется на представлении о том, что системообразующим фактором является строительный проект, являющийся совокупностью подсистем, этапов и элементов, кроме того – всех субъектов, участвующих в проекте, а также возможностей функционального их взаимодействия.

Системотехникой строительства называют научно-техническую дисциплину, которая во взаимосвязи, комплексно охватывает проблемы проектирования, образования, работы и развития организационных, технических,



экономических, управленческих и прочих межсистемных связей и строительных систем, помогающих добиться поставленных в строительстве целей.

Такой термин, как системотехника, известен с 60-х годов, когда и началось его быстрое развитие и широкое распространение в технике, науке, управлении и автоматизированных системах.

Говоря об автоматизированных системах в строительстве (АСС), заметим, что они, в основном, применяются как автоматизированные системы управления (АСУ) строительством (АСУС), автоматизированные системы плановых расчетов (АСПР), системы автоматизации проектных работ (САПР), автоматизированные системы обработки документации и данных (АСОД) и т. п. Обязательность применения АСС можно обосновать их взаимоподчиненностью и структурой.

Взаимная связь систем, отслеживание усложнения строящихся объектов строительства становятся важным условием результативности АСС. Из-за недостаточной взаимосвязи систем обязательно появится разобщенность существующих внутренних процессов: проектирования, планирования, организации и управления строительством. Задачи при строительстве будут успешно решены при системотехническом подходе, а также объединении отдельных ведомств и специализаций.

Опыт использования системотехники во время строительных работ дает возможность исследовать проблемы, которые возникают на пересечении проектирования с управлением, управления с планированием, проектирования с проведением экономических расчетов. Крайне важно уметь создавать связи между данными системами, соединять их разные элементы.

Методологическими основами системотехники профессор А. А. Гусаков [26] считает самые общие методологические и концептуальные принципы, например:

1. Функционально-системный.

Главная идея принципа – представление организационной структуры организации в виде системы, в которой системообразующим фактором является конкретный итог (целевая функция). Что касается системы – ее составляют самые

оптимальные параметры и факторы, помогающие, в случае взаимодействия, добиться полезных результатов.

Множество атрибутов системотехнического подхода (структура системы, факторы и параметры, количество и качество взаимосвязей между ними и т. д. ) не должны и не могут являться жесткими, а напротив – должны уметь перестраиваться и изменяться для достижения результата.

## 2. Интерактивно-графический.

Чтобы совместно «конструировать» решения до того, как производственная деятельность будет начата, и в процессе этой деятельности, часто используются интерактивные системы взаимодействия устройства обработки данных (ПК) и человека.

Интерактивные системы дают возможность эффективно решить большинство трудно формализуемых задач. Происходит передача формальных компонентов на ЭВМ, неформальные же – остаются обязанностью человека, они легко дополняют и меняют формальные компоненты с помощью диалогового режима сотрудничества человека и компьютера, выполняемого по мере решения задач.

Графическое представление данных гарантирует высокую информативность и компактность документа. Информативность графических данных воспринимается человеком намного лучше текстовых. Замена текста на графику ускоряет восприятие, а также способствует улучшению запоминания, контроля и оценки решения.

## 3. Инженерно-психологический.

Сущность данного принципа заключается в обозначении границ взаимодействия задач, которые выполняются ПК и человеком.

Использование человеком персонального компьютера позволяет улучшить психологическое, техническое, инженерно-психологическое направление.

Технологический путь взаимосвязан с развитием математического обеспечения. Инженерно-психологический путь – это заметное улучшение условий, в которых работает пользователь, его внутренние и внешние инструменты

согласованы. Психологический путь дает пояснение закономерностям обучения и готовности к определенной работе в системе взаимосвязи между человеком и машиной, используются его индивидуальные черты характера.

#### 4. Инженерно-экономический.

Суть инженерно-психологического принципа – в росте экологической эффективности, а также качества строительных работ благодаря производству оценки эффективности проектных, плановых, управленческих решений, так как грамотная оценка – это залог правильной работы строительной системы.

#### 5. Имитационно-моделирующий.

Благодаря моделирующему подходу можно за счет качественного изменения методов исследования повысить результативность принятых технических решений.

Основывается имитационно-моделирующий принцип на обобщении разных математических моделей, он соответствует особенностям сложных систем в строительстве, изменчивым ситуациям, требующим новых целей, поведения и критериев для получения желаемого результата. Формирование системы имитационных моделей дает возможность проводить изучение обратных взаимосвязей между строительным производством, управлением, проектированием.

6. Для современного научного мировоззрения вероятностный статистический принцип является основным. Он позволяет установить вероятность и статистику объектов, которые изучаются, добавляет массовость, когда объекты изучаются системно.

7. Информационно-энергетический принцип дает возможность разграничить процессы энергетического и информационного характера, что позволяет в любое время дать оценку ситуации как в данных (биты), так и в джоулях (единицы энергии). Имеется функциональная зависимость Фелкера Дж. между такими оценками.

8. Благодаря структурно-лингвистическому принципу можно формально задать любую деятельность в качестве лингвистической структуры, изучить ее,

исследовать результаты с использованием популярного аппарата структурной лингвистики.

## **2.2. Метод системного анализа в строительстве**

Модель целенаправленной системы относится к особой методике для решения вопросов, включенных в классический системный анализ, благодаря чему удастся провести оценку уже достигнутых целей с использованием специально подобранных критериев, с учетом их структуры в полной мере, без каких-либо других факторов.

Этот методологический подход позволяет определиться с комплексом задач, решение которых даст возможность ориентироваться на качество при возведении многоэтажных жилых зданий.

В основе этого метода лежит поэтапное дезагрегирование изучаемой проблемы на определенные элементы с последующей численной оценкой важности данных элементов.

Основное отличие метода – в переходе от основных к более мелким целям в совокупности. Они конкретизируют средства и пути достижения целей.

Чтобы оценить, насколько достигнута цель, необходимо использование такой системы показателей, которая будет в полной мере отвечать структуре целей.

Данный методологический подход позволяет найти такие решения, которые позволят улучшить качество строительных работ по возведению многоэтажных строений жилого типа. Метод основан на разделении элементов данной проблемы, чтобы потом оценить их важность в численном выражении.

Совокупность является основным отличием метода, когда осуществляется переход от основных целей к целям помельче. Подцели дают возможность более конкретно определить оптимальные направления и средства, которые помогут достигнуть основных поставленных целей.

Когда главные цели системы детализируются и конкретизируются, обеспечивается формирование дерева задач как иерархии целей. Это дерево

показывает, как цели связаны между собой и как подчиняются друг другу. Чтобы определить цели для системы, ориентируются на объективные потребности. Без достижения целей нижнего уровня добиться самой верхней цели просто невозможно.

Детализировать дерево целей можно на основании разных принципов. Среди них нужно отметить принцип охвата факторов, от которых зависит решение проблемы, трансформацию факторов в цели, а также проводимые мероприятия.

Целевое дерево – это ориентированный связанный граф. Интеграция его вершин осуществляется как цели, а ребра дерева показывают, как цели связаны между собой.

Структуризация позволяет разбить главные цели на подцели, что, в свою очередь, дает возможность определить объем работ, которые помогут достичь главной цели. При помощи структуризации также фиксируется соподчиненность и последовательность выполнения работ.

Чтобы построить целевое дерево в будущем, в качестве основы выступает указанная основная цель. Выполнение происходит по стадиям. Достижение целей, которые стоят на нижних уровнях, позволяет достичь более высоких целей. Только в таком случае подцели в совокупности помогут выразить цель, которая стояла изначально.

В завершении построения целевого дерева формируются необходимые значения по ряду определенных критериев, которые показывают, насколько достигнуты поставленные цели.

С помощью выстраивания дерева целей можно установить подбор для каждого из имеющихся уровней, соподчиненность этих уровней; следующей целью будет поиск коэффициента, показывающего важность элементов всех уровней, представленных деревом целей (количественный план).

Целью системного анализа, направленного на совершенствование контроля качества готовых гражданских зданий выступает разработка эталонной модели, ее внедрение. Согласно основной цели следует решить такие задачи, как

– нахождение условий, которые помогут достичь поставленных целей;

- сбор и анализ данных, улучшение качества системы контроля;
- нахождение методов, которые помогут оценить точность технологии, принимая во внимания дефекты, параметры безопасности, если имеющиеся данные определены не полностью;
- использование передового опыта зарубежных стран по контролю качества возведения гражданских зданий.

При строительстве гражданских зданий и сооружений качество оценивается по нормативному, фактическому, эксплуатационному этапам.

При нормативном оценивании строительства гражданских зданий и сооружений определяются требования в соответствии с СП, ГОСТ и другими нормативно-правовыми актами. Определение данного этапа происходит при разработке проекта и требуемых документов для осуществления СМР.

При фактическом оценивании определяется, насколько качественно строители выполнили работы, когда строительство завершается и осуществляется введение здания в эксплуатацию.

Эксплуатационное оценивание проводится, когда строительство закончено, гражданские здания и сооружения эксплуатируются.

Проблема качества строений является межотраслевой, так как возникает необходимость в разработке документов, используются различные материалы и оборудование. Именно по этой причине требуется комплексное оценивание качества, должны быть учтены все существующие зависимости.

Одновременно с тем в составе комплексной системы управления качеством продукции лежат такие принципы: системный подход, стандартизация, комплексное решение, разумные ограничения, прямые и обратные связи, оптимальность и динамичность.

Системный анализ проводится для того, чтобы определить глобальные цели в гражданском строительстве в части развития системы контроля качества. Когда имеются четко определенные цели, проявляется возможность определения и проведения анализа факторов, которые позволяют быстрее достичь поставленных целей или создают препятствия для этого.

Одним из направлений системного анализа является декомпозиция рассматриваемого строительного объекта. Среди различных направлений декомпозиции в настоящей работе представлен вариант, связанный с этапами жизненного цикла объекта.

### **2.3. Метод квалиметрического анализа при разработке управленческих решений**

Термин «квалиметрия» в качестве науки впервые ввел советский ученый Азгальдов Г. Г. [66]. Но вклад иностранных ученых, таких как Дж. Ситтег и Дж. Ван Эттингер, также нельзя не оценить.

Можно отметить, что процесс грамотного управления проектом подразумевает прогнозирование возможных последствий, работу по получению итоговых результатов, на основании которых удастся сделать выводы, составить определенные рекомендации. Руководство в этом случае должно решить вопрос, связанный с проблематикой показателей оценки качества результата, что был получен в том или ином случае. Качество в данных обстоятельствах будет представлять собой определенную суть объекта в системе понятий такой науки, как квалиметрия, изучающей способы количественной оценки параметров качества разных объектов вне зависимости от их назначения, специфики утверждения проекта и полного завершения. При этом качество объектов большей частью затрагивает их объективные критерии – так называемые особенности, по которым их можно судить. С этой целью возникает необходимость:

- определения перечня свойств, которые дают характеристику качеству;
- выявления численных показателей этих свойств;
- проведения сравнительного анализа результатов, которые были получены, с объектом, имеющим эталонные характеристики.

На практике чаще всего применяются методика экспертного оценивания, в основе ее лежат средние показатели всех оценок, которые поставила экспертная группа.

Данный метод требуется использовать, потому что нет достаточного количества объективных данных, чтобы гарантировать тождественность сделанных выводов. Чтобы не было субъективной точки зрения, для ответов экспертов применяются разные методы, что позволяет сделать решения поставленных задач более точными. Данная методика используется и для проведения квалиметрического анализа.

Исходными положениями, на которых основаны квалиметрические исследования, являются следующие.

1. Свойства, которые присущи объекту, определяют его качество. Чтобы представить суть свойств, их можно отобразить как древо качества, что позволяет упростить оценивание и нахождение требуемых составляющих. Путем проведения анализа каждой составляющей древа качества появляется возможность оценить показатели качества объекта.

2. Эксперты измеряют всё качество и его составляющие. Они ставят оценку по специально разработанной шкале.

3. Возможность количественного выражения каждого свойства. С этой целью используются такие показатели: относительный –  $K$  и вместимость –  $M$ . Так,  $K$  – показатель уровня того, насколько важным является данный показатель среди всех исследуемых,  $M$  – показатель степени свойства, которое измеряется.

4. Совокупность вместимостей ( $M$ ) на уровне, исследование которого проводится, принимается за  $1$ . В квалиметрии применяется два основных метода:

- интуитивный (эвристический), в основе которого лежит экспертная оценка;
- инструментальный, в его основе лежит использование инструментальных средств.

Метод экспертных оценок является комплексом математико-статистических и логических процедур, использование которых дает возможность получить данные от экспертов, проанализировать их и обобщить, чтобы получить верное решение по требуемому вопросу.

Подобный метод применяется тогда, когда не представляется возможным провести точные инструментальные расчеты.



Экспертная оценка – это процедура, когда проводится опрос мнений экспертов. Когда проводится экспертиза, применяется стандартный метод, суть которого в следующем:

- формируются цели будущей экспертизы;
- подбираются эксперты;
- выбирается методика опроса;
- обрабатываются полученные результаты, согласовывается полная достоверность оценки каждого эксперта.

Во время квалиметрического анализа мы ищем ответ на ряд фундаментальных вопросов:

- выявление группы экспертов с целью получения более корректного результата;
- подбор оптимального числа свойств, которые способны максимально полно охарактеризовать объект;
- подбор оптимального, с точки зрения экспертов, критерия оценки качества.

При помощи метода квалиметрического анализа мы получаем возможность исследовать искомую функцию качества  $y = f(x)$ , применяя переход от качественных терминов к количественным показателям, которые позволяют применять математический аппарат.

Осуществляя исследования путем применения метода квалиметрического анализа, мы стараемся избавиться от неопределенности, связанной с проблемами первоначальных данных ( $x$ ), оптимизации ( $f$ ) и результатов ( $y$ ).

Очень сложно преодолеть неопределенность проблем, связанных с оптимизацией. Когда неопределенными являются исходные данные и конечный результат, это частная проблема, которую эксперты решают, используя свою интуицию и богатый опыт. Они устанавливают, как дискретная оценка качества изделия связана с качеством объекта, который изучается. При этом они понимают, какие свойства реального объекта и эталона выступают полностью идентичными.

Метод квалиметрического анализа состоит из нескольких этапов:

- расчета требуемого числа экспертов, подбора группы;

– определения свойств объекта, оказывающих влияние на его качество с дальнейшей его структуризацией в иерархическое древо, учитывая при этом весовые характеристики каждого;

Число экспертов рассчитывается по формуле:

$$m = \left( \frac{tV}{M_{\%}} \right)^2, \quad (2.1)$$

где  $M$  – ошибка среднего,

$V$  – коэффициент вариации,

$t$  – квантиль естественного распределения, который отвечает указанной доверительной вероятности.

При уровне доверительной вероятности  $P = 95\%$   $t = 1,96$ .

Максимальный разброс в экспертных оценках практически никогда не превышает 50 %. Поэтому к наиболее критическим экспертизам можно применять коэффициент вариации 0,5.

– обработка результатов методами математической статистики.

Задачи, приведенные в данной диссертационной работе, можно решить лишь в случае, когда параметры математической модели будут максимально полно описывать весь исследуемый процесс, а ряд поставленных экспериментов смогут предоставить репрезентативную подборку данных.

Проведение исследований выступает крайне нетривиальной задачей. Это происходит из-за того, что поведение системы необходимо исследовать в различных состояниях, описанных разными показателями параметров ее составляющих.

В строительстве натурные эксперименты требуют значительных материальных, временных и финансовых затрат. Поэтому, опираясь на вышеописанные исходные данные, оптимальным вариантом будет являться выделение параметров, а также построение ряда экспериментов на базе принципов

квалиметрического анализа, поскольку экспертная оценка в полной мере удовлетворяет всем условиям данного исследования.

#### **2.4. Метод планирования эксперимента в строительстве**

В процессе реализации эксперимента требуется воспользоваться основными принципами планирования эксперимента, которые основываются на определении достаточного и необходимого количества опытов, а также условий, при которых эти опыты требуется проводить.

Ряд задач, которые можно решить только путем применения методов планирования эксперимента, являются чрезвычайно разнообразными. К таким задачам относятся [110]:

- построение ряда интерполяционных формул;
- поиск оптимальных условий;
- определение главных факторов;
- уточнение и оценка констант теоретических моделей;
- выбор самых приемлемых гипотез о сути;
- изучение явлений, составов, свойств диаграмм.

Отметим, что в исследованиях выделяют следующие этапы планирования эксперимента:

- 1) определение основной цели эксперимента;
- 2) определение ряда условий, необходимых для проведения опыта;
- 3) определение выходных и входных параметров;
- 4) определение необходимой точности полученных результатов измерений;
- 5) проведение эксперимента и формирование плана;
- 6) статистическая обработка полученных результатов опыта;
- 7) построение оптимальной математической модели;
- 8) анализ полученных данных.

Параметры, которые оказывают влияние на исследуемый процесс и выступают в качестве переменных в предполагаемой функциональной

зависимости, должны считаться независимыми, то есть в случае изменения значения одного показателя другие параметры тоже должны меняться. Поэтому в процессе планирования опыта требуется изучать всю имеющуюся информацию об объекте, на котором будет проводиться эксперимент, чтобы получить достоверную информацию. Независимо от того, что представляют собой факторы, они должны как реальные величины обладать целым набором признаков, необходимых для наилучшего проведения опыта, а именно:

1) должны быть управляемыми, то есть исследователь должен устанавливать и поддерживать на протяжении всего опыта значение (уровень) каждого показателя;

2) объективными, то есть каждый из факторов не должен выступать функцией иных факторов; надежность и точность их измерения должны быть высокими, а все комбинации факторов должны быть безопасными и осуществимыми;

Наличие ряда факторов, варьирующихся на нескольких уровнях, способно повлечь за собой построение плана полного факторного эксперимента следующего вида:

$$N = M^k, \quad (2.2)$$

где:  $M$  – количество уровней варьирования,  
а  $k$  – число факторов.

Важно осознавать, что с учетом всех возникающих сложностей, масштаба производства в сфере строительства подобного рода замысел достаточно проблематично воплотить в реальность, несмотря на приложенные усилия.

По данной причине для успешного разрешения возникшей дилеммы автор предлагает воспользоваться сведением к минимуму существующих факторов, чтобы воспользоваться методологией факторного анализа, а также грамотно применить сопряженные с критериями  $D$ -оптимальные планы, как только

возникнет необходимость выстроить матрицу планирования в соответствии с утвержденными параметрами и нормами.

Важно понимать, что цель факторного анализа предполагает редукцию исходной информации, выявленных сведений, чтобы понять, какая конкретно связь существует между ними. Материалами для факторного анализа в данном случае выступают именно корреляционные связи, критерии корреляции Пирсона, которые можно рассчитать через использование переменных факторов, достижение необходимых результатов с дальнейшими выводами.

Необходимо обозначить один фактор  $x_1$ , второй –  $x_2$ , а число совершенных опытов с измерением факторов –  $N$ , в то время как  $u$  будет представлять собой именно порядковый номер эксперимента, вследствие чего удастся должным образом вычислить коэффициент парной корреляции, обозначаемый  $r$ , задействуя такую формулу [78]:

$$r_{x_1x_2} = \frac{\sum_{u=1}^N (x_{1u} - \bar{x}_1)(x_{2u} - \bar{x}_2)}{\sqrt{\sum_{u=1}^N (x_{1u} - \bar{x}_1)^2 \sum_{u=1}^N (x_{2u} - \bar{x}_2)^2}}, \quad (2.3)$$

$$\bar{x}_1 = \frac{\sum_{u=1}^N x_{1u}}{N},$$

$$\bar{x}_2 = \frac{\sum_{u=1}^N x_{2u}}{N}.$$

## 2.5. Робастные технологии в статистике

Робастными называются такие статистические процедуры, которые близки к оптимальным при совпадении с реальным распределением и сохраняют свои качества, пока настоящее распределение вероятностей не сильно отличается от истинного.

Робастность процедуры основана на том, что малые изменения в распределении вызывают лишь малые изменения в качестве процедуры.

Конкретно – критерий качества процедуры определяется его поведением в рамках принятой супермодели, которая описывает возможные изменения в распределении наблюдений.

Предположим, что параметр  $\theta$  задан с помощью некоторого функционала  $T(F)$ , заданного на множестве  $\mathfrak{F}$ . Для параметра  $\theta$  обозначим через  $\mathfrak{N}$  совокупность допустимых функционалов. Существует модель  $F_0$  и задана некоторая супермодель  $\mathfrak{F}_\varepsilon(F_0) = \{F \in \mathfrak{F} : d_L(F, F_0) < \varepsilon\}$ , для любого  $F \in \mathfrak{F}$  функционал  $T(F) \in \mathfrak{N}$ . Исследуем последовательность оценок  $\{T_n\}$  вида  $T_n = T(F_n)$ ,  $F_n \in \mathfrak{F}_\varepsilon$ .

При условии, что  $T_n$  состоятельны ( $T(F_n)$  сходится по вероятности к  $T(F)$  при  $n \rightarrow \infty$  и асимптотически нормальны), выполняется условие:

$$L\{\sqrt{n}[T_n - T(F)] / \sigma_F(T_n)\} = N(0, 1) \text{ при } n \rightarrow \infty, \quad (2.4)$$

где  $\sigma_F^2(T_n)$  – асимптотическая дисперсия,

$\sqrt{n}T_n$  – оценки.

Часто используются для определения робастности оценок  $T_n$  в рамках супермодели  $\mathfrak{F}_\varepsilon(F_0)$  характеристики – асимптотическое смещение  $T(F) - T(F_0)$  или асимптотическая дисперсия  $D_F(T_n) = \sigma_F^2(T_n) / n$ .

Максимальное смещение в супермодели  $\mathfrak{F}_\varepsilon(F_0)$ :

$$\sup\{|T(F) - T(F_0)| : F \in \mathfrak{F}_\varepsilon(F_0)\}, \quad (2.5)$$

и максимальная асимптотическая дисперсия  $\sqrt{n}T_n$ :

$$\sup\{\sigma_F^2(T_n) : F \in \mathfrak{F}_\varepsilon(F_0)\}, \quad (2.6)$$

Робастные процедуры часто применяются при обработке экспертных данных. Распределение экспертных оценок существенно отличается от распределения Гаусса из-за неоднородности команды экспертов. Часто можно наблюдать большой разброс их мнений. Применение метода наименьших квадратов при оценке параметров регрессионных зависимостей опирается на постулат, что ошибки наблюдений имеют нормальное распределение. Поскольку это условие не выполняется для экспертных данных, то получаемые по методу наименьших квадратов (МНК) оценки не будут наилучшими и, возможно, будут иметь большое смещение.

Робастные процедуры ликвидируют эти недостатки.

Существуют 2 подхода:

1. Первый подход. Сначала выявляются и исключаются «нетипичные» наблюдения. Затем к оставшимся наблюдениям применяется метод МНК.

2. Второй подход. Выбирается специальная супермодель и применяется к ней метод максимального правдоподобия.

В диссертационной работе применен первый подход. В качестве робастной процедуры использована процедура «урезанное среднее заданного уровня». Взят уровень 5 %. Она обеспечивает получение достаточно эффективных и надежных оценок при наличии в выборке порядка 5 % «нетипичных наблюдений».

Использование перечисленных методов и принципов является основой для проведения эксперимента и построения на основе наиболее значимых факторов математической модели.

## **2.6. Выводы по главе**

1. Анализ, проведенный автором, позволяет отобрать самые перспективные пути решения, а также методологические подходы к проблеме оценивания и повышения уровня качества многоэтажных жилых зданий в процессе организации строительства.

2. Исследование позволило выявить необходимость использования системного подхода.

В свою очередь, системотехнический подход и его принципы позволили представить комплексный показатель качества жилых зданий в виде системы, которая состоит из взаимосвязанных подсистем между собой, выделяя ряд системообразующих факторов, без которых не представляется возможной деятельность всей системы.

3. Обосновано применение метода экспертных оценок, рассмотрены этапы и особенности организации эксперимента.

4. При обработке экспертных данных аргументирована необходимость применения робастных процедур. В работе применен следующий подход: на первом шаге выявляются и исключаются «нетипичные» наблюдения, на втором шаге к оставшимся наблюдениям применяется метод МНК.



### **Глава 3. Исследование и разработка методики оценки комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий**

После проведенного анализа литературных источников, написанных зарубежными и российскими экспертами, определены основные параметры, которые влияют на качество готового объекта строительства:

1. Исходно-разрешительная документация (ИРД).
2. Инженерные изыскания.
3. Проектная документация (ПД).
4. Организационная структура организации.
5. Используемое оборудование и материалы.
6. Осуществление строительно-монтажных работ.
7. Исполнительные и иные документы, которые необходимо оформить, чтобы сдать объект в эксплуатацию, пройти экспертизу на соответствие утвержденным нормам.

Данная глава диссертационного исследования посвящена:

- анализу основных факторов, влияющих на комплексный показатель качества многоэтажных жилых зданий на предпроектной стадии, на стадии инженерных изысканий, стадии проектирования и стадии строительства объекта;
- проведению эксперимента и обработки его результатов методами математической статистики;
- изучению поведения комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий при изменении показателей групп факторов;
- формированию методики комплексной оценки качества многоэтажных жилых зданий, а также расчету весовых показателей исследуемых факторов.

### **3.1. Основные параметры, оказывающие влияние на качество многоэтажных жилых зданий**

#### **1. Исходно-разрешительная документация**

ИРД представляет собой комплекс документации, который включает в себя следующие.

*А. Правовая документация юридического характера:*

- правоустанавливающая документация (договор аренды земельного участка, подтверждение права собственности);
- кадастровый паспорт земельного участка;
- документы, отображающие расположение инженерных коммуникаций, необходимых для ввода в эксплуатацию зданий и сооружений.

*Б. Распорядительная документация:*

- акт о выделении земельного участка;
- инвестиционный контракт;
- разрешение на снос тех или иных объектов;
- порубочный билет;
- распоряжение на формирование проекта планировки территории (ППТ).

*В. Документы территориального планирования:*

- генплан;
- правила землепользования и застройки (ПЗЗ);
- проект планировки территории (ППТ).

Необходимо отметить, для формирования градостроительного плана земельного участка (ГПЗУ) должна быть разработана схема транспортного обслуживания.

*Г. Геодезическая документация:*

- ситуационный план;
- геоподоснова;
- топосъемка;

- заключение, вынесенное по итогам проведения инженерно-экологических исследований;

- выводы по инженерно-геологическим изысканиям;

- результаты инженерно-гидрологических работ;

- акт обмера имеющихся сооружений;

- подтверждение обследования состояния зданий.

*Д. Технические условия (ТУ):*

- ТУ на подключение к инженерным сетям на период возведения объекта и после введения его в эксплуатацию;

- ТУ по мероприятиям, касающимся пожарной безопасности;

- ТУ на транспортную инфраструктуру дорожной сети;

- ТУ на подключение к IT-сетям (интернет, телефонизация и прочие слаботочные сети).

## **2. Инженерные изыскания**

Инженерные исследования для строительства сооружений и зданий различного назначения должны обеспечивать проведение комплексных изысканий природных условий площадки, района, трассы, участка проектируемого строительства, источников водоснабжения, местных строительных материалов, источников получения достаточных и необходимых материалов для разработки технически обоснованных и экономически целесообразных решений при строительстве и проектировании объектов, учитывая рациональное применение и охрану природной среды, получение информации для прогнозирования изменений в природной среде под воздействием эксплуатации и строительства предприятий, сооружений и зданий.

Комплексные инженерные изыскания включают в себя:

- инженерно-геодезические;

- инженерно-геологические;

- инженерно-экологические;

– гидрометеорологические изыскания.

### 3. Проектная документация

Градостроительный кодекс Российской Федерации (ГрК РФ) регламентирует общий состав ПД и конкретизирует состав требований к их содержанию.

В соответствии с ГрК РФ, состав проектных документов включает в себя следующие разделы:

- схема планировочной организации участка земли;
- пояснительная записка (ПЗ);
- архитектурные решения (АР);
- объемно-планировочные и конструктивные решения;
- данные об инженерной технике, сетях инженерного технического обеспечения, списке инженерных технических мероприятий, содержаниях разных технологических решений (состоит из 7 подразделов: системы электроснабжения, водоотведения, водоснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, тепловых сетей; сетей связи; системы газоснабжения; технологических решений);
- перечень мер по охране окружающей среды;
- проект организации работ для сноса или демонтажа объектов, относящихся к капитальному строительству;
- мероприятия по пожарной безопасности;
- проект организации строительства (ПОС);
- меры по обеспечению доступа для инвалидов;
- смета строительства объектов;
- прочая документация в случаях, предусмотренных федеральными законами.

#### **4. Организационная структура**

Организационная структура строительных предприятий представляет собой большое количество модификаций. Это определяется выполняемыми ими объемами СМР и рассредоточением по территории строительных объектов.

Классификация структур определяется следующими признаками:

- характером договорных взаимоотношений (контрактом): генподрядные и субподрядные;
- видом выполняемых работ: общие строительные, заключающиеся в выполнении главных видов общестроительных работ (бетонных, земляных, по монтажу конструкций и т. д.), и специализированных, состоящих в выполнении единственного вида либо комплекса однотипных работ (отделочных, кровельных, сантехнических, электромонтажных и пр.).

Компании делятся по количеству работников на малые, средние и крупные. Малыми строительными предприятиями и организациями считают такие, количество работающих в которых не более 100 человек. К средним относят коллективы с количеством от 101 до 500 сотрудников, а к крупным компаниям – те, в которых работает свыше 500 человек.

В установленной организацией системе качества необходимо предусмотреть документированные процедуры предупреждающих и корректирующих мер, направленных на устранение причин и последствий фактических или потенциальных несоответствий продукции.

#### **5. Поставляемые материалы и оборудование**

Товары, которые поставляются, должны обладать таким качеством, которое отвечает технической документации, в частности техническим условиям, которые выдвигаются к их качеству или эталонным образцам, если другие требования не установлены сторонами, когда заключается договор.

Строительные материалы должны быть максимально прочными, стойкими к воздействию внешних факторов, долговечными.

## **6. Выполнение строительного-монтажных работ**

При выполнении строительного-монтажных работ качество должно контролироваться СП 48.13330.2019 «Организация строительства».

Строительные организации должны следить за тем, чтобы здания и сооружения, которые возводятся, были максимально качественными и надежными. Для этого необходимы технические, экономические, организационные мероприятия, чтобы осуществлять контроль на всех этапах создания строительной продукции.

В состав управления качеством строительного-монтажных работ входят средства, методы, мероприятия, преследующие цель обеспечить соответствие качества СМР и объектов, строительство которых окончено по требованиям, содержащимся в проектной и нормативной документации.

В производственном контроле качества СМР должен присутствовать входной контроль рабочих документов, изделий, конструкций, оборудования и материалов, операционный контроль определенных производственных операций или строительных процессов и приемочный контроль строительных и монтажных работ. Проверяется его комплектность и достаточность содержащихся в нем технических данных для проведения работ.

В каждом случае запрещается исполнение последующих работ, если отсутствуют акты освидетельствования скрытых предшествующих работ.

На каждой стадии строительства для проверки эффективности выполненного ранее производственного контроля требуется выборочно осуществлять инспекционный контроль.

За уровнем качества СМР осуществляется контроль службами ведомственного, общественного и государственного контроля, заказчиками, а также проектными организациями.

## **7. Исполнительная и другая документация, необходимая для сдачи объекта в эксплуатацию**

Лицо, которое осуществляет строительство, согласно законодательству о градостроительной деятельности, обязано вести полную исполнительную документацию, в которую входят акты [101]:

- освидетельствования разбивочной геодезической основы для объекта капитального строительства;
- освидетельствования проведения скрытых работ;
- разбивки осей, относящихся к объекту капитального строительства на местности;
- освидетельствования значимых конструкций;
- освидетельствования участков, входящих в сеть инженерного технического обеспечения;
- комплект чертежей с надписями о соответствии выполненных работ в натуре по данным чертежам или о внесенных в них изменениях по согласованию с ответственным проектировщиком, осуществленными лицами, которые являются ответственными за производство строительных и монтажных работ;
- геодезические исполнительные чертежи и схемы;
- исполнительные профили и схемы участков сетей инженерного технического обеспечения;
- опробования и испытания технических устройств;
- результаты обследований, экспертиз, лабораторных и прочих испытаний работ, проведенных во время строительного контроля;
- документация, подтверждающая проведение контроля качества используемых строительных материалов, а также изделий;
- прочие документы, показывающие фактическое исполнение решений по проекту.

Темпы строительства не должны влиять на качество зданий и их безопасность. Проблему повышения качества многоэтажных жилых зданий

необходимо рассматривать комплексно, анализируя основные факторы, которые оказывают влияние на качество строительного объекта в целом.

### **3.2. Исследование основных факторов, влияющих на качество многоэтажных жилых зданий**

После проведенного анализа основных параметров, оказывающих влияние на качество готового объекта строительства, по результатам проведенного натурного эксперимента определены основные факторы, оказывающие влияние на комплексный показатель качества многоэтажных жилых зданий на предпроектной стадии, на стадии инженерных изысканий, стадии проектирования и стадии строительства объекта.

#### **3.2.1. Факторы, влияющие на качество многоэтажных жилых зданий на предпроектной стадии**

##### **1. Документы территориального планирования**

Документы территориального планирования – важнейший инструмент контролирования развития территорий. Планирование территорий непосредственно взаимосвязано с механизмами пользования землей, а также застройки с учетом норм ст. 9 ГрК РФ.

Цель территориального планирования – установление в документации территориального планирования предназначения территорий с учетом комплекса социальных, экологических, экономических, прочих факторов для гарантирования стабильного развития территорий, становления транспортной, инженерной, общественной инфраструктур, гарантирования учета потребностей граждан, а также их объединений, Российской Федерации в целом, ее субъектов и муниципальных формирований.



Документы, касающиеся территориального планирования, обязательны для государственных органов власти, органов местного самоуправления при утверждении ими решений, а также осуществлении принятых решений.

Документацию, касающуюся территориального планирования субъектов РФ (от 2 и больше), а также касающуюся одного субъекта РФ, муниципальных формирований, нельзя использовать в части, не соответствующей действующим документам, относящимся к планированию территорий РФ, с момента их утверждения.

## 2. Градостроительный план земельного участка (ГПЗУ)

Градостроительный план земельного участка – вид документации, касающийся территориального планирования, в котором должны содержаться обобщенные данные обо всех строительных особенностях выделенного под застройку участка земли, а также о существующих в отношении этого участка строительных ограничений.

Главная задача, которую должен решить ГПЗУ, – гарантированное предоставление застройщикам участков земли данных, требуемых при подготовке архитектурно-строительного проекта, строительстве, ремонте и восстановлении объектов недвижимости. Это нужно, чтобы строящийся объект недвижимости соответствовал большому количеству санитарных, а также архитектурных правил и норм, правил безопасности.

Данные, которые должны быть отображены в градостроительном плане участка земли, определены в ч. 3 ст. 57.3 ГрК РФ. К этим данным относятся следующие:

- касательно границ участка земли, а также кадастрового номера этого участка;
- касательно пределов зоны запланированного размещения объекта капитального строительства в соответствии с проектом территориального планирования (когда он уже утвержден);

– касательно наименьших отступов от пределов участка земли, в границах которых допустимо строить объект;

– касательно видов допустимого использования земельного участка (существуют основной, условно допустимый, вспомогательный виды);

– касательно граничных характеристик разрешенного строительства (ремонта и восстановления) объекта капстроительства, определенных градостроительным регламентом для конкретной территориальной зоны (исключения – ситуации, когда такой план составляется в отношении участка земли, на который не распространяется влияние этого регламента, либо если для определенного участка земли регламент не устанавливается);

– касательно ограничений использованием участком земли;

– касательно границ территорий с особыми условиями пользования землей, когда участок земли частично или полностью находится в пределах подобных зон (приаэродромные зоны, охранные территории инженерных сетей, водоохранные зоны, защитная прибрежная полоса и т. п.);

– касательно отсутствия или наличия в пределах участка земли объектов культурного наследия, а также касательно пределов территорий подобных объектов;

– касательно красных линий;

– касательно границ публичных сервитутов.

ГПЗУ дает возможность идентифицировать участок земли, а также установить его месторасположение касательно прочих участков земли, объектов капстроительства, линейных объектов и территорий.

Согласно ГрК РФ, источниками данных для разработки ГПЗУ выступают следующие:

– документация по территориальному планированию, а также по градостроительному зонированию;

– нормы о градостроительном проектировании;

– документы касательно планировки территорий;

– данные из ЕГРН (Единого государственного реестра недвижимости), а также государственной федеральной информационной системы планирования территорий, информационной государственной системы обеспечения градостроительных работ;

– ТУ подключения объектов капитального строительства к инженерно-техническим сетям.

Согласно утвержденному Приказу Минстроя РФ № 741/пр от 25 апреля 2017 года, форма градостроительного плана участка земли, а также правила заполнения этой формы предусматривают наличие графической и текстовой частей.

Текстовая часть обязательно должна содержать указанную в ч. 3 ст. 57.3. ГрК РФ информацию. Графическая часть должна содержать подробную схему границ земельного участка с вынесением точек по координатам, а также схематическим отображением на топографической основе. Кроме того, на чертеже необходимо отображать существующие капитальные объекты, а также зоны вероятного размещения будущих построек.

Правила выдачи градостроительных планов участков земли регламентируются ГрК РФ.

Кроме того, нужно принимать во внимание, что органами самоуправления на местах (государственными органами власти населенных пунктов федерального значения) иногда принимаются административные регламенты, которые уточняют порядок оформления градостроительных планов.

### 3. Технические условия на объекты

Технические условия на объекты – это документы, отображающие технические требования и нормы касательно объектов строительства.

В этих документах содержатся требования, дополняющие имеющиеся либо отсутствующие, касающиеся гарантирования безопасности. Также в них раскрывается специфика проектирования, строительства, эксплуатации, демонтажа

объекта. ТУ являются обязательными при приемке возведенных сооружений и зданий.

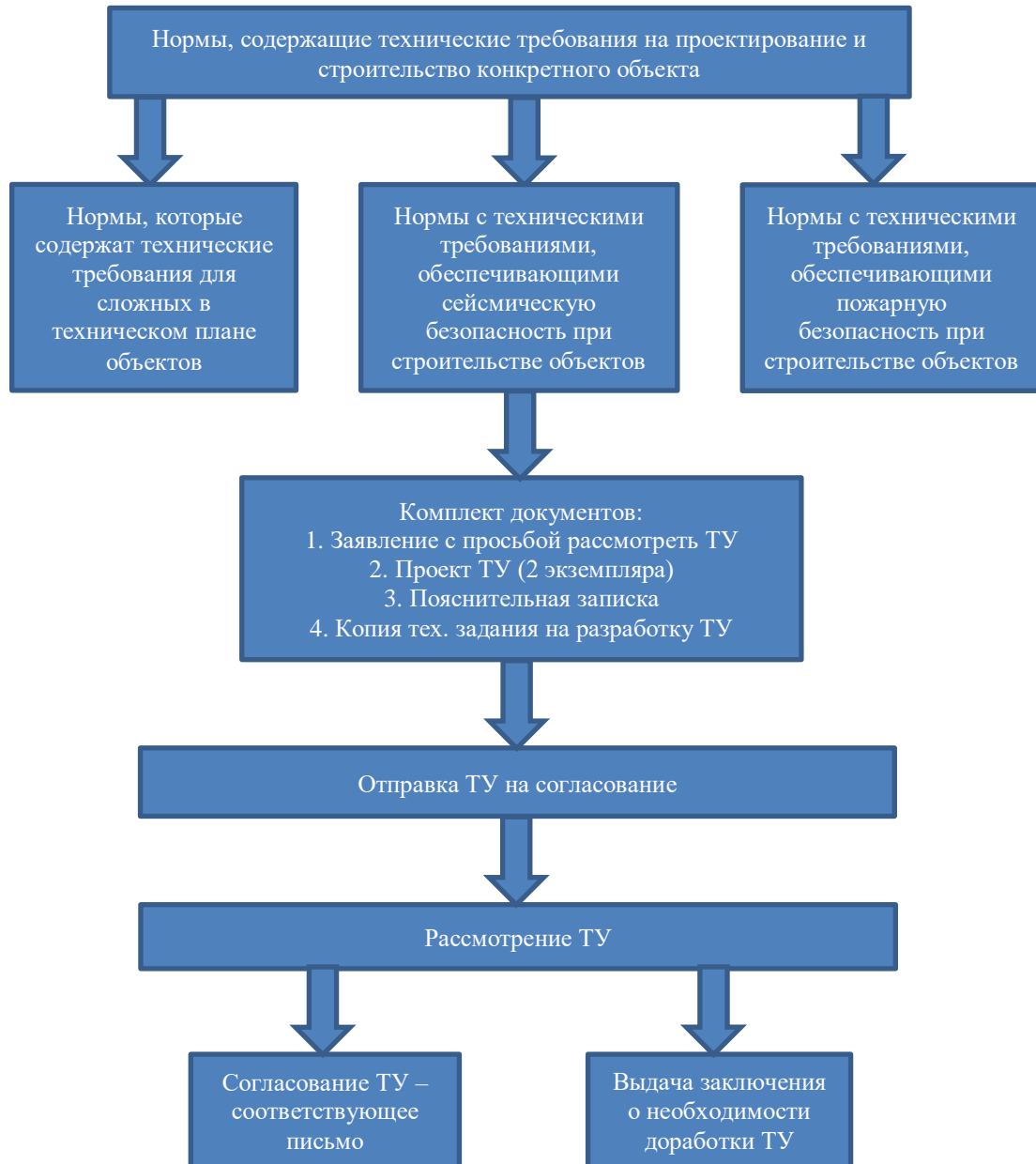


Рисунок 3.1 – Порядок согласования технических условий в строительстве

На основании действующих в РФ стандартов, технические условия в обязательном порядке должны включать в себя основные данные:

- основания для строительных работ;
- технические требования;

- список отхождений от актуальных в настоящее время технических нормативных документов, а также обоснование подобной необходимости; список мероприятий, которые могут компенсировать такие отступления;
- детальное обоснование необходимости подготовки технических условий, кроме того, те нормативные требования к возведению конкретного объекта, которые отсутствуют;
- сведения касательно названия, условий возведения, местоположения строящегося объекта;
- информацию о инвесторе (заказчике), составителе ТУ, проектной компании;
- способы контроля;
- принципы приема;
- общее описание возводимого объекта, а также главных элементов этого объекта;
- гарантии;
- схема участка земли с изображениями архитектурных и планировочных решений;
- требования безопасности, а также защиты окружающей природы.

### **3.2.2. Факторы, влияющие на качество многоэтажных жилых зданий на стадии инженерных изысканий**

#### **1. Достоверная и полная документация, касающаяся изысканий**

Документация, касающаяся следующих видов изысканий:

- 1) инженерно-гидрологических;
- 2) инженерно-экологических;
- 3) инженерно-геологических;
- 4) инженерно-геодезических.

Необходимость инженерных изысканий обусловлена важностью разработки проектной документации, возведения, ремонта объектов капитального строительства.

Разработка проектной документации, так же как и строительство, ремонт объектов капитального строительства, исходя из этой проектной документации, могут проводиться лишь при исполнении определенных инженерных изысканий.

Итоги инженерных изысканий оформляются документом о выполнении инженерных изысканий. В нем находится информация в графическом и текстовом виде, которая отображает данные относительно задачи инженерных изысканий. Кроме того, в нем отражены данные о месте расположения участка, на котором запланировано строительство, ремонт объекта капитального строительства, а также о разновидностях, объемах, сроках и способах выполнения работ, связанных с осуществлением инженерных изысканий на основании программы инженерных изысканий, также о качестве осуществленных инженерных изысканий, об итогах комплексного рассмотрения техногенных и природных условий конкретного участка, в том числе об итогах изучения, оценивания, прогнозирования вероятных преобразований в техногенных и природных условиях конкретной зоны применительно к объектам капитального строительства при проведении строительства, ремонта этого объекта, после окончания этих работ, а также об итогах оценивания воздействия строительства, ремонта подобного объекта на прочие объекты капитального строительства (ст. 47 ГрК РФ).

## 2. Использование инновационного оборудования

Инновационное оборудование часто применяется с целью осуществления различных инженерных изысканий, с его помощью можно получить очень точные показатели выполнения операций, а также необходимый уровень производительности. При этом нельзя нарушать технику безопасности, необходимо пользоваться услугами только квалифицированных специалистов.

### **3.2.3. Факторы, влияющие на качество многоэтажных жилых зданий на стадии проектирования**

1. Соблюдение проектных решений в строгом соответствии с нормативной документацией, актуальной на данный период времени

На основании п. 2 ст. 48 ГрК РФ, проектные документы – это комплекс текстовых данных, а также схем (карт), который устанавливает функционально-технологические, архитектурные, инженерно-технические, а также конструктивные решения с целью гарантирования строительства и ремонта объектов разного предназначения.

Кроме того, определение того, что такое проектная документация, приведено в ГОСТ 21.001-2013 «Система проектных документов для строительства. Общие положения».

Использование проектной документации обязательно:

- при оценке соответствия нового реконструируемого или строящегося объекта тем требованиям, которые установлены техническими регламентами перед тем, как начинать работы по строительству при выполнении негосударственной либо государственной экспертизы. Нужно обратить внимание на то, что экспертиза обязана проверить документы только на соответствие действующему законодательству, но не должна проверять соответствие пожеланиям заказчика (заданию на проектирование);
- при оценке соответствия строящегося либо ремонтирующегося объекта заданию на проектирование (осуществляется заказчиком);
- при подготовке сметы для направления денег в случае возведения (ремонта) объекта из бюджетных средств;
- при получении разрешения на возведение объекта;
- при утверждении другими ведомствами (к примеру – с автодором), в случае когда объект присоединяется к дорожной сети;

– при подготовке рабочих документов для выполнения монтажных и строительных работ на основании решений, согласованных в проектных документах.

Кроме того:

– при оценке объекта на соответствие проектным документам в случае введения в эксплуатацию, на основании п. 1 ст. 55 ГрК РФ;

– при эксплуатации здания с учетом его разрешенного использования, а также при оценке на соответствие требованиям техрегламентов, проектных документов (ст. 55.24 ГрК РФ).

## 2. Выдача технических условий на проектирование

Нужно отметить, что цель технических условий – это подтверждение допустимости подключения, установления фактических и расчетных сведений касательно лимитов и мощностей ресурсов. Кроме того, при изучении заявки на технические условия можно установить недопустимость присоединения из-за большого расстояния между объектом и сетями, достижения пределов мощности, а также из-за других причин. И потому оформление ТУ – одна из главных стадий проектирования.

### *А. ТУ на горячую и холодную воду, канализацию и отопление*

Чтобы оформить ТУ на водоотведение и водоснабжение, используются такие нормативные акты:

– Постановление Российского Правительства № 83 в части разработки технических условий, а также подключения к инженерным коммуникациям канализации, отопления, холодного водоснабжения;

– Постановление Российского Правительства № 644 в части принципов использования сетей холодного водоснабжения, а также канализации.

Необходимо, чтобы в ТУ на канализацию, воду, а также отопление отражалась следующая информация:

– возможность подключить объект к общей сети;



- пункты присоединения в пределах участка или за границами участка (в этом случае иногда нужно оформить сервитут на участок, расположенный по соседству);
- наибольшая нагрузка в вероятных точках подключения;
- дату подключения объекта к единой инженерной сети;
- период действия ТУ, на протяжении которого остаются принятые параметры подключения.

#### *Б. Технические условия на газ*

Чтобы получить техусловия, а также подключиться к системе газораспределения и газоснабжения, применяют такие нормативные акты:

- Постановление Российского Правительства № 1314;
- Постановление Российского Правительства № 713.

В случае подключения к газу ограничений во много раз больше, чем по прочим разновидностям коммунальных ресурсов. К примеру, подключение многоэтажных строений к газу осуществлять нельзя из-за повышенных мер безопасности (пожарной и т. п.).

Необходимо, чтобы в ТУ на газ были указаны следующие сведения:

- название объекта, а также адрес земельного участка;
- наибольшая нагрузка (расход в час) газа в кубометрах в час;
- период подключения со дня подписания договора на присоединение;
- период действия техусловий.

#### *В. Техусловия на электроэнергию (освещение)*

Оформление заявки на техусловия для подключения электроэнергии происходит в соответствии с такими нормативными документами:

- Постановление Российского Правительства № 83;
- Постановление Российского Правительства № 861.

Техусловия на электричество в целом соответствуют по содержанию схожим документам на инженерные сети снабжения водой. Есть особый пункт – установление наибольшей нагрузки (мощности) тех электрических приборов, которые присоединяются.

Поскольку освещение подразумевает использование электрической энергии, для подключения наружных систем освещения тоже необходимо получить техусловия согласно стандартным правилам.

### 3. Организационно-технологические стандарты компаний

СТО (стандарт организации) – это нормативный документ, который составляется для внутрикорпоративного применения.

Целью СТО является стандартизация процессов в компании с целью эффективного ведения деятельности, усовершенствования процессов производства, гарантирования стабильного качества, а также конкурентоспособности продаваемых товаров (предоставляемых услуг, исполняемых работ).

#### **3.2.4. Факторы, влияющие на качество многоэтажных жилых зданий на стадии строительства**

1. Соблюдение требований организационных и технических решений.
2. Наличие рабочей и организационно-технической документации (ППР, ТК), выданной в производство работ в установленном порядке.
3. Соблюдение последовательности работ, природно-климатические условия (производство работ в зимнее время, ветер, в ночное время суток).

#### 4. Проведение геотехнического мониторинга.

Это совокупность работ, базирующихся на реальных наблюдениях за состоянием конструкций строящегося либо реконструируемого объекта.

Цель – обеспечение безопасности строительства и эксплуатационной надежности вновь возводимых (реконструируемых) объектов и сооружений окружающей застройки и сохранности экологической обстановки.

#### 5. Объем и наличие строительного контроля.

Строительный контроль – это совокупность проверок с целью подтверждения того факта, что выполняемые работы:

а) не нарушают требований нормативных документов – технических регламентов, проекта, правил экологической и прочей безопасности;

б) проводятся с выполнением сроков строительства, а также затрат, указанных в смете.

#### 6. Применение индустриальных опалубочных систем.

Опалубка в современном строительстве играет роль вспомогательных конструкций. Применяемые типы опалубочных систем могут отличаться по материалу, форме, назначению.

Существуют различные виды опалубочных систем, которые предназначаются для использования в определенной строительной сфере. Крайне необходимо правильно подобрать требуемый вид системы. Таким образом будет оказано воздействие на сроки работы, качество строительства, технологичность процесса строительства в целом.

7. Численный и квалификационный состав, включающий специалистов с опытом работы и соответствующим уровнем квалификации.

С 1 июля 2017 года в России введен национальный реестр специалистов (НРС) в области строительства.

Национальный реестр специалистов (НРС) – это электронная база данных, которая включает в себя актуальную информацию обо всех специалистах, имеющих право выполнять работы в сфере строительства, инженерных изысканий и проектирования.

После изменения законодательства, принципиально изменились количество и качество требуемого квалификационного состава.

Для получения членства в саморегулируемой организации необходимо внести сотрудников предприятия в НРС.

Реестр строителей находится на сайте НОСТРОЙ, а реестр проектировщиков и изыскателей в НОПРИЗ НРС.

Процедура получения допуска подразделяется на вступление, на простые и опасные, технически сложные работы. При этом необходимо отметить, что на опасные работы требуется сертификат ИСО 9001 и дополнительные специалисты.

#### 8. Наличие подъемных механизмов.

В случае многоэтажного строительства используются мощные и высокие подъемные механизмы, которые называются башенными кранами. Они могут легко выполнить подъем на высоту массивных плит, балок из железобетона, а также прочих крупногабаритных строительных элементов, вес которых может достигать нескольких тонн.

9. Использование современного инженерного оборудования (систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, холодного и горячего водоснабжения и др.).

Инновационному инженерному оборудованию свойственны важные достоинства:

- максимальная автоматизация технологических процессов, когда человеческий труд используется минимально;
- незначительное расходование электроэнергии;
- возможность эксплуатации в течение продолжительного периода времени;
- высокая точность операций;
- для системы настроек свойственна высокая гибкость.

10. Полное соответствие поставляемых материалов и оборудования требованиям нормативной и проектной документации:

- условия поставки, гарантийные сроки;
- условия перевозки, а также хранения;
- свойства (долговечность, надежность, устойчивость перед возможными негативными факторами);
- полное соответствие положениям проектных и нормативных документов.

11. Акты ввода систем и технологического оборудования, а также акты о скрытых работах, которые требуется разработать в соответствии с принятым законодательством.

Те работы, которые были проведены в самой коммуникации и строительной конструкции, после завершения строительства нельзя проверить, и потому для того, чтобы подтвердить их качество, разрабатывают особые акты уже сразу после их проведения.

Подобная проверка имеет следующий механизм: до того, как коммуникации или конструкции будут закрыты, специально сформированная комиссия изучает качество проведенных работ и использованных материалов, после чего заверяет акт о скрытых работах.

### **3.3. Анализ данных, используемых при построении математической модели**

Исследовательская работа разделена на два этапа: первый сопряжен с выделением группы факторов, способных оказать существенное воздействие на качество многоэтажных жилых зданий, второй является оценкой воздействия каждого из рассмотренных факторов в отдельности, а также их взаимодействия между собой, какое влияние они оказывают друг на друга.

Использование оценки экспертов позволило добиться получения исходной информации для первого этапа исследования, вследствие чего мы подробно рассмотрели лишь те факторы, которые оказывают значительное воздействие на качество многоэтажных жилых зданий.

Автором были подобраны профессиональные эксперты, обладающие необходимыми квалификацией и опытом работы в данном направлении. В их роли выступили директора предприятий в сфере строительства, профессиональные строители, обладающие опытом возведения зданий различного назначения, главные инженеры компаний в сфере строительства, которые занимаются проектированием, контролем за соблюдением качества работ (Реестр строителей

(НРС) находится на сайте НОСТРОЙ, а реестр проектировщиков (НРС) и изыскателей в НОПРИЗ).

Минимальное необходимое количество экспертов определялось по формуле, описанной ранее.

$$m = \left( \frac{1,96 \cdot 0,5}{0,10} \right)^2 = 96. \quad (3.1)$$

Изначально эксперту предлагалось ответить *да/нет* на вопрос: оказывает ли влияние на качество многоэтажного жилого здания тот или иной из рассмотренных нами факторов.

Изучив и проанализировав зарубежную и отечественную литературу, автор пришла к выводу, что из всех изучаемых факторов на качество и безопасность строительства многоэтажных жилых зданий в наибольшей степени оказывают влияние следующие факторы:

- технические условия на объекты ( $P_1$ );
- достоверный и полный объем материалов, включающий все разделы по инженерным изысканиям (отчеты об инженерно-геодезических, об инженерно-геологических, инженерно-экологических, инженерно-гидрологических изысканиях и пр.) ( $P_2$ );
- соблюдение соответствия проектных решений требованиям СП, ГОСТ и других нормативно-технических документов, действующих на момент проведения экспертизы ( $P_3$ );
- полное соответствие поставляемых материалов и оборудования требованиям нормативной и проектной документации ( $P_4$ );
- соблюдение требований организационно-технических решений ( $P_5$ );
- соблюдение последовательности работ ( $P_6$ );
- проведение геотехнического мониторинга ( $P_7$ );
- наличие подъемных механизмов ( $P_8$ );

- численный и квалификационный состав, включающий специалистов с опытом работы и соответствующим уровнем квалификации ( $P_9$ );
- применение индустриальных опалубочных систем ( $P_{10}$ );
- использование современного инженерного оборудования ( $P_{11}$ ).

Благодаря методу экспертных оценок удалось выявить показатели значимости выбранных должным образом параметров, вследствие чего было решено обратиться к такому распространенному методу, как ранжирование, представляющему собой метод анкеты, которая составлена с учетом всех особенностей данной отрасли. В процессе изучения вопросов и последующего заполнения анкеты каждому из экспертов было поручено поставить баллы от 1 до 11 рядом с каждым из приведенных факторов, что позволило выявить в полной мере их значимость, выяснить, какое влияние они оказывают на качество работы.

Проведенный экспертный опрос позволил определить наиболее значимые восемь факторов. От оставшихся трех отказываемся в связи с допустимой потерей информации, суммарное влияние которой не превышает 5 %.

Согласованность мнения экспертов оценивалась по коэффициенту конкордации:

$$W = \frac{12 \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^m a_{ij} - \frac{1}{2} m(n+1) \right)^2}{m^2(n^3 - n)} = 0,887, \quad (3.2)$$

где  $n$  – количество факторов (11),

$m$  – количество экспертов (113),

$a$  – матрица мнений экспертов.

Далее по результатам опроса экспертов выделены наиболее значимые восемь параметров, которые оказывают наибольшее влияние на качество строительного объекта:

- технические условия на объекты ( $P_1$ );

- достоверный и полный объем материалов, включающий все разделы по инженерным изысканиям ( $P_2$ );
- соблюдение требований организационно-технических решений ( $P_5$ );
- соблюдение последовательности работ ( $P_6$ );
- проведение геотехнического мониторинга ( $P_7$ );
- наличие подъемных механизмов ( $P_8$ );
- применение промышленных опалубочных систем ( $P_{10}$ );
- использование современного инженерного оборудования ( $P_{11}$ ).

Наличие восьми факторов, которые изменяются на 3 уровнях, влечет построение плана факторного эксперимента вида:

$$N = 3^k = 3^8 = 6561, \quad (3.3)$$

где: 3 – число уровней варьирования,

$k$  – количество факторов.

Чтобы оценить качество строительства многоэтажных жилых зданий при сочетании восьми факторов, необходимо осуществить строительство 6561 объектов. В рамках данного диссертационного исследования осуществить подобный замысел невозможно, учитывая сложность производства в сфере строительства, задействование специалистов подходящей квалификации и продолжительность работ.

Для успешного решения данной проблемы автор сводит к минимуму число факторов, используя при этом методологию факторного анализа, вследствие чего использованы близкие по критериям  $D$ -оптимальные планы, учитывая и построение матрицы планирования, чтобы предусмотреть все особенности процесса должным образом.

Следует отметить, цель факторного анализа предусматривает сведение сложных данных к более простым, чтобы продумать, какая именно связь существует между ними, задействуя и критерии корреляции Пирсона, которые вычисляются между переменными факторами, что необходимо учитывать.



Для отобранных восьми факторов по результатам расчета составлена матрица интеркорреляций (Таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Матрица интеркорреляций для восьми факторов

факторы	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>
X <sub>1</sub>	1	-0,3759	0,059142	0,51557	-0,23486	-0,28062	-0,22077	-0,1868
X <sub>2</sub>	-0,3759	1	-0,13444	-0,19984	0,787293	-0,56982	0,10462	0,083246
X <sub>5</sub>	0,059142	-0,13444	1	-0,03635	-0,11486	0,785146	-0,23816	-0,19366
X <sub>6</sub>	0,51557	-0,19984	-0,03635	1	-0,31373	-0,13133	-0,18231	-0,14213
X <sub>7</sub>	-0,23486	0,787293	-0,11486	-0,31373	1	-0,10465	-0,01254	0,063788
X <sub>8</sub>	-0,28062	-0,56982	0,785146	-0,13133	-0,10465	1	-0,13394	-0,15435
X <sub>10</sub>	-0,22077	0,10462	-0,23816	-0,18231	-0,01254	-0,13394	1	0,607689
X <sub>11</sub>	-0,1868	0,083246	-0,19366	-0,14213	0,063788	-0,15435	0,607689	1

В случае, если коэффициент  $r$  равен нулю между факторами, то данные факторы являются независимыми друг от друга.

Если коэффициент корреляции до 0,5 – корреляция слабая,  $r = 0,5-0,8$  – корреляция хорошая,  $r = 0,8-0,95$  – корреляция очень хорошая,  $r = 1$  – зависимость обладает детерминированным (линейным) характером.

По итогам проведенного анализа матрицы интеркорреляций можно выделить четыре группы хорошо взаимосвязанных переменных ( $z_1, z_2, z_3$  и  $z_4$ ):

1) первая группа  $z_1$ : технические условия на объекты ( $P_1$ ) и соблюдение последовательности работ ( $P_6$ );

2) вторая группа  $z_2$ : достоверный и полный объем материалов, включающий все разделы по инженерным изысканиям ( $P_2$ ) и проведение геотехнического мониторинга ( $P_7$ );

3) третья группа  $z_3$ : соответствие требованиям организационно-технических решений ( $P_5$ ) и наличие подъемных механизмов ( $P_8$ );

4) четвертая группа  $z_4$ : применение промышленных опалубочных систем ( $P_{10}$ ) и использование современного инженерного оборудования ( $P_{11}$ ).

Эти группы переменных показаны в виде столбцов. Имеющиеся факторы показаны в виде строк. Каждой группе соответствует в строке средний показатель коэффициента корреляции факторов по данной группе.

Соответственно, удалось получить факторную матрицу.

Коэффициенты корреляции в факторной матрице являются факторными нагрузками (Таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Факторная матрица

факторы	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$
$x_1$	0,757	-0,295	-0,11	-0,203
$x_2$	-0,287	0,898	-0,307	0,094
$x_5$	0,011	-0,124	0,897	-0,215
$x_6$	0,757	-0,256	-0,083	-0,162
$x_7$	-0,274	0,898	-0,109	0,025
$x_8$	-0,401	-0,386	0,897	-0,144
$x_{10}$	-0,201	0,046	-0,185	0,808
$x_{11}$	-0,164	0,073	-0,174	0,808

Значимость всех групп факторов определяется показателем дисперсии между факторной нагрузкой и факторами.

Чтобы вычислить значение группы  $z_i$ , требуется найти во всех столбцах факторной матрицы общую сумму квадратов нагрузки каждого из факторов  $x_l$ .

Соответственно, дисперсия группы  $Dz_i$ :

$$Dz_1 = 0,737^2 - 0,287^2 + 0,011^2 + 0,757^2 - 0,274^2 - 0,401^2 - 0,201^2 - 0,164^2 = 0,1914. \quad (3.4)$$

Также определяется дисперсия групп  $Dz_2$  и  $Dz_3$ .

Весовая характеристика группы факторов определяется по формуле:

$$Y(z_i) = Dz_i/n, \quad (3.5)$$

где  $n$  – количество факторов.

Весовые характеристики показывают, какую часть дисперсии в матрице интеркорреляций занимает определенная группа  $z_i$ . Значения  $Y(z_i)$  и  $Dz_i$  приведены в Таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Расчетные значения  $Dz_i$  и  $Y(z_i)$

	Дисперсия группы	Весовая характеристика группы
Группа $z_1$	0,1914	0,0239
Группа $z_2$	0,2421	0,0303
Группа $z_3$	0,2248	0,0281
Группа $z_4$	0,1812	0,0227

Сумма значений  $D(z_i)$ :

$$D(z_i) = 0,19147 + 0,242148 + 0,224855 + 0,1812 = 0,839674 = 84 \%. \quad (3.6)$$

Это означает, что в результате факторизации матрицы интеркорреляций часть исходной информации была принесена «в жертву» построения четырехфакторной модели. В результате потеряно 16 % информации.

Данная погрешность в расчетах принимается, так как по результатам исследований выявлено, что полученная четырехфакторная модель позволяет сократить число опытов.

Наиболее значимой группой является группа  $z_2$ .

Экспертный опрос, проведенный с целью определения значимости каждого отдельного фактора для изучаемого процесса качества многоэтажных жилых зданий и парной корреляции, позволил за два этапа достигнуть решения локальной задачи диссертационного исследования, заключающегося в уменьшении количества опытов в эксперименте, позволяющим получить искомую модель, до минимально необходимого и достаточного.

### **3.4. Проведение эксперимента и обработка его результатов методами математической статистики**

На основании данных предыдущих исследований мы установили, что существует четыре действенных фактора ( $z_1, z_2, z_3, z_4$ ), которые существенно влияют на функцию отклика  $Y$ .

Как следствие, наш эксперимент является многофакторным. Учитывая то, что искомая модель представляет собой статистическую, а процессы, которые исследуются, имеют вероятностный характер, очевидно, функция отклика  $Y$  подчиняется корреляционной зависимости от влияющих на нее факторов  $z_i$ . А это приводит к определению серии различных значений для выходного параметра, если значение фактора фиксировано.

В связи с этим цель данного многофакторного эксперимента состоит в поиске математической модели, представляющей собой регрессионное уравнение, адекватно описывающее результаты опыта.

В настоящем диссертационном исследовании для выполнения эксперимента нужно найти достаточное число опытов, а также условий, в которых они должны проводиться, достаточных и необходимых для решения стоящих перед нами задач

с необходимой точностью. Решить эту задачу можно с помощью теории планирования эксперимента.

Так можно минимизировать затраты и время при проведении экспериментов, а при необходимости, и модернизировать математическую модель, не потеряв при этом имеющуюся информацию. Проведение процедуры планирования эксперимента способствует эффективному решению ряда важных задач во время проведения опытов:

- минимизации общего числа опытов;
- возможности одновременно варьировать переменные, определяющие процесс, применяя соответствующие алгоритмы;
- использованию специального математического аппарата, позволяющего формализовать действия экспериментатора;
- выбору стратегии, которая позволит принимать достаточно обоснованные решения;
- правильному составлению плана эксперимента, что позволит избежать корреляции коэффициентов уравнения регрессии.

Чтобы использовать метод планирования эксперимента, нужно найти, а затем решить локальные задачи:

- определить сочетание групп факторов, а также сколько этих сочетаний потребуется взять, чтобы определить функции отклика;
- определить точность функции отклика;
- определить коэффициенты данного регрессионного уравнения;
- использовать полученную функцию отклика для нахождения самых эффективных показателей значения функции  $Y$ .

Чтобы построить эффективную математическую модель, следует найти диапазоны изменения факторов, так как от этого зависит область определения функции цели  $Y$ .

В данном случае поиск решения приходится на факторное пространство, образованное координатными осями каждого из факторов.

Факторы при этом необходимо преобразовать в безразмерные величины (кодированные).

$$z_i = \frac{(z_i - z_0)}{dz_i}, \quad (3.7)$$

где  $z_i$  – кодированное значение фактора,

$z_i$  – значение фактора ( $i$ ) в натуральном масштабе.

$$dz_i = \frac{z_{i\max} - z_{i\min}}{2}, \quad (3.8)$$

$$z_0 = \frac{z_{i\max} + z_{i\min}}{2}. \quad (3.9)$$

Каждый из кодированных факторов  $z_i$  принимать может лишь определенные значения, равные -1; 0 либо +1. Иначе говоря, область планирования представляет собой гиперкуб (Рисунок 3.2), имеющий параметры:

$$-1 \leq z_i \leq 1, \quad (3.10)$$

здесь  $i = 1, 2, 3, 4$ .

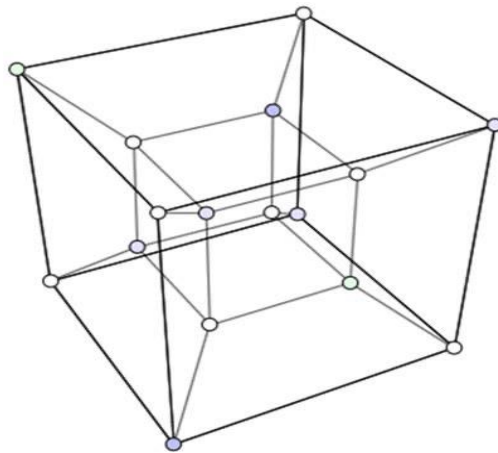


Рисунок 3.2 – Факторное пространство «Гиперкуб», образованное четырьмя факторами

При этом факторы должны подчиняться определенным критериям: иметь значительное влияние на конечное значение КПП, подчиняться однозначному описанию, а также качественно варьироваться на всех трех уровнях: на нижнем (его кодированное значение равно -1), основном уровне (с кодированным значением, равным 0), а также верхнем уровне (величина кодированного значения +1).

Благодаря консультациям с экспертами и работе со строительными специалистами удалось определить восемь основных факторов, отвечающих указанным выше критериям.

Проведя анализ полученной информации и систематизировав данные, удалось определить также и качественную интерпретацию уровней варьирования:

### 1. Технические условия на объекты ( $P_1$ )

Данный фактор определяется наличием документации, отражающей технические нормы и требования по отношению к объектам строительства на подключение к сетям инженерно-технического обеспечения, то есть к электричеству, при необходимости – к газоснабжению, к системам водоснабжения и водоотведения (канализации) и к теплоснабжению.

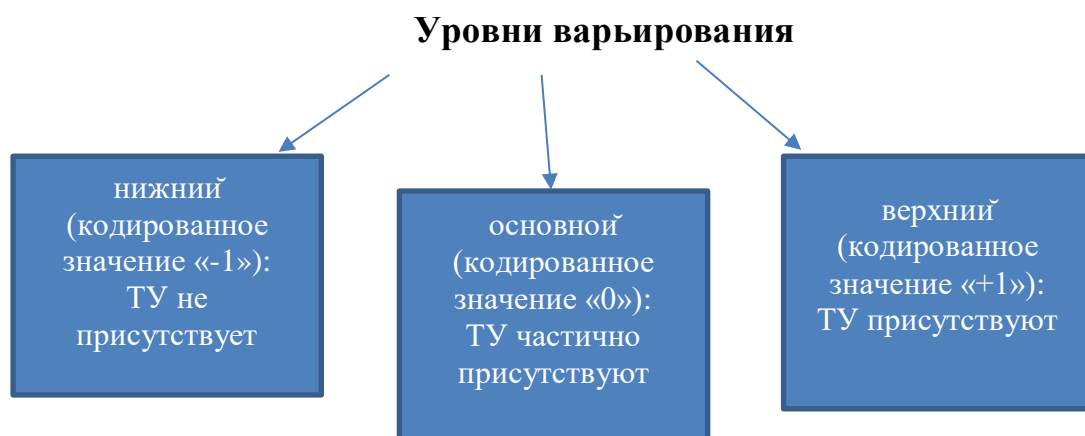


Рисунок 3.3 – Уровни варьирования фактора  $P_1$

## 2. Достоверный и полный объем материалов, включающий все разделы по инженерным изысканиям ( $P_2$ )

Данный фактор определяется достоверностью и полнотой материалов по инженерным изысканиям:

- инженерно-геологическим;
- инженерно-геодезическим;
- инженерно-экологическим;
- инженерно-гидрологическим.

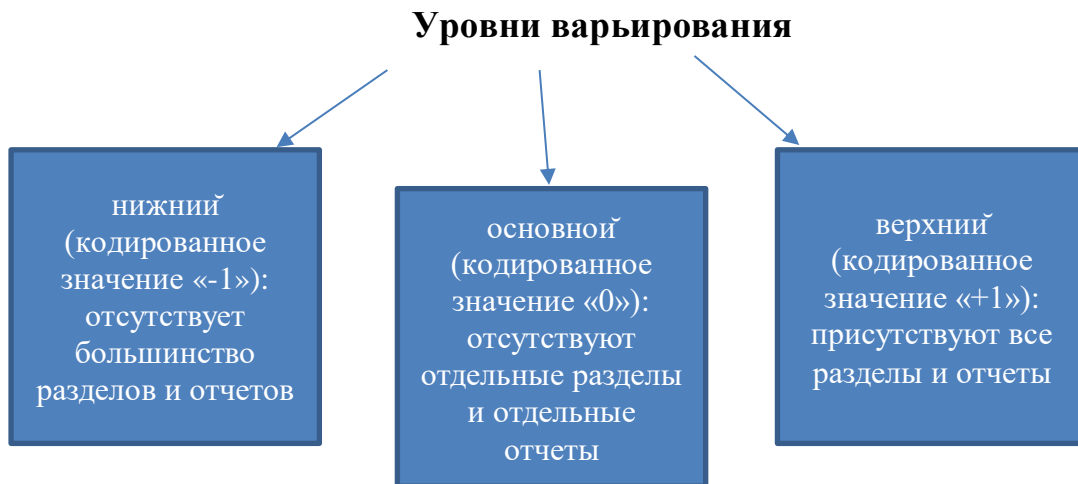


Рисунок 3.4 – Уровни варьирования фактора  $P_2$

## 3. Соблюдение требований организационно-технических решений ( $P_5$ )

Данный фактор характеризуется соблюдением требований организационно-технических решений.



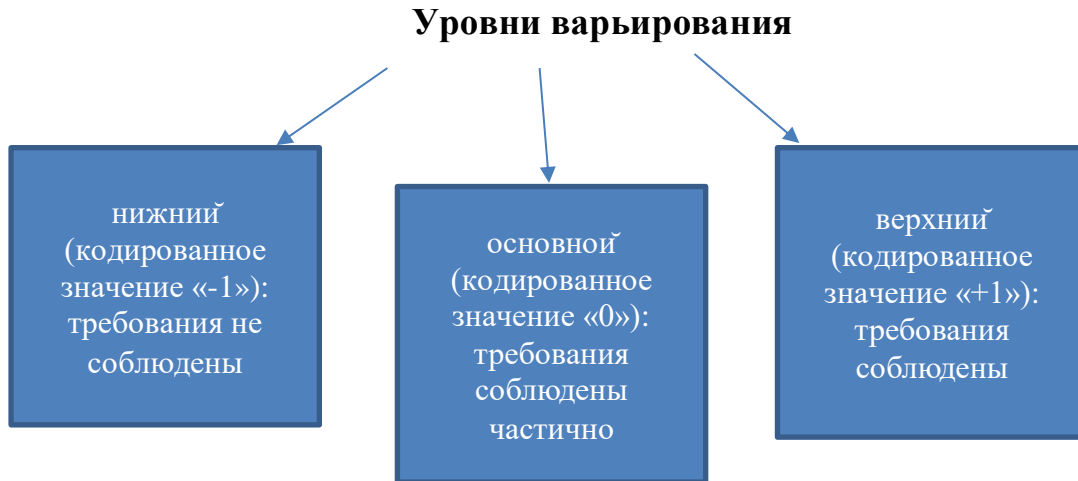


Рисунок 3.5 – Уровни варьирования фактора  $P_5$

#### 4. Соблюдение последовательности работ ( $P_6$ )

Данный фактор характеризуется строгим соблюдением технологической последовательности производства работ.

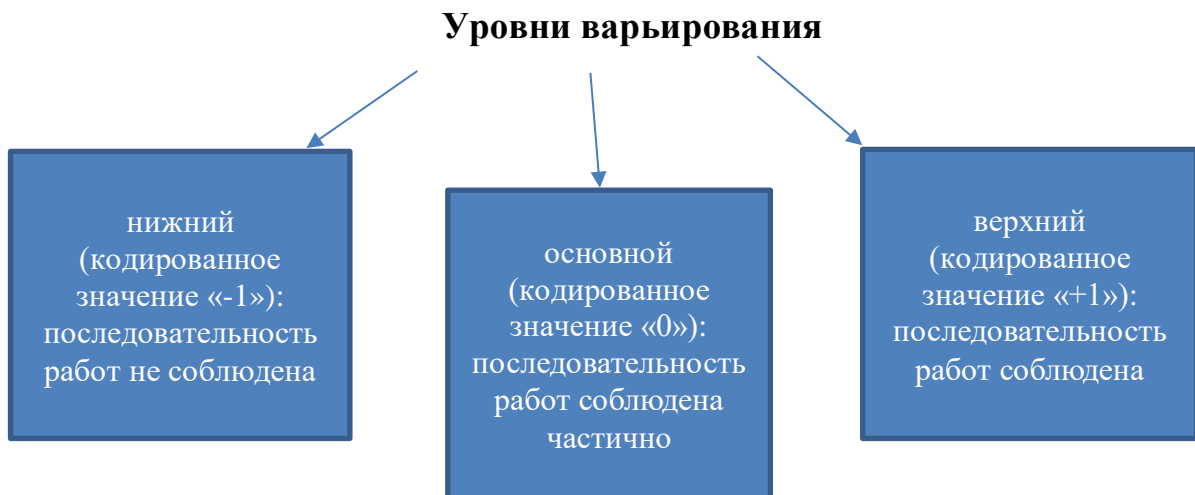


Рисунок 3.6 – Уровни варьирования фактора  $P_6$

#### 5. Проведение геотехнического мониторинга ( $P_7$ )

Данный фактор характеризуется проведением комплекса работ, основанных на натуральных наблюдениях за поведением конструкций вновь возводимого здания.

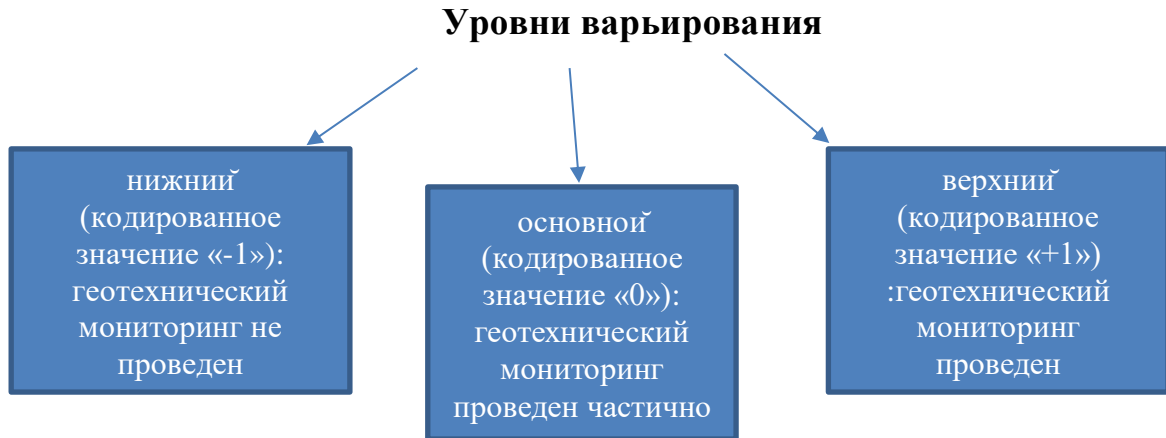


Рисунок 3.7 – Уровни варьирования фактора  $P_7$

### 6. Наличие подъемных механизмов ( $P_8$ )

Данный фактор характеризуется наличием подъемных механизмов.

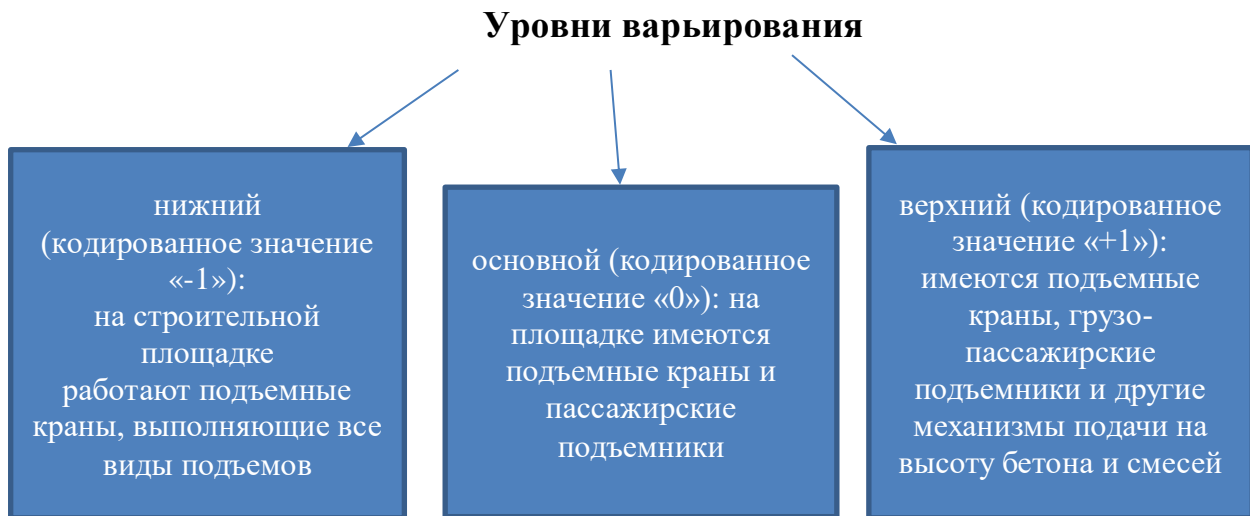


Рисунок 3.8 – Уровни варьирования фактора  $P_8$

### 7. Применение промышленных опалубочных систем ( $P_{10}$ )

Данный фактор характеризует применение промышленных опалубочных систем.

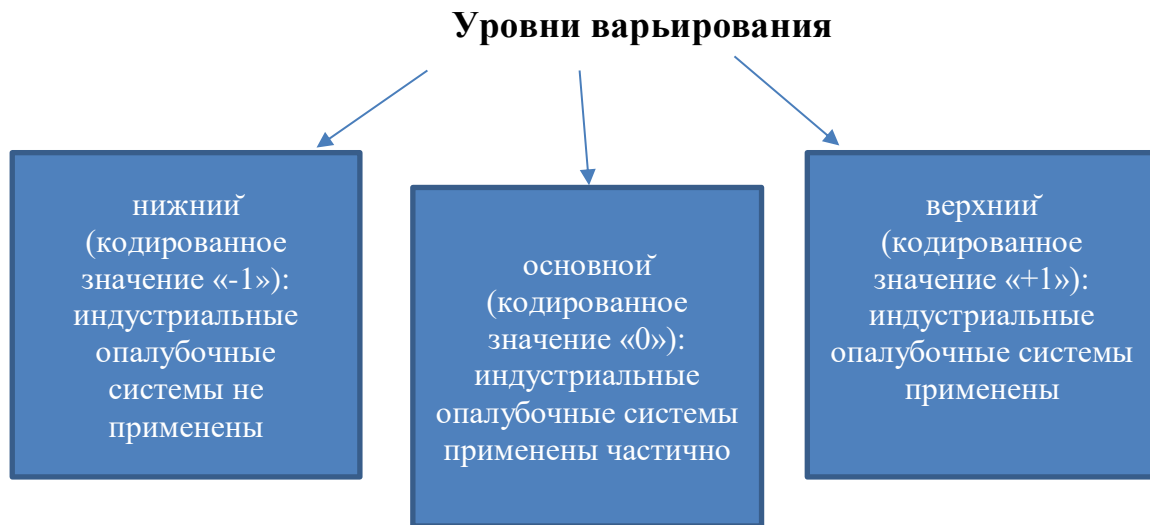


Рисунок 3.9 – Уровни варьирования фактора  $P_{10}$

## 8. Использование современного инженерного оборудования ( $P_{11}$ )

Данный фактор характеризует использование современного инженерного оборудования.

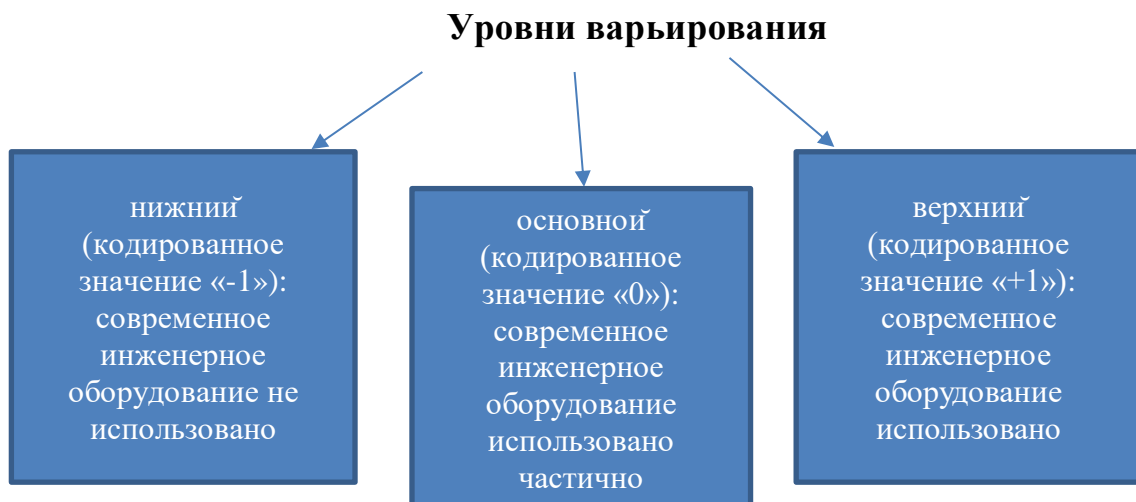


Рисунок 3.10 – Уровни варьирования фактора  $P_{11}$

Факторы с вариантами, которые удалось выявить при сотрудничестве и анкетировании специалистов в сфере строительства, дают право выявить уровень

принятых организационно-технических решений для успешного строительства многоэтажных жилых зданий. Нужно всего лишь выделить выявление вида функциональной зависимости между ними и процессом, упомянутым в ходе исследования, в частности, после того, как будет должным образом сформирована математическая модель, учитывая специфику направления.

Таблица 3.4 – Кодированные значения факторов

<b>Факторы</b>	<b>Код</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>+1</b>
Технические условия на объекты	P <sub>1</sub>	Не присутствуют	Частично присутствуют	Присутствуют
Достоверный и полный объем материалов, включающий все разделы по инженерным изысканиям (отчеты об инженерно-геодезических, инженерно-геологических, инженерно-экологических, инженерно-гидрологических изысканиях)	P <sub>2</sub>	Отсутствие большинства разделов и отчетов	Отсутствие отдельных разделов и отдельных отчетов	Присутствие всех разделов и отчетов
Соблюдение требований организационно-технических решений	P <sub>5</sub>	Не соблюдены	Частично соблюдены	Соблюдены
Соблюдение последовательности работ	P <sub>6</sub>	Последовательность работ не соблюдена	Последовательность работ соблюдена частично	Последовательность работ соблюдена
Проведение геотехнического мониторинга	P <sub>7</sub>	Не проведен	Частично проведен	Проведен
Наличие подъемных механизмов	P <sub>8</sub>	На строительной площадке работают подъемные краны, выполняющие все виды подъемов	На площадке имеются подъемные краны и пассажирские подъемники	На площадке имеются подъемные краны, грузо-пассажирские подъемники и другие механизмы подачи на высоту бетона и смесей
Применение промышленных опалубочных систем	P <sub>10</sub>	Не применены	Частично применены	Применены
Использование современного инженерного оборудования	P <sub>11</sub>	Не использовано	Частично использовано	Использован

По результатам проведения анализа полученных данных, их систематизации, качественная интерпретация уровней варьирования представлена в Таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Кодированные значения факторов

Натуральный вид	Код	-1	0	+1
Технические условия на объекты, соблюдение последовательности работ	$z_1$	Не присутствуют; последовательность работ не соблюдена	Частично присутствуют; последовательность работ соблюдена частично	Присутствуют; последовательность работ соблюдена
Достоверный и полный объем материалов, включающий все разделы по инженерным изысканиям (отчеты об инженерно-геодезических, инженерно-геологических, инженерно-экологических, инженерно-гидрологических изысканиях и пр.), проведение геотехнического мониторинга	$z_2$	Отсутствие большинства разделов и отчетов; не проведен	Отсутствие отдельных разделов и отчетов; частично проведен	Присутствие всех разделов и отчетов, проведен
Соблюдение требований организационно-технических решений, наличие подъемных механизмов	$z_3$	Не соблюдены; на строительной площадке работают подъемные краны, выполняющие все виды подъемов	Частично соблюдены; на площадке имеются подъемные краны и пассажирские подъемники	Соблюдены; на площадке имеются подъемные краны, грузопассажирские подъемники и другие механизмы подачи на высоту бетона и смесей

Задача регрессионного анализа заключается в подборе математических формул, описывающих наилучшим образом данные эксперимента.

Чтобы найти коэффициенты регрессионных уравнений, следует использовать математическую теорию планирования эксперимента. Она дает возможность максимально эффективно управлять течением эксперимента для

получения наиболее надежной информации, основываясь на минимально допустимом количестве опытных данных.

Планирование эксперимента – процедура выбора количества опытов, условий проведения, которые являются достаточными для решения задачи с соблюдением необходимой точности.

В виде регрессионной модели использована линейная модель. Здесь в качестве факторов подобраны группы  $z_1, z_2, z_3$ , и  $z_4$ . Следующей рассматриваемой моделью является квадратичная. Тут также в качестве факторов принимаются группы  $z_1, z_2, z_3$ , и  $z_4$ , а также их квадраты.

Для выявления нужного количества экспериментов удалось продумать и впоследствии грамотно разработать план, выстроенный в соответствии с показателями оптимальности количества экспериментов, который был обозначен как  $N$ .

Для того, чтобы успешно решить эту задачу, мы будем использовать центральный ортогональный композиционный план второго порядка, что является логичным выбором в данном случае. Необходимо, чтобы независимая переменная характеризовалась наличием трех значений, в частности уровней, что следует применять в этом выражении.

Важно отметить наличие в композиционном вероятностном плане осуществления всех этапов эксперимента опытов ПФЭ, что, в свою очередь, представляет собой детальный факторный эксперимент вида  $2^k$ , учитывая и задействование опытов, что размещаются в центре плана, серии в расположенных «звездных точках»  $2k$ , что нуждается в разъяснении.

Эти самые точки представляют собой точки плана, размещаемые на оси координат с нахождением непосредственно в факторном пространстве, вследствие чего важно отметить информацию об их координатах  $(\pm\alpha, 0, 0, 0)$ ,  $(0, \pm\alpha, 0, 0)$ ,  $(0, 0, \pm\alpha, 0)$ ,  $(0, 0, 0, \pm\alpha)$ . Нельзя не упомянуть, что  $\alpha$  – «звездное плечо», как говорят эксперты, это расстояние именно между центром плана и так называемой «звездной точкой», что нужно учитывать.

Общее число опытов определяется по формуле:

$$N = N_0 + 2k + n_0, \quad (3.11)$$

где:  $N_0$  – число опытов ПФЭ,

$k$  – число переменных (факторов),

$n_0$  – число опытов в центре плана.

$$N = 2^4 + 2 \cdot 4 + 1 = 25. \quad (3.12)$$

Для того, чтобы получить уравнение регрессии, требуется вычислить коэффициенты при взаимодействующих, квадратичных и линейных членах уравнения.

Данная матрица для центрального ортогонального композиционного плана второго порядка приведена в общем виде в Таблице 3.7.





Таблица 3.7 – Матрица ОЦКП второго порядка

	№ опыта	Z0	матрица Z плана Z1	Z2	Z3	Z4	$z1^2-b$	$z2^2-b$	$z3^2-b$	$z4^2-b$	$z1z2$	$z1z3$	$z1z4$	$z2z3$	$z2z4$	$z3z4$
Ядро плана	1	1	-1	-1	-1	-1	0,2	0,2	0,2	0,2	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	-1	-1	-1	0,2	0,2	0,2	0,2	-1	-1	-1	1	1	1
	3	1	-1	1	-1	-1	0,2	0,2	0,2	0,2	-1	1	1	-1	-1	1
	4	1	1	1	-1	-1	0,2	0,2	0,2	0,2	1	-1	-1	-1	-1	1
	5	1	-1	-1	1	-1	0,2	0,2	0,2	0,2	1	-1	1	-1	1	-1
	6	1	1	-1	1	-1	0,2	0,2	0,2	0,2	-1	1	-1	-1	1	-1
	7	1	-1	1	1	-1	0,2	0,2	0,2	0,2	-1	-1	1	1	-1	-1
	8	1	1	1	1	-1	0,2	0,2	0,2	0,2	1	1	-1	1	-1	-1
	9	1	-1	-1	-1	1	0,2	0,2	0,2	0,2	1	1	-1	1	-1	-1
	10	1	1	-1	-1	1	0,2	0,2	0,2	0,2	-1	-1	1	1	-1	-1
	11	1	-1	1	-1	1	0,2	0,2	0,2	0,2	-1	1	-1	-1	1	-1
	12	1	1	1	-1	1	0,2	0,2	0,2	0,2	1	-1	1	-1	1	-1
	13	1	-1	-1	1	1	0,2	0,2	0,2	0,2	1	-1	-1	-1	-1	1
	14	1	1	-1	1	1	0,2	0,2	0,2	0,2	-1	1	1	-1	-1	1
	15	1	-1	1	1	1	0,2	0,2	0,2	0,2	-1	-1	-1	1	1	1
	16	1	1	1	1	1	0,2	0,2	0,2	0,2	1	1	1	1	1	1
Звездные точки	17	1	-1,414	0	0	0	1,2	-0,8	-0,8	-0,8	0	0	0	0	0	0
	18	1	1,414	0	0	0	1,2	-0,8	-0,8	-0,8	0	0	0	0	0	0
	19	1	0	-1,414	0	0	-0,8	1,2	-0,8	-0,8	0	0	0	0	0	0
	20	1	0	1,414	0	0	-0,8	1,2	-0,8	-0,8	0	0	0	0	0	0
	21	1	0	0	-1,414	0	-0,8	-0,8	1,2	-0,8	0	0	0	0	0	0
	22	1	0	0	1,414	0	-0,8	-0,8	1,2	-0,8	0	0	0	0	0	0
	23	1	0	0	0	-1,414	-0,8	-0,8	-0,8	1,2	0	0	0	0	0	0
	24	1	0	0	0	1,414	-0,8	-0,8	-0,8	1,2	0	0	0	0	0	0
Центр плана	25	1	0	0	0	0	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	0	0	0	0	0	0

Автором был разработан вариант опросного листа (Таблица 3.8). 10 группам экспертов предлагалось оценить в условных баллах от 0 до 100 с интервалом «5» величину КПП (комплексного показателя качества) многоэтажных жилых зданий для каждого из 25 возможных вариантов полученного плана. Столбцы Y1,..., Y10 – это оценки членов этих групп 25 компонентов плана.

Таблица 3.8 – Результаты опроса экспертов

№ опыта	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>4</sub>	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
1.	1	1	1	1	90	95	95	90	90	90	90	90	95	90
2.	1	1	1	-1	85	75	75	80	75	70	80	80	75	75
3.	1	1	-1	1	80	80	60	65	70	75	75	75	75	80
4.	1	1	-1	-1	75	70	75	70	70	60	65	70	70	60
5.	1	-1	1	1	75	80	70	65	65	75	80	75	70	70
6.	1	-1	1	-1	70	50	65	60	55	50	50	50	55	50
7.	1	-1	-1	1	75	65	70	65	70	75	75	75	70	65
8.	1	-1	-1	-1	55	55	50	50	50	55	60	55	50	50
9.	-1	1	1	1	85	80	85	80	80	85	80	80	85	80
10.	-1	1	1	-1	75	70	80	75	75	80	85	80	80	70
11.	-1	1	-1	1	70	65	70	60	65	70	70	65	60	65
12.	-1	1	-1	-1	45	50	45	50	55	50	45	45	50	50
13.	-1	-1	1	1	50	60	65	60	55	60	65	55	55	65
14.	-1	-1	1	-1	45	45	40	55	40	50	40	55	50	50
15.	-1	-1	-1	1	45	40	45	45	50	55	50	45	40	40
16.	-1	-1	-1	-1	30	25	30	25	25	30	25	30	25	30
17.	1	0	0	0	55	45	40	60	65	60	50	55	50	55
18.	-1	0	0	0	55	45	50	45	45	50	40	40	45	45
19.	0	1	0	0	65	65	70	70	70	65	65	70	65	70
20.	0	-1	0	0	55	55	50	60	65	60	55	60	55	50
21.	0	0	1	0	60	65	60	65	55	55	55	60	65	65
22.	0	0	-1	0	55	55	50	45	45	50	50	45	45	55
23.	0	0	0	1	65	55	55	60	60	60	60	65	65	65
24.	0	0	0	-1	50	60	45	55	45	50	50	60	65	60
25.	0	0	0	0	55	65	60	65	55	60	55	45	60	55

Для обработки экспертных оценок применен робастный подход. Для нахождения общих оценок групп экспертов применен метод урезанного среднего Trimmed mean ( $b$ ). Коэффициент урезания  $b$  взят 0,05 (5 %).

Получена следующая таблица (Таблица 3.9) для расчета параметров регрессионных моделей.

Таблица 3.9 – Обработка экспертных оценок

№ опыта	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>4</sub>	Y
1.	1	1	1	1	91,25
2.	1	1	1	-1	76,87
3.	1	1	-1	1	63,75
4.	1	1	-1	-1	68,75
5.	1	-1	1	1	72,5
6.	1	-1	1	-1	54,37
7.	1	-1	-1	1	70,62
8.	1	-1	-1	-1	52,5
9.	-1	1	1	1	81,88
10.	-1	1	1	-1	76,88
11.	-1	1	-1	1	66,25
12.	-1	1	-1	-1	48,12
13.	-1	-1	1	1	59,37
14.	-1	-1	1	-1	46,87
15.	-1	-1	-1	1	45
16.	-1	-1	-1	-1	27,5
17.	1	0	0	0	53,75
18.	-1	0	0	0	45,62
19.	0	1	0	0	67,5
20.	0	-1	0	0	56,25
21.	0	0	1	0	60,62
22.	0	0	-1	0	49,87
23.	0	0	0	1	61,25
24.	0	0	0	-1	53,75
25.	0	0	0	0	58,12

Получены следующие модели:

1. Линейная модель. Общий вид формулы для оценки коэффициентов регрессионной модели:

$$Y = z*a + e, \quad (3.13)$$

где  $a$  – матрица оценок экспертов,

$y$  – вектор ошибок.

$Y$ – вектор размера 25 – оценки экспертов. Получен робастным методом.

Таблица 3.10 – Регрессионная статистика при использовании линейной модели

<i>Регрессионная статистика</i>	
Множественный $R$	0,879488
$R$ -квадрат	0,773499
Нормированный $R$ -квадрат	0,728199
Стандартная ошибка	7,191446
Наблюдения	25

Дисперсионный анализ				
	$df$	$MS$	$F$	<i>Значимость F</i>
Регрессия	4	883,0661097	17,07500251	3,10424E-06
Остаток	20	51,71689486		
Итого	24			
	<i>Коэффициенты</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-значение</i>	
У-пересечение	60,3684	41,97236579	5,6264E-21	
Переменная X 1	5,937222	3,502703176	0,002241053	
Переменная X 2	8,681667	5,121806169	5,19784E-05	
Переменная X 3	7,125	4,203440463	0,000437187	
Переменная X 4	5,903333	3,482710204	0,002347197	

Получена зависимость:

$$Y = 60,37 + 5,94 z_1 + 8,69 z_2 + 7,13 z_3 + 5,9 z_4. \quad (3.14)$$

С доверительной вероятностью 0,95 ( $p$ -значение меньше, чем 0,05) все коэффициенты – значимы ( по критерию Стьюдента).

Коэффициент детерминации модели равен 0,879, что подтверждает высокую адекватность модели.

Следует отметить, чем ближе коэффициент детерминации к 1, тем лучше модель приближает данные.

#### 1. Квадратичная модель

Таблица 3.11 – Регрессионная статистика при использовании квадратичной модели

<i>Регрессионная статистика</i>	
Множественный $R$	0,925099193
$R$ -квадрат	0,855808516
Нормированный $R$ -квадрат	0,783712774
Стандартная ошибка	6,415144034
Наблюдения	25

Дисперсионный анализ				
	$df$	$MS$	$F$	Значимость $F$
Регрессия	8	488,517146	11,87044467	2,0448E-05
Остаток	16	41,15407298		
Итого	24			
	<i>Коэффициенты</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-значение</i>	
$Y$ -пересечение	54,67322034	19,73776195	1,17275E-12	
Переменная $X_1$	5,937222222	3,926568201	0,001204454	
Переменная $X_2$	8,681666667	5,741600194	3,03206E-05	
Переменная $X_3$	7,125	4,71210229	0,000234952	

Переменная X 4	5,903333333	3,904155863	0,00126267	
Переменная X 5	-4,413757062	-1,097984589	0,288460441	
Переменная X 6	7,776242938	1,93445058	0,070942481	
Переменная X 7	1,146242938	0,285144167	0,779191732	
Переменная X 8	3,401242938	0,846107359	0,409969175	

Получена зависимость:

$$Y = 54,67 + 5,94 z_1 + 8,68 z_2 + 7,125 z_3 + 5,90 z_4 - 4,41 z_1^2 + 7,78 z_2^2 + 1,15 z_3^2 + 3,40 z_4^2 \quad (3.15)$$

Значимы только коэффициенты линейных членов (коэффициенты при квадратах по критерию Стьюдента имеют уровень доверия меньше, чем общепринятый 0,95).

Коэффициент детерминации модели равен 0,925, что подтверждает высокую адекватность модели (по критерию Фишера значимость равна 2,0448E-05).

### 3. Общая квадратичная модель

Таблица 3.12 – Регрессионная статистика при использовании общей квадратичной модели

<i>Регрессионная статистика</i>				
Множественный парной	0,96528285			
R-квадрат	0,93177098			
Нормированный R-квадрат	0,836250352			
Стандартная ошибка	6,101291117			
Наблюдения	25			
Дисперсионный анализ				
	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	14	363,1244619	9,754657187	0,000481547
Остаток	10	37,2257533		

Итого	24			
	<i>Коэффициенты</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-значение</i>	
У-пересечение	54,83050847	20,81278458	1,45333E-09	
Переменная X 1	8,888888889	6,1810461	0,000104001	
Переменная X 2	9,444444444	6,567361481	6,33279E-05	
Переменная X 3	5,833333333	4,056311503	0,002300141	
Переменная X 4	5,833333333	4,056311503	0,002300141	
Переменная X 5	0,197740113	0,051721041	0,959769548	
Переменная X 6	5,197740113	1,359524519	0,203845229	
Переменная X 7	2,697740113	0,70562278	0,496531057	
Переменная X 8	2,697740113	0,70562278	0,496531057	
Переменная X 9	-2,5	-1,638997355	0,13225181	
Переменная X 10	-5,84416E-16	-3,83142E-16	1	
Переменная X 11	-1,25	-0,819498677	0,431599903	
Переменная X 12	1,875	1,229248016	0,247117996	
Переменная X 13	-1,875	-1,229248016	0,247117996	
Переменная X 14	-3,125	-2,048746693	0,06765007	

Получена зависимость:

$$Y = 54,83 + 8,89 z_1 + 9,45 z_2 + 5,83 z_3 + 5,83 z_4 + 0,2 z_1^2 + 5,2 z_2^2 + 2,7 z_3^2 + 2,7 z_4^2 - 2,5 z_1 z_2 - 1,25 z_1 z_4 + 1,86 z_2 z_3 - 1,86 z_2 z_4 - 3,12 z_3 z_4. \quad (3.16)$$

Значимы только коэффициенты линейных членов (коэффициенты при квадратах и произведениях факторов по критерию Стьюдента имеют уровень доверия меньше, чем общепринятый 0,95).

Коэффициент детерминации модели 0,965, что подтверждает высокую адекватность модели (по критерию Фишера значимость равна 0,000481547).

Проведенные исследования позволяют прийти к выводу, что наиболее адекватной моделью является общая квадратичная модель, хотя не все оценки коэффициентов регрессии имеют высокую значимость ( $p$ -значения не все меньше, чем 0,05).

Математическая модель, что была подобрана в процессе исследовательской работы, предполагала использование методов статистических данных, в частности дисперсионный и корреляционный анализ, которые доказали свою валидность.

Для оценки, доказывающей воздействие каждого конкретного фактора на результат эксперимента, а также влияние их друг на друга, важно использовать именно дисперсионный анализ, о чем нельзя не упомянуть.

В качестве так называемых исходных позиций дисперсионного анализа можно отметить:

- адекватное соотношение критериев исследуемых признаков, если говорить про генеральную совокупность, что существует;
- наличие случайного типа выборки, которая получила название  $x$ ;
- равные позиции дисперсий, что сопоставляются генеральными совокупностями, имеющимися в наличии.

Именно Р. А. Фишер разработал методику дисперсионного анализа с учетом свойства дисперсии, вследствие чего, подразумевая конкретное число факторов, будет наблюдаться сумма дисперсии факторных и остаточных дисперсий по следующей формуле, которой можно воспользоваться:

$$S = \sum_{i=1}^k d_{\text{факт.}} + d_{\text{ост.}}, \quad (3.17)$$

где  $d_{\text{факт.}}$  представляет собой факторную дисперсию, в то время, как  $d_{\text{ост.}}$  является дисперсией остаточной, что нужно учитывать.

Можно воспользоваться вычислением воздействия существующих факторов по такому критерию:

$$F_{\text{расч.}} = \frac{d_{\text{факт.}}}{d_{\text{ост.}}}. \quad (3.18)$$

Насколько верной является принимаемая гипотеза относительно воздействия самого фактора на функционал существующего отклика, стоит оценить через



сравнение значений расчета критерия  $F_{расч.}$ , с табличными  $F_{табл.}$ , которые в полной мере соответствуют стадии значимости критерия, что был выбран на данном этапе.

Нам важно провести сравнение критериев дисперсии оптимальности с дисперсией показателей адекватности воспроизводимости, вследствие чего можно воспользоваться расчетом критерия Фишера по следующему алгоритму действий:

1. Вычисление разницы имеющихся по факту и средних значений результатов для абсолютно всех вариантов опыта, если говорить про уравнение регрессии с исключением маловероятных коэффициентов, не обладающих каким-либо существенным влиянием;
2. Вычисление дисперсии адекватности, чтобы получить результаты;
3. Вычисление критерия Фишера по заданной формуле;
4. Сопоставление уже полученного показателя критерия с табличным, имеющимся в наличии.

Обычно в исследованиях полагают уровень значимости равным 0,05. Порог для принятия гипотезы о значимости фактора принимается по результату сравнения расчетного значения критерия  $F_{расч.}$  ( $t$ -статистика) и  $F_{табли}$

$F_{табли}$  – значение, полученное из таблицы распределения Стьюдента. Это  $t$ -значение – квантиль распределения Стьюдента с  $N-k$  степенями свободы, соответствующий вероятности 0,05 ( $p$ -значение). В нашем случае он равен:

1. Для линейной модели – 2,07 ( $\kappa = 21$ );
2. Для квадратичной модели – 2,10 ( $\kappa = 17$ );
3. Для общей квадратичной модели – 2,16 ( $\kappa = 13$ ).

Критерий проверки следующий:

Если  $F_{расч.} > F_{табл.}$ , то фактор оказывает влияние и гипотеза принимается, в противном случае гипотеза отвергается.

Эквивалентный критерий.

Если  $p$ -значение  $< 0,05$ , то гипотеза принимается, и отвергается в противном случае.

Полученное уравнение регрессии второго порядка является математической моделью исследуемого процесса.

Математическая модель позволяет вносить корректировки для достижения нужных уровней надежности, качества, долговечности на любом из этапов реализации любого строительного проекта.

Использование математической модели, которая отражает в конечном результате суть рассматриваемого нами явления, выступает оптимальным решением, позволяет успешно прогнозировать, давать оценку влияния отдельных факторов на комплексный показатель качества.

В дальнейших расчетах комплексный показатель качества, определяющийся не группами факторов, а его параметрами, будет обозначаться как КПР.

Для получения развернутой математической модели на основании определенной функциональной зависимости, позволяющей получать значения КПР, применяется методика моделирования факторных систем, на основании которой получаем выражение вида:

$$\text{КПР} = \sum_{i=1}^n W_i p_i, \quad (3.19)$$

где  $W_i$  – коэффициент важности (вес),  $i$ -го параметра.

Полученная модель не только достаточно полно характеризует исследуемый процесс изучения комплексного показателя качества, но и позволяет его модернизировать с целью усложнения или упрощения процесса.

### **3.5. Изучение комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий при изменении показателей групп факторов**

Детальное изучение зависимости комплексного показателя качества жилых многоэтажных зданий от рассматриваемой группы факторов проведено графически.

Здесь требуется построить трехмерный график поверхности уравнения регрессии, исходя из различных групп факторов.

Принимая во внимание, что число факторов 4, удобным будет изучать получаемые поверхности попеременным сочетанием 2 действующих факторов, когда остальные 2 находятся в фиксированном положении. В данной ситуации это станет серия, состоящая из 6 зависимостей в графике. Они описывают попеременное влияние 2 групп факторов на изменения КПР (комплексного показателя качества).

Полученная комбинация выглядит следующим образом:

$$\text{КПР} = f(z_1, z_2);$$

$$\text{КПР} = f(z_1, z_3);$$

$$\text{КПР} = f(z_1, z_4);$$

$$\text{КПР} = f(z_2, z_3);$$

$$\text{КПР} = f(z_2, z_4);$$

$$\text{КПР} = f(z_3, z_4).$$

$$1. \text{КПР} = f(z_1, z_2) = 54,83 + 8,89 z_1 + 9,45 z_2 + 0,2 z_1^2 + 5,2 z_2^2 - 2,5 z_1 z_2. \quad (3.19)$$

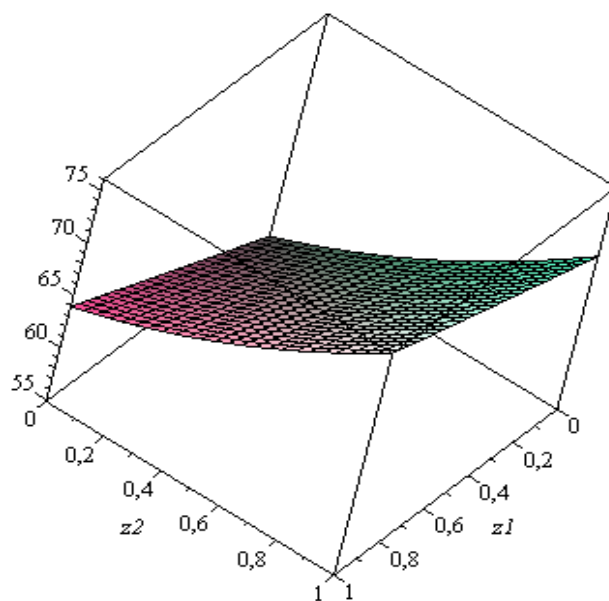


Рисунок 3.11 – Характер изменения КПР от влияния двух групп факторов  $z_1$ ,

Совместное действие факторов  $z_1$  и  $z_2$  оказывает умеренное воздействие на величину КПР и стимулирует линейный характер протекающих процессов.

$$2. \text{КПР} = f(z_1, z_3) = 54,83 + 8,89 z_1 + 5,83 z_3 + 0,2 z_1^2 + 2,7 z_3^2. \quad (3.20)$$

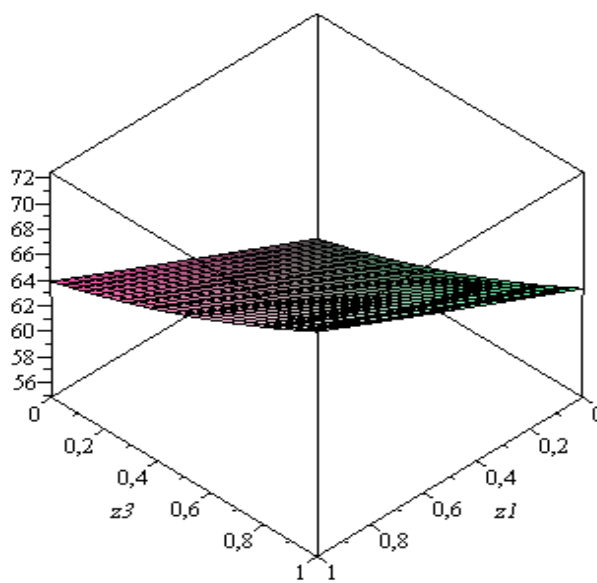


Рисунок 3.12 – Характер изменения КПР от влияния двух групп факторов  $z_1$ ,  $z_3$

При исследовании совместного влияния факторов  $z_1$  и  $z_3$  на величину комплексного показателя  $\text{КПР} = f(z_1, z_3)$  превалирует линейная зависимость от  $z_1$  и  $z_3$ , хотя наблюдается более выраженная квадратическая зависимость от фактора  $z_3$ .

$$3. \text{КПР}_{..} = f(z_1, z_4) = 54,83 + 8,89 z_1 + 5,83 z_4 + 0,2 z_1^2 + 2,7 z_4^2 - 1,25 z_1 z_4. \quad (3.21)$$

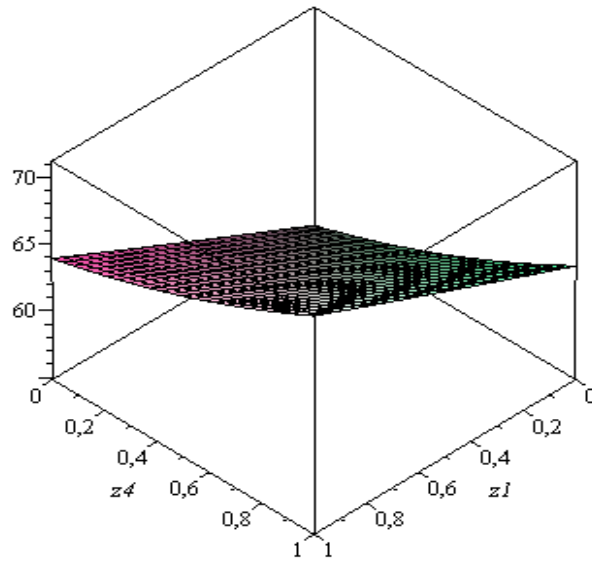


Рисунок 3.13 – Характер изменения КПР от влияния двух групп факторов  $z_1$ ,  $z_4$

Поверхность отклика  $f(z_1, z_4)$  – не линейна во всем исследуемом диапазоне.

Наблюдается выраженная квадратическая зависимость от  $z_4^2$  и отрицательное взаимодействие факторов.

$$4. \text{ КПР } = f(z_2, z_3) = 54,83 + 9,45 z_2 + 5,83 z_3 + 5,2 z_2^2 + 2,7 z_3^2 + 1,86 z_2 z_3. \quad (3.22)$$

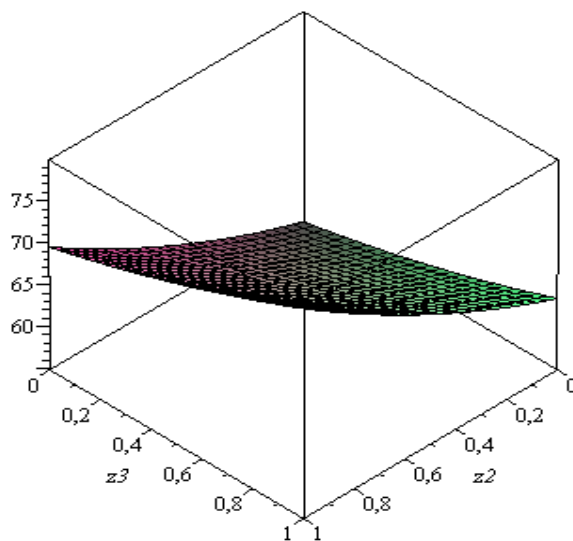


Рисунок 3.14 – Характер изменения КПР от влияния двух групп факторов  $z_2$ ,

$z_3$

Поверхность отклика КПР =  $f(z_2, z_3)$  – не линейна во всем исследуемом диапазоне, и зависимость имеет ярко выраженный квадратичный эффект, и наблюдается положительное взаимодействие факторов.

$$5. \text{ КПР} = f(z_2, z_4) = 54,83 + 9,45 z_2 + 5,83 z_4 + 5,2 z_2^2 + 2,7 z_4^2 - 1,86 z_2 z_4. \quad (3.23)$$

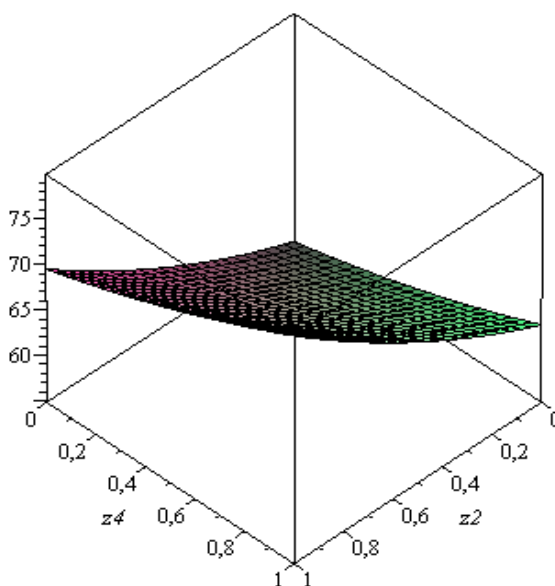


Рисунок 3.15 Характер изменения КПР от влияния двух групп факторов  $z_2, z_4$

Поверхность отклика КПР =  $f(z_2, z_4)$  – достаточно линейна во всем исследуемом диапазоне, и наблюдается квадратическая зависимость от  $z_2$  и отрицательное взаимодействие факторов.

$$6. \text{ КПР} = f(z_3, z_4) = 54,83 + 5,83 z_3 + 5,83 z_4 + 2,7 z_3^2 + 2,7 z_4^2 - 3,12 z_3 z_4. \quad (3.24)$$

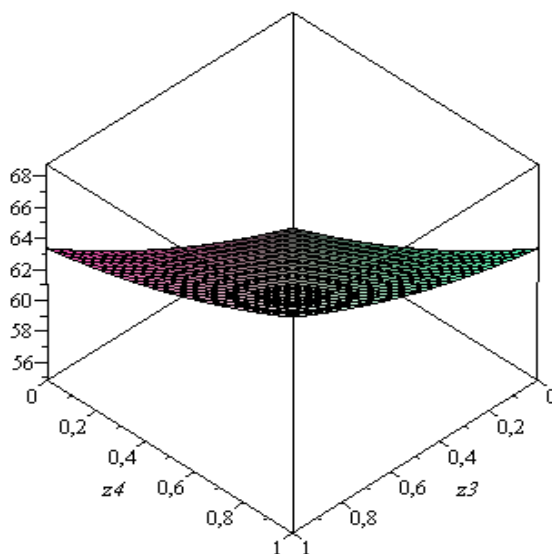


Рисунок 3.16 – Характер изменения КПП от влияния двух групп факторов  $z_3$ ,  $z_4$

Поверхность отклика  $KPP = f(z_3, z_4)$  – имеет хорошо выраженный квадратический эффект, и наблюдается отрицательное взаимодействие факторов.

### 3.6. Формирование методики комплексной оценки качества многоэтажных жилых зданий

Разработав методику, которая позволяет определять результативность принятых организационно-технических решений при проектировании и возведении многоэтажных жилых зданий посредством комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий, появилась необходимость разработать методику, которая позволяет положительно влиять на качество многоэтажных жилых зданий.

В соответствии с научной гипотезой возможно добиться повышения реальных показателей качества на строительном объекте за счет повышения значений факторов.

С созданием комплексной оценки и алгоритмов расчета КПП произведено описание методики комплексной оценки качества многоэтажных жилых зданий:

1. Мониторинг организационно-технических решений, которые задействуются в процессе работ по возведению многоэтажного жилого здания с учетом соблюдения действующих норм;
2. Соотношение организационно-технических решений, с учетом параметров, что приведены в табличном виде;
3. Определение комплексного показателя качества многоэтажного жилого здания;
4. Уже полученное значение должным образом соотносится с табличными данными качественной интерпретации дискретной оценки, с определением качественной оценки разработанных организационно-технических решений.

Если удалось обнаружить неудовлетворительную оценку качества, можно прибегнуть к использованию такой методики:

1. Проведение мероприятий, благодаря которым удастся добиться существенного повышения показателя качества со сведением к минимуму финансовых затрат, возможных неблагоприятных последствий для самого заказчика работ;
2. Проведение расчетов новых значений уточненных показателей;
3. Повторное определение показателя;
4. Повторное соотнесение критерия с табличными данными качественной интерпретации для определения качественной оценки уже утвержденных организационно-технических решений.

Если заказчика все же не устраивает значение показателя, можно воспользоваться повторением алгоритма до момента, когда работа удовлетворит всем требованиям.

Алгоритм расчета и повышения комплексного показателя эффективности КПП представлен на Рисунке 3.17



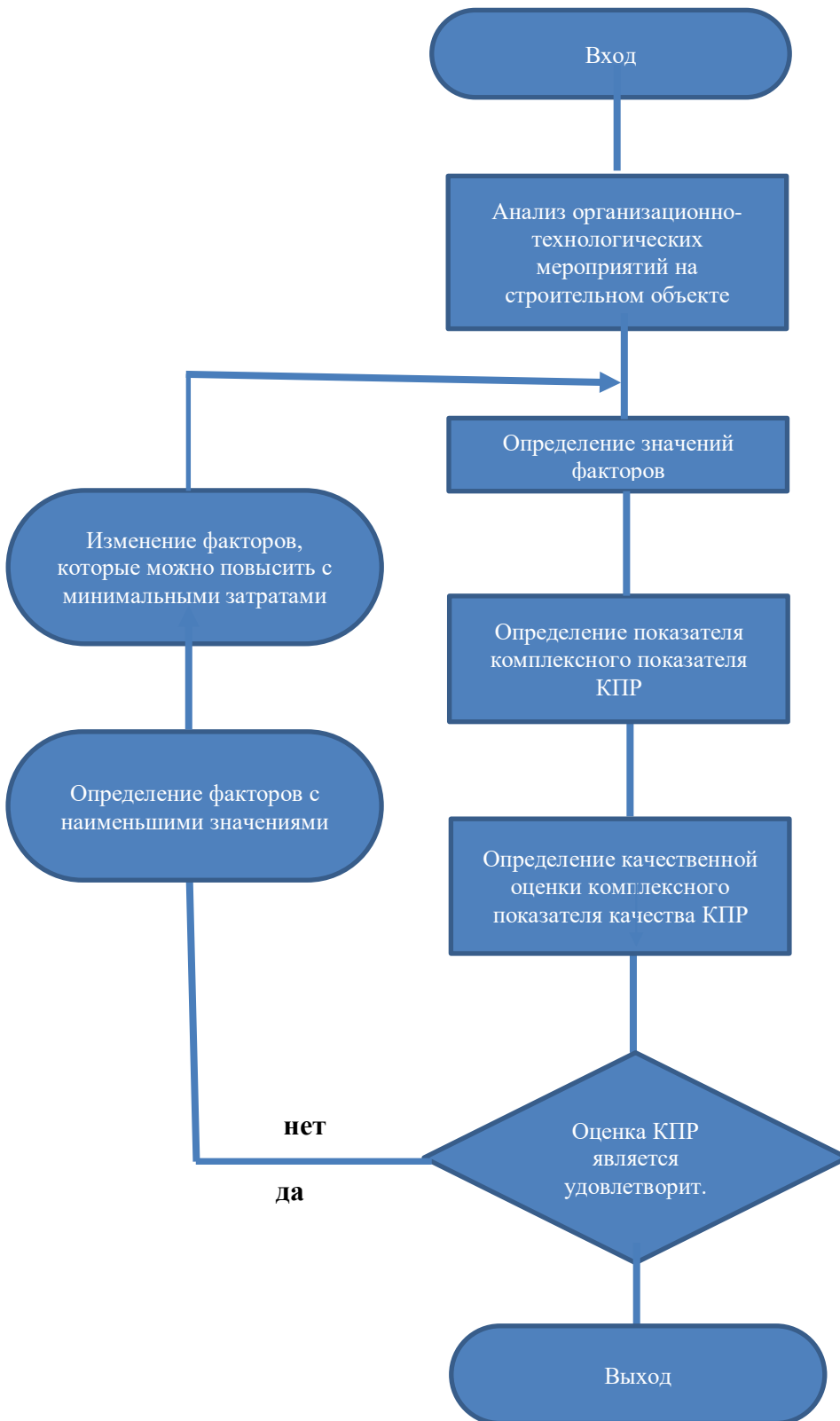


Рисунок 3.17 – Алгоритм расчета и повышения комплексного показателя эффективности КПП

### 3.7. Расчет весовых показателей исследуемых факторов

Для определения значимости каждого фактора вычислим вес каждого из них с точки зрения влияния на комплексный показатель качества в рамках расширенной математической модели. Для этого воспользуемся принципами математической статистики – методом вариационного ряда.

Исходными данными для данного метода будет являться статистическая выборка из таблицы. Суммарный вес всех производственно-технических модулей примем равным 1.

Данная формула позволила произвести расчет среднего арифметического значения вариационного ряда на первом этапе:

$$\bar{u} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m y_i n_i, \quad (3.25)$$

где  $y_i$  – баллы, выставленные  $i$ -му параметру;

$n_i$  – количество  $i$ -го балла, выставленного группой экспертов  $i$ -му параметру;

$m$  – количество экспертных групп.

Суммирование средних арифметических значений всех параметров было произведено в период проведения второго этапа:

$$U = \sum_{j=1}^p \bar{u} = \sum_{j=1}^p \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m y_i n_i, \quad (3.26)$$

где  $U$  – сумма средних арифметических вариационных рядов.

На третьем этапе находим вес каждого из параметров:

$$W_i = \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m y_i n_i}{U}. \quad (3.27)$$

Далее, воспользовавшись полученными данными о параметрах, стало возможным получение значения весов параметров. Все полученные результаты вычислений свелись в таблицу весов параметров (Таблица 3.13).

Таблица 3.13 – Веса параметров  $P_i$

$W_i(p_i)$	Вес параметра
$W_1(P_1)$	<b>0,17</b>
$W_2(P_2)$	<b>0,16</b>
$W_3(P_5)$	<b>0,12</b>
$W_4(P_6)$	<b>0,11</b>
$W_5(P_7)$	<b>0,12</b>
$W_6(P_8)$	<b>0,16</b>
$W_7(P_{10})$	<b>0,09</b>
$W_8(P_{11})$	<b>0,07</b>

Исходя из табличных значений, наибольшее влияние (вес) имеет параметр  $P_1$  – технические условия на объекты; наименьшее влияние (вес)  $P_{11}$  – использование современного инженерного оборудования.

Данный подход может быть использован для определения комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий, так как позволяет получать выходные данные, которые с достаточной обеспеченностью соответствуют данным полученным при проведенных опытах.

### 3.8. Выводы по главе

1. Определены основные параметры, которые оказывают влияние на качество готового объекта строительства:

- Исходно-разрешительная документация (ИРД);
- Инженерные изыскания;

- Проектная документация (ПД);
- Организационная структура организации;
- Используемое оборудование и материалы;
- Осуществление строительно-монтажных работ;
- Исполнительные и иные документы, которые необходимо оформить, чтобы произвести сдачу объекта в эксплуатацию, пройти экспертизу на соответствие утвержденным нормам.

2. Исследованы основные факторы, влияющие на комплексный показатель качества на предпроектной стадии, на стадии инженерных изысканий, проектирования и строительства.

3. Применение дисперсионного и факторного анализов позволило выделить четыре группы факторов:

- первая группа  $z_1$ : технические условия на объекты ( $P_1$ ) и соблюдение последовательности работ ( $P_6$ );

- вторая группа  $z_2$ : достоверный и полный объем материалов, включающий все разделы по инженерным изысканиям ( $P_2$ ) и проведение геотехнического мониторинга ( $P_7$ );

- третья группа  $z_3$ : соблюдение требованиям организационно-технических решений ( $P_5$ ) и наличие подъемных механизмов ( $P_8$ );

- четвертая группа  $z_4$ : применение промышленных опалубочных систем ( $P_{10}$ ) и использование современного инженерного оборудования ( $P_{11}$ ).

4. Экспериментальные исследования позволили получить математическую модель в виде регрессионного уравнения второй степени. При планировании эксперимента использован ОЦКП, при применении которого удалось сократить число опытов до 25. При обработке экспертных оценок использован робастный подход.

5. Изучена зависимость комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий при изменении показателей групп факторов. Построен трехмерный график поверхности уравнения регрессии, исходя из различных групп факторов.

Полученные поверхности изучены попеременным сочетанием двух действующих факторов, когда остальные два находятся в фиксированном положении.

6. Описано формирование методики комплексной оценки качества многоэтажных жилых зданий в процессе организации строительства. Данная методика позволяет на различных стадиях инвестиционно-строительного проекта при помощи такого инструмента, как «комплексный показатель качества многоэтажных жилых зданий», определять уровень качества, а также корректировать организационно-технические решения при необходимости.

7. Выполнен расчет весовых показателей исследуемых факторов с точки зрения влияния на комплексный показатель качества в рамках расширенной математической модели. Общий вес всей организационно-управленческой модели равен 1. Наибольшее влияние (вес) имеет параметр  $P_1$  – технические условия на объекты; наименьшее влияние (вес)  $P_{11}$  – использование современного инженерного оборудования.

## **Глава 4. Практическое применение комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий**

В данной главе описана апробация и внедрение методики комплексной оценки качества многоэтажных жилых зданий.

Применение результатов исследования (расчет комплексного показателя качества) производился при строительстве многоэтажных жилых зданий на объектах «Жилой 25-этажный дом ЖК «Саларьево парк» к. 9», «Жилой 25-этажный дом ЖК «Саларьево парк» к. 18.2», по адресу: г. Москва, НАО, поселение Московское (ГК «ПИК»).

### **4.1. Расчет комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий**

В рамках проведенного в данном диссертационном исследовании эксперимента по каждой группе факторов (переменных регрессионного уравнения) проводилось рассмотрение трех уровней варьирования значимости.

Необходимо подчеркнуть, количество уровней варьирования и количество переменных может быть неопределенное количество.

Чтобы получить возможность использовать расчетную математическую модель в описанном экспериментальном процессе, важно, чтобы сумма значений по всем параметрам соответствовала контрольным точкам на плане проводимого опыта.

В качестве контрольных точек выберем:  $Y_1$ ,  $Y_{16}$ ,  $Y_{25}$ .

Точка плана  $Y_1$  (91,25) – абсолютно все группы параметров обусловлены верхними уровнями значимости;

Точка плана  $Y_{16}$  (27,5) – все уровни значимости нижние;

Точка плана  $Y_{25}$  (58,12) – абсолютно все группы параметров обусловлены основными (нулевыми) уровнями значимости.

В связи с тем, что суммарное значение весов параметров организационно-управленческой модели имеет значение 1, для приведения математической

модели (3.16) в аналогию с экспериментальными данными есть необходимость принятия значения нижнего уровня параметра организационно-управленческой модели 27,5; значение основного уровня будет принято равным 58,12; значение верхнего уровня будет принято равным 91,25.

Учитывая вышесказанное, рассмотрим уровни варьирования факторов и их значения (Таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Уровни варьирования факторов и их значения

№ п/п	Наименование факторов	Условное обозначение	Уровни варьирования	Значение	Код значения
1.	Технические условия на объекты	P <sub>1</sub>	присутствуют	91,25	3
			частично присутствуют	58,12	2
			не присутствуют	27,5	1
2.	Достоверный и полный объем материалов, включающий все разделы по инженерным изысканиям (отчеты об инженерно-геодезических, инженерно-геологических, инженерно-экологических, инженерно-гидрологических изысканиях)	P <sub>2</sub>	присутствие всех разделов и отчетов	91,25	3
			отсутствие отдельных разделов и отдельных отчетов	58,12	2
			отсутствие большинства разделов и отчетов	27,5	1
3.	Соблюдение требований организационно-технических решений	P <sub>5</sub>	соблюдены	91,25	3
			соблюдены частично	58,12	2
			не соблюдены	27,5	1

4.	Соблюдение последовательности работ	P <sub>6</sub>	соблюдена соблюдена частично не соблюдена	91,25 58,12 27,5	3 2 1
5.	Проведение геотехнического мониторинга	P <sub>7</sub>	проведен проведен частично не проведен	91,25 58,12 27,5	3 2 1
6.	Наличие подъемных механизмов	P <sub>8</sub>	на площадке имеются подъемные краны, грузо-пассажирские подъемники и другие механизмы подачи на высоту бетона и смесей на площадке имеются подъемные краны и пассажирские подъемники на строительной площадке работают подъемные краны, выполняющие все виды подъемов	91,25 58,12 27,5	3 2 1
7.	Применение промышленных опалубочных систем	P <sub>10</sub>	применены применены частично не применены	91,25 58,12 27,5	3 2 1



8.	Использование современного инженерного оборудования	P <sub>11</sub>	использовано	91,25	3
			использовано частично	58,12	2
			не использовано	27,5	1

После получения безразмерного дискретного значения при возведении многоэтажного жилого здания для его качественной интерпретации необходимо адаптировать «использование количественных диапазонов значений обобщенной функции желательности Харрингтона» [113] согласно Таблице 4.2 под определенные.

Таблица 4.2 – Связь между количественными значениями безразмерной шкалы и психологическим восприятием человека

<b>Желательность</b>	<b>Количественная отметка на шкале желательности</b>
Очень хорошо	0,80–1,00
Хорошо	0,64–0,79
Удовлетворительно	0,37–0,63
Плохо	0,20–0,36
Очень плохо	0,00–0,19

Далее адаптированные количественные диапазоны значений функции в качественной интерпретации на основании принципа подобия представлены в Таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Перевод количественной оценки в качественную

<b>№ п.п.</b>	<b>Градация значений</b>	<b>Градация шкала желательности</b>	<b>Психофизическая оценка</b>
1.	Более 91,25	0,80–1,00	Очень хорошо
2.	63.10–91,24	0,64–0,79	Хорошо

3.	58,12–63,00	0,37–0,63	Удовлетворительно
4.	27,5–58,11	0,20–0,36	Плохо
5.	Менее 27,49	0,00–0,19	Очень плохо

В связи с тем, что количественный диапазон значений, имеющих качественные интерпретации значений функции «хорошо» и «очень хорошо» и «плохо» и «очень плохо», для строительства носят одинаковую смысловую нагрузку, то их необходимо объединить.

Итоговая таблица качественной интерпретации дискретной оценки качества многоэтажных жилых зданий представлена в Таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Перевод количественной оценки в качественную

№ п.п.	Градация значений	Градация шкала желательности	Психофизическая оценка
1.	Более 63,10	0,64–1,00	Хорошо
2.	58,12–63,00	0,37–0,63	Удовлетворительно
3.	Менее 58,11	0,00–0,36	Плохо

Все значения КПП ниже отметки 58,12 будут свидетельствовать о неудовлетворительном состоянии организационно-управленческой системы строительной компании.

## 4.2. Внедрение результатов диссертационного исследования

Применение результатов исследования (расчет комплексного показателя качества) производился при строительстве многоэтажных жилых зданий в Московской области.

Жилой район «Саларьево парк» расположен на юго-западе города Москвы.

Площадь застройки более 600 тысяч квадратных метров.

Масштабный проект возводится в несколько очередей и включает в себя не только жилые дома, но и всю необходимую инфраструктуру: детские сады, школы и паркинги. Активно идет заселение построенных корпусов.

Объект «Жилой 25-этажный дом ЖК «Саларьево парк» к. 9» по адресу: г. Москва, НАО, поселение Московское (ГК «ПИК»).

Окончание строительства: октябрь 2018 года.

Ввод 9 корпуса в эксплуатацию: IV квартал 2018 года (разрешение на ввод объекта в эксплуатацию № 77-239000-008667-2018 выдано Комитетом государственного строительного надзора города Москвы 11 декабря 2018 года).

Заселение (выдача ключей жильцам): с 28 декабря 2018 года по 28 марта 2019 года.

Общая информация. Этажность: 25; количество подъездов: 1; квартир: 192; первый этаж: коммерческий; подземная парковка: нет; кладовые: 49.

Планируемая стоимость строительства: 540 709 000 рублей.

Общие показатели вводимого в эксплуатацию объекта по проекту и фактически приведены в Таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Общие показатели вводимого в эксплуатацию объекта

Наименование показателя	Единица измерения	По проекту	Фактически
Строительный объем – всего, в том числе надземной части	куб. м.	55580,6	55580,6
		53341,1	53341,1
Общая площадь	кв. м.	16909,4	16909,4
Площадь нежилых помещений, встроенно-пристроенных помещений общественного назначения 1 эт.	кв. м.	479,4	486,0
Кладовые (внеквартирные)	шт. / кв. м.	49/217,0	49/219,0

Площадь нежилых помещений	кв. м.	-	-
Количество зданий, сооружений	шт.	6	6



Рисунок 4.1 – Жилой 25-этажный дом ЖК «Саларьево парк» к. 9

На объекте «Жилой 25-этажный дом ЖК «Саларьево парк» к. 9» (Рисунок 4.1) были определены значения факторов и комплексного показателя качества.

Нами был получен следующий результат как итог расчета:

$$\text{КПР} = \sum_{i=1}^n W_i p_i = 46,17. \quad (4.1)$$

Полученное нами значение находилось в диапазоне значений психофизической оценки «плохо». Данные представлены в Таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Уровни варьирования факторов и их значение

№ п/п	Наименование фактора	Условное обозначение	Уровни варьирования	Значение	Код значения
1.	Технические условия на объекты	P <sub>1</sub>	частично присутствуют	58,12	2
2.	Достоверный и полный объем материалов, включающий все разделы по инженерным изысканиям (отчеты об инженерно-геодезических, инженерно-геологических, инженерно-экологических, инженерно-гидрологических изысканиях)	P <sub>2</sub>	отсутствие отдельных разделов и отдельных отчетов	58,12	2
3.	Соблюдение требований организационно-технических решений	P <sub>5</sub>	частично соблюдены	58,12	2
4.	Соблюдение последовательности работ	P <sub>6</sub>	не соблюдена	27,5	1
5.	Проведение геотехнического мониторинга	P <sub>7</sub>	не проведен	27,5	1
6.	Наличие подъемных механизмов	P <sub>8</sub>	на площадке имеются подъемные краны и пассажирские подъемники	58,12	2
7.	Применение промышленных опалубочных систем	P <sub>10</sub>	не применены	27,5	1
8.	Использование современного инженерного оборудования	P <sub>11</sub>	не использовано	27,5	1

Далее использован алгоритм по повышению значения комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий.

Проанализировав данные, мы пришли к выводу, что для достижения психофизического уровня «хорошо» необходимо повышение четырех из параметров до верхнего уровня. Это возможно достичь, используя организационно-технические решения, которые напрямую или косвенно связаны с рассматриваемыми параметрами.

Определено, что на данные показатели можно повлиять с минимальными финансовыми потерями:

- Соблюдение последовательности работ (P<sub>6</sub>);
- Наличие подъемных механизмов (P<sub>8</sub>);
- Применение индустриальных опалубочных систем (P<sub>10</sub>);
- Использование современного инженерного оборудования (P<sub>11</sub>).

Как результат было получено следующее значение:

$$КПР_{(2)} = \sum_{i=1}^n W_i p_i = 63,39. \quad (4.2)$$

Данное значение соответствовало психофизической оценке «хорошо». Данные представлены в Таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Уровни варьирования факторов и их значение

№ п/п	Наименование фактора	Условное обозначение	Уровни варьирования	Значение	Код значения
1.	Технические условия на объекты	P <sub>1</sub>	частично присутствуют	58,12	2
2.	Достоверный и полный объем материалов, включающий все разделы по инженерным изысканиям (отчеты об инженерно-геодезических, инженерно-геологических, инженерно-экологических, инженерно-гидрологических изысканиях)	P <sub>2</sub>	отсутствие отдельных разделов и отдельных отчетов	58,12	2

3.	Соблюдение требований организационно-технических решений	P <sub>5</sub>	частично соблюдены	58,12	2
4.	Соблюдение последовательности работ	P <sub>6</sub>	соблюдена	91,25	3
5.	Проведение геотехнического мониторинга	P <sub>7</sub>	не проведен	27,5	1
6.	Наличие подъемных механизмов	P <sub>8</sub>	на площадке имеются подъемные краны, грузо - пассажирские подъемники и другие механизмы подачи на высоту бетона и смесей	91,25	3
7.	Применение промышленных опалубочных систем	P <sub>10</sub>	частично применены	58,12	2
8.	Использование современного инженерного оборудования	P <sub>11</sub>	частично использовано	58,12	2

Объект «Жилой 25-этажный дом ЖК «Саларьево парк» к. 18.2» по адресу: г. Москва, НАО, поселение Московское (ГК «ПИК») (Разрешение на строительство № 77-239000-016298-2018 от 30 января 2018 года выдано Комитетом государственного строительного надзора города Москвы).

Ввод корпуса 18.2 в эксплуатацию: III квартал 2020 года.

Общая информация. Этажность: 25 – 15 – 15 – 15 – 15 – 15; количество подъездов: 6; квартир: 288 + 59 + 59 + 56 + 70 + 70; первый этаж: жилой / коммерческий (секция 5, 8, 9, 10); подземная парковка: общая корпусов 18.1 и 18.2 – 272 машино-мест; кладовые: 200.

Площадь земельного участка 28591 м<sup>2</sup>.

Планируемая стоимость строительства: 6 795 589 000 рублей.

Общие показатели вводимого в эксплуатацию объекта по проекту и фактически приведены в Таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Общие показатели строительного объекта

Наименование показателя	Единица измерения	По проекту	Фактически
Общая площадь	кв. м.	106 154,4	-
Сумма общей площади всех жилых помещений	кв. м.	66 514,9	-
Сумма общей площади всех нежилых помещений	кв. м.	7 786,94	-
Сумма общей площади всех жилых и нежилых помещений	кв. м.	74 301,84	-
Количество жилых помещений	шт.	1277	-
Количество нежилых помещений	шт.	741	-





Рисунок 4.2 – Жилой 25-этажный дом ЖК «Саларьево парк» к. 18.2

На объекте «Жилой 25-этажный дом ЖК «Саларьево парк» к. 18.2» (Рисунок 4.2) нами был получен следующий результат как итог расчета:

$$\text{КПР} = \sum_{i=1}^n W_i p_i = 59,74 \quad (4.3)$$

Полученное значение находилось в диапазоне значений психофизической оценки «удовлетворительно». Данные представлены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Уровни варьирования факторов и их значение

№ п/п	Наименование фактора	Условное обозначение	Уровни варьирования	Значение	Код значения
-------	----------------------	----------------------	---------------------	----------	--------------

1.	Технические условия на объекты	P <sub>1</sub>	частично присутствуют	58,12	2
2.	Достоверный и полный объем материалов, включающий все разделы по инженерным изысканиям (отчеты об инженерно-геодезических, инженерно-геологических, инженерно-экологических, инженерно-гидрологических изысканиях)	P <sub>2</sub>	отсутствие отдельных разделов и отдельных отчетов	58,12	2
3.	Соблюдение требований организационно-технических решений	P <sub>5</sub>	частично соблюдены	58,12	2
4.	Соблюдение последовательности работ	P <sub>6</sub>	частично соблюдена	58,12	2
5.	Проведение геотехнического мониторинга	P <sub>7</sub>	не проведен	27,5	1
6.	Наличие подъемных механизмов	P <sub>8</sub>	на площадке имеются подъемные краны, грузо - пассажирские подъемники и другие механизмы подачи на высоту бетона и смесей	91,25	3
7.	Применение промышленных опалубочных систем	P <sub>10</sub>	частично применены	58,12	2
8.	Использование современного инженерного оборудования	P <sub>11</sub>	частично использовано	58,12	2

Далее использован алгоритм по повышению значения комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий.

Проанализировав данные, мы пришли к выводу, что для достижения психофизического уровня «хорошо» следует повышение двух из параметров:

– Соблюдение последовательности работ (P<sub>6</sub>);

– Применение промышленных опалубочных систем (P<sub>10</sub>).

Как результат был получено следующее значение:

$$\text{КПР} = \sum_{i=1}^n W_i p_i = 66,37 \quad (4.4)$$

Данное значение соответствовало психофизической оценке «хорошо». Данные представлены в Таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Уровни варьирования факторов и их значение

№ п/п	Наименование фактора	Условное обозначение	Уровни варьирования	Значение	Код значения
1.	Технические условия на объекты	P <sub>1</sub>	частично присутствуют	58,12	2
2.	Достоверный и полный объем материалов, включающий все разделы по инженерным изысканиям (отчеты об инженерно-геодезических, инженерно-геологических, инженерно-экологических, инженерно-гидрологических изысканиях)	P <sub>2</sub>	отсутствие отдельных разделов и отдельных отчетов	58,12	2
3.	Соблюдение требований организационно-технических решений	P <sub>5</sub>	частично соблюдены	58,12	2
4.	Соблюдение последовательности работ	P <sub>6</sub>	соблюдена	91,25	3
5.	Проведение геотехнического мониторинга	P <sub>7</sub>	не проведен	27,5	1
6.	Наличие подъемных механизмов	P <sub>8</sub>	на площадке имеются подъемные краны, грузо - пассажирские подъемники и другие механизмы	91,25	3

			подачи на высоту бетона и смесей		
7.	Применение промышленных опалубочных систем	P <sub>10</sub>	применены	91,25	3
8.	Использование современного инженерного оборудования	P <sub>11</sub>	частично использовано	58,12	2

В рамках проведенного внедрения на реальных объектах строительства уставлена и доказана реальная значимость методики, разработанной автором в рамках диссертационной работы.

Данная методика является полноценным инструментом для участников строительства, позволяющая на различных стадиях строительного проекта при помощи такого инструмента, как «комплексный показатель качества многоэтажных жилых зданий», определять уровень качества, а также корректировать организационно-технические решения при необходимости.

Выявлено, что основополагающее значение полученных методов повышения организационно-технических мероприятий предполагает возможность использовать наглядный принцип, составлять объяснение для получения оценки имеющихся организационно-технических мероприятий, которой зачастую пренебрегают из-за отсутствия должного времени, невозможности оперативно выяснить, какие участки производства работ считаются проблемными, которые впоследствии потребуют проведения дополнительных работ. Эта задача может быть действительно успешно решена, если проводить комплексную оценку организационно-технических решений посредством анализа и грамотного расчета составляющих КТР.

#### **4.3. Оценка экономической эффективности повышения качества многоэтажных жилых зданий**

Разработав методику, которая позволяет определять результативность принятых организационно-технических решений при возведении многоэтажных

жилых зданий, а также методику, способную положительно влиять на качество строительства при возведении многоэтажных жилых зданий, в рамках диссертационного исследования целесообразно рассмотреть вопрос экономической эффективности от повышения качества строительства при проектировании и возведении многоэтажных жилых зданий.

Главным вопросом в процессе строительства, на который следует обратить особое внимание, является вопрос по сокращению временных затрат с минимальными потерями и соблюдением полного контроля качества работ.

Заинтересованность инвесторов заключается в следующем:

- 1) в уменьшении времени длительности всего инвестиционно-строительного цикла;
- 2) в сокращении накладных и прямых расходов по строительному проекту;
- 3) в повышении стоимости на объекты недвижимости;
- 4) в снижении эксплуатационных расходов.

В рамках диссертационной работы нами рассматривается экономическая эффективность от применения разработанной методики на примере объекта «Жилой 25-этажный дом ЖК «Саларьево парк» к. 9».

Доказано, что для достижения психофизического уровня «хорошо» следует повышение таких четырех факторов, как:

- Соблюдение последовательности работ ( $P_6$ );
- Наличие подъемных механизмов ( $P_8$ );
- Применение индустриальных опалубочных систем ( $P_{10}$ );
- Использование современного инженерного оборудования ( $P_{11}$ ).

В Таблице 4.11 проанализированы данные факторы с точки зрения продолжительности строительства и, соответственно, затрат на трех уровнях варьирования.

Таблица 4.11 – Анализ факторов на различных уровнях варьирования

Факторы	Код	-1	0	+1
---------	-----	----	---	----

Соблюдение последовательности работ	P <sub>6</sub>	Последовательность работ не соблюдена, издержки на исправление ошибок	Последовательность работ соблюдена частично -	Последовательность работ соблюдена, высокое качество конечного продукта
Наличие подъемных механизмов	P <sub>8</sub>	На строительной площадке работают подъемные краны, выполняющие все виды подъемов, дополнительные трудовые ресурсы	На площадке имеются подъемные краны и пассажирские подъемники -	На площадке имеются подъемные краны, грузопассажирские подъемники и другие механизмы подачи на высоту бетона и смесей, скорость строительства, сокращение численности персонала
Применение промышленных опалубочных систем	P <sub>10</sub>	Не применены, повышение эксплуатационных затрат	Частично применены -	Применены, скорость строительства, высокое качество конечного продукта, высокая прочность, технологичность процесса
Использование современного инженерного оборудования	P <sub>11</sub>	Не использовано, дополнительные трудовые ресурсы	Частично использовано -	Использовано, сроки работы, сокращение численности персонала

Сокращение сроков, необходимых на строительство объектов, прежде всего, определяется последовательностью выполнения работ. К примеру, при строительстве крупных объектов это происходит за счет совмещения монтажных и общестроительных работ.

Необходимо сказать, что промышленное строительство применяет грузоподъемное оборудование и механизмы, а это способствует более быстрому

возведению зданий и сооружений из элементов с высокой заводской готовностью и металлоконструкций.

Также сокращение сроков возведения объектов можно достичь объединением различных проектных, производственных, строительных процессов при условии полного соблюдения контроля качества выполненных работ.

Помимо этого, применение самых разных подъемных механизмов дает возможность корректировать предварительно согласованные сроки строительства, выгодно сокращая финансовые, материальные и временные затраты.

Правильный выбор опалубочных индустриальных систем влияет на качество строительства, сроки работы, технологичность процесса.

Применение современного инженерного оборудования позволяет сократить количество необходимого для работы персонала.

Прежде чем разработать календарный план строительства, начать производство работ, были проанализированы:

- объем работ отдельно по каждому виду строительства;
- составлен перечень монтажных и строительных процессов, требуемых для строительства;
- основная строительная техника и методы выполнения работ;
- трудозатраты по видам работ, потребность в оборудовании и рабочих;
- технологическая последовательность, а также сменность строительных и монтажных работ;
- выполнен расчет продолжительности по времени строительных работ, включая совмещение монтажных и общестроительных работ одновременно;
- выполнена корректировка по таким данным (временная, финансовая и по трудозатратам);
- сделаны расчеты по правилам и нормам СНиП;
- составлены графики потребности материальных ресурсов, способы обеспечения ими.

В календарном плане строительных работ отражаются такие документы:

- рабочие чертежи сооружения или здания;

- проект организации строительных работ;
- сводная смета строительства;
- способы и сроки поставки оборудования, материалов и конструкций;
- данные количественного плана по использованию механизмов, машин и техники;
- данные о рабочих бригадах, включая перечисление профессий основного состава;
- технологические карты на методы производства и сложные работы строительного характера;
- типовые техкарты с привязкой непосредственно к месту возведения объекта;
- сроки строительства, установленные согласно условиям договора.

Календарный план строительных работ включает в себя следующие документальные сведения:

- рабочие чертежи здания или сооружения;
- сводную смету строительства;
- проект организации строительных работ;
- сроки и способы поставки конструкций, материалов и оборудования;
- количественные данные использования техники, машин и механизмов;
- информацию о рабочих бригадах, с перечислением основных профессий;
- технологические карты на сложные строительные работы и методы производства;
- типовые технологические карты, привязанные к месту строительства объекта;
- установленные сроки строительства по условиям договора.

Продолжительность выполнения работ на объекте «Жилой 25-этажный дом ЖК «Саларьево парк» к. 9» до внедрения методики приведена в Таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Продолжительность выполнения работ на объекте «Жилой 25-этажный дом ЖК «Саларьево парк» к. 9» до внедрения методики



<b>Шифр работы</b>	<b>Наименование работ</b>	<b>Продолжительность работ, дни</b>
<b>1-2</b>	Подготовительный период	<b>52</b>
<b>2-3</b>	Возведение подземной части дома	<b>63</b>
<b>3-4</b>	Возведение надземной части дома	<b>314</b>
<b>4-5</b>	Отделочные работы	<b>166</b>
<b>4-6</b>	Санитарно-технические работы	<b>65</b>
<b>4-7</b>	Электромонтажные работы	<b>47</b>
<b>7-8</b>	Пусконаладочные работы	<b>16</b>
<b>7-9</b>	Благоустройство	<b>14</b>
<b>7-10</b>	Неучтенные работы	<b>45</b>
<b>10-11</b>	Сдача объекта	<b>10</b>
	Количество дней всего	<b>792</b>

Согласно построенному сетевому графику, общая продолжительность строительства до внедрения методики составляет 650 дней (Приложение 4).

Таблица 4.13 – Продолжительность выполнения работ на объекте «Жилой 25-этажный дом ЖК «Саларьево парк» к. 9» после внедрения методики

<b>Шифр работы</b>	<b>Наименование работ</b>	<b>Продолжительность работ, дни</b>
<b>1-2</b>	Подготовительный период	<b>50</b>
<b>2-3</b>	Возведение подземной части дома	<b>60</b>
<b>3-4</b>	Возведение надземной части дома	<b>302</b>
<b>4-5</b>	Отделочные работы	<b>164</b>
<b>4-6</b>	Санитарно-технические работы	<b>62</b>
<b>4-7</b>	Электромонтажные работы	<b>45</b>
<b>7-8</b>	Пусконаладочные работы	<b>16</b>
<b>7-9</b>	Благоустройство	<b>14</b>
<b>7-10</b>	Неучтенные работы	<b>45</b>
<b>10-11</b>	Сдача объекта	<b>10</b>
	Количество дней всего	<b>768</b>

Согласно построенному сетевому графику, общая продолжительность строительства после внедрения методики составляет 631 дней (Приложение 4).

Таким образом, проведенный анализ на реальном объекте позволяет прийти к выводу, что повышение факторов до более высокого уровня приводит к сокращению продолжительности строительства на 19 дней, а соответственно, и к сокращению затрат на сумму порядка 15 805 340 рублей, тем самым к повышению экономического эффекта.

#### **4.4. Выводы по главе**

1. Для приведения математической модели в аналогию с экспериментальными данными приняты значение нижнего уровня параметра организационно управленческой модели 27,5; значение основного уровня – 58,12; значение верхнего уровня – 91,25.

2. Приведено описание применения методики комплексной оценки качества многоэтажных жилых зданий на примере возведения объектов группы компаний «ПИК». Разработанная методика позволяет вычислить результативность принятых во время производства многоэтажного жилого строительства организационно-технических решений.

3. Установлена возможность и целесообразность внедрения указанной методики в гражданское строительство. Данная методика позволяет комплексно оценивать и измерять качество многоэтажных жилых зданий.

4. Проведена оценка экономической эффективности повышения качества многоэтажных жилых зданий. Доказано, что повышение факторов до более высокого уровня приводит к сокращению сроков строительства на 19 дней, сокращение затрат, связанных с возведением рассматриваемого объекта, составляет порядка 15 805 340 рублей, что приводит к повышению экономического эффекта.

## Заключение

1. Проведен обзор современных методик оценки качества многоэтажных жилых зданий, который позволяет прийти к выводу, что на данный момент актуальной проблемой является отсутствие комплексного подхода к оцениванию качества многоэтажных жилых зданий, который помогал бы учитывать комплекс имеющихся факторов, влияющих на уровень качества строительства жилых многоэтажных зданий, удовлетворять потребности строительной отрасли в контроле качества строительного производства во время всего жизненного цикла осуществляемого проекта; обозначены основные этапы жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта. В рамках диссертационной работы автор рассматривает реализацию строительного объекта, включающую предынвестиционные исследования и планирование проекта, проектный и строительный этапы; доказана справедливость выдвинутой в работе гипотезы о возможности практического использования понятия «комплексный показатель качества многоэтажных жилых зданий».

2. Проведен выбор, структуризация и ранжирование основных факторов, оказывающих влияние на качество многоэтажных жилых зданий на различных стадиях жизненного цикла проекта в процессе организации строительства.

3. Создан математический аппарат для определения численного значения предлагаемого многофакторного критерия; сформирована методика для расчета комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий в процессе организации строительства. Данная методика позволяет на различных стадиях инвестиционно-строительного проекта при помощи такого инструмента, как «комплексный показатель качества многоэтажных жилых зданий», определять уровень качества, а также корректировать организационно-технические решения, при необходимости.

4. Изучено поведение комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий при изменении показателей различных групп факторов. Построен трехмерный график поверхности уравнения регрессии, исходя из различных

групп факторов. Полученные поверхности изучены попеременным сочетанием двух действующих факторов, когда остальные два находятся в фиксированном положении.

5. Установлена возможность и целесообразность внедрения указанной методики в жилищное строительство. Данная методика позволяет комплексно оценивать и измерять качество многоэтажных жилых зданий; выполнена практическая апробация и внедрение результатов исследования на объектах «Жилой 25-этажный дом ЖК «Саларьево парк» к. 9», «Жилой 25-этажный дом ЖК «Саларьево парк» к. 18.2» (ГК «ПИК»); проведена оценка экономической эффективности повышения качества многоэтажных жилых зданий. Доказано, что повышение факторов до более высокого уровня приводит к сокращению продолжительности строительства на 19 дней, сокращение затрат, связанных с возведением рассматриваемого объекта, составляет порядка 15 805 340 рублей.

## **Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы**

1. Расширение базы данных, которая позволяет определять комплексный показатель качества многоэтажных жилых зданий;
2. Создание программы, позволяющей автоматизировать сбор данных и визуализировать результаты применения метода повышения качества многоэтажных жилых зданий.

## Список литературы

1. Анфилатов, В. С. Системный анализ в управлении: учебное пособие для студентов вузов / В. С. Анфилатов. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 225 с.
2. Антонов, А. В. Системный анализ: учебник / А. В. Антонов. – М. : Высшая школа, 2004. – 357с.
3. Аронов, И. З. Обзор современных подходов к обеспечению качества и безопасности сложных систем на основе анализа видов, последствий и критичности отказов / И. З. Аронов // Надежность и контроль качества. – 1996. – № 11. – С. 5–14.
4. Байбурин, А. Х. Комплексная оценка качества строительно-монтажных работ / Вестник ЮУрГУ. – 2005. – № 13.
5. Байбурин, А. Х. Комплексная оценка качества возведения гражданских зданий с учетом факторов, влияющих на их безопасность: дис. ... докт. техн. наук / Байбурин Альберт Халитович ; Санкт-Петербург, 2012.
6. Байбурин, А. Х. Оценка системы качества строительной организации / А. Х. Байбурин, С. Г. Головнев // Известия вузов. Строительство. – 2001. – № 1. – с. 57–61.
7. Байбурин, А.Х. Качество возведения крупнопанельных зданий / А. Х. Байбурин // Жилищное строительство. – 2002. – № 10. – С. 12–13.
8. Бережный, А. Ю. Системотехника строительства как теоретическая основа для оценки обобщенного показателя экологической нагрузки при возведении строительного объекта // Техническое регулирование. Строительство, проектирование и изыскания. – 2011. – № 10 (11). – С. 50–52.
9. Бессонов, А. К. Инновационный потенциал строительных предприятий: формирование и использование в процессе инновационного развития / А. К. Бессонов, Н. Г. Верстина, Ю. Н. Кулаков. – М. : Изд-во АСВ, 2009. – 166 с.
10. Бешелев, С. Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С. Д. Бешелев, Ф. Г. Гурвич. – М. : Статистика, 1980. – 263 с.

11. Богомолов, Ю. М. Применение экспертных систем в строительстве / Ю. М. Богомолов. – Минск, 1990.
12. Бережный, А. Ю. Зависимость комплексного показателя экологической нагрузки от организационно-технологических решений при оценке воздействия строительства на окружающую среду: дис. ... докт. техн. наук / Бережный Александр Юрьевич ; Москва, 2012. – 125 с.
13. Бережный, А. Ю. Использование комплексного показателя экологической нагрузки при выборе подрядной организации / А. Ю. Бережный, Х. Л.-А. Сайдаев // Технология и организация строительного производства. – 2012. – № 1. – С. 26–27.
14. Боброва, Н. Е. Системы менеджмента качества как основной вид контроля качества в строительстве / Н. Е. Боброва, Л. В. Волкова // Молодой ученый. – 2019. – № 46 (284). – С. 54–57.
15. Волков, А. А. Системотехника функционального моделирования интеллектуальных зданий / А. А. Волков, Е. И. Батов // Вестник МГСУ. – 2015. – № 10. – С. 188–193.
16. Волков, А. А. Методология проектирования функциональных систем управления зданиями и сооружениями (гомеостат строительных объектов): дис. ... докт. техн. наук / Волков Андрей Анатольевич ; МГСУ. – Москва, 2003. – 350 с.
17. Гаврилов, В. А. Комплексный показатель качества для квалиметрической оценки процессов / В. А. Гаврилов, С. В. Дранишников // Методы менеджмента качества. – 2004. – № 5. – С. 41–50.
18. Гинзбург, А. В. Автоматизация проектирования организационно-технологической надежности функционирования строительных организаций: дис. ... докт. техн. наук / Гинзбург Александр Витальевич ; МГСУ. – Москва, 1999. – 390 с.
19. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения [Текст] : ГОСТ 15467-79.
20. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения [Текст] : ГОСТ 16504-81.

21. Статистические методы. Приемочный контроль качества. Общие требования [Текст] : ГОСТ Р 50779.30-95.
22. Системы менеджмента качества. Требования [Текст] : ГОСТ Р ИСО 14001-2011. – М. : Стандартиформ, 2012. – 28 с.
23. Проектный менеджмент. Требования к управлению проектом [Текст] : ГОСТ Р 54869-2011. – М. : Стандартиформ, 2012. – 8 с.
24. Градостроительный кодекс РФ : с комментариями к последним изменениям. – 2021.
25. Гусаков, А. А. Системотехника строительства: энциклопедический словарь / под ред. А. А. Гусакова. – М. : АСВ, 2004. – 432 с.
26. Гусаков, А. А. Системотехника строительства / А. А. Гусаков. – М. : Стройиздат, 1993. – 368 с.
27. Гусаков, А. А. Методы формирования строительных систем : уч. пособие / А. А. Гусаков, Е. С. Корытова, И. Б. Муханов, А. Е. Щеголь. – М. : МИСИ, 1988. – 47 с.
28. Говоруха, П. А. Локальный организационно-технологический потенциал как комплексный показатель эффективности устройства ограждающих конструкций жилых зданий / П. А. Говоруха // Научное обозрение. – 2017. – № 13. – С. 11–16.
29. Говоруха, П. А. Описание многофакторного эксперимента для показателя эффективности организационно-технологических решений возведения ограждающих конструкций / П. А. Говоруха // Наука и бизнес: пути развития. – 2018. – № 3 (81). – С. 85–88.
30. Говоруха, П. А. Статистическая обработка результатов многофакторного эксперимента для показателя эффективности организационно-технологических решений возведения ограждающих конструкций / П. А. Говоруха // Наука и бизнес: пути развития. – 2018. – № 4 (82). – С. 46–49.
31. Глобальные процессы, безопасность и устойчивое развитие // Вестник Высшей школы. – 2012. – № 3. – С. 7–13.



32. Дикман, Л. Г. Организация строительного производства / Л. Г. Дикман. – Москва : Академия, 2007. – 432 с.
33. Демидов, Л. П. Повышение потенциала строительной площадки за счет организационно-технологических решений: дис. ... докт. техн. наук / Демидов Леонид Павлович ; Москва, 2014. – 156 с.
34. Демидов, Л. П. Экспериментальный подход к оценке зависимости потенциала строительной площадки от групп факторов / Л. П. Демидов // Технология и организация строительного производства. – 2014. – № 2 (7). – С. 46–49.
35. Доладов, Ю. И. Изменение нормативной базы и организационно-технологической документации по контролю качества в строительстве / Ю. И. Доладов, О. Ю. Хмылёва // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство: сборник статей. – Самарский государственный технический университет. – Самара, 2017. – С. 348–352.
36. Дмитриев, А. С. Проблемы контроля качества работ в современном строительстве / А. С. Дмитриев, А. В. Квитко // Научно-исследовательские публикации. – 2015. – № 11 (31). – С. 78–83.
37. Джонсон, Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы обработки данных / Н. Джонсон, Ф. Лион. – М. : Издательство «Мир», 1980. – 602 с.
38. Ефимов, В. В. Статистические методы в управлении качеством: учебное пособие / В. В. Ефимов. – Ульяновск : УлГТУ, 2003. – 134 с;
39. Емельянов, С. В. Информационные технологии и системный анализ / С. В. Емельянов. – М. : УРРС. – 2004. – 354 с.
40. Захаров, В. Е. Информационно-аналитическая поддержка процессов управления материально-техническими ресурсами строительной организации: дис. ... докт. техн. наук / Захаров Виталий Евгеньевич ; Москва, 2002. – 170 с.
41. Кацыв П. Д. Экспертные методы совершенствования управления крупномасштабными организационными системами: дис. ... докт. техн. наук / Кацыв Петр Дмитриевич ; Москва, 2002.

42. Кобзарь, А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников / А. И. Кобзарь. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.
43. Кожин, В.А. Аттестация качества строительных конструкций и жилых зданий / В. А. Кожин, В. Л. Заверняев. – М. : Стройиздат, 1985. – 152 с.
44. Коуден, Д. Статистические методы контроля качества / Д. Коуден ; пер. с англ. – М. : Физматгиз, 1961. – 623 с.
45. Кириллов, В. И. Квалиметрия и системный анализ: учебное пособие / В. И. Кириллов. – Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М. – 2011. – 440 с.
46. Кожевников, Д. Г. Комплексная методика оценки эффективности организации строительного производства при ремонте инженерных коммуникаций: дис. ... докт. техн. наук / Кожевников Дмитрий Георгиевич ; – Москва, 2014. – 134 с.
47. Кожевников, Д. Г., Воеводин И. Г. Управление организационными и технологическими процессами реконструкции инженерных коммуникаций в информационной среде / Д. Г. Кожевников, И. Г. Воеводин // Технология и организация строительного производства. – 2013. – № 3 (4). – С. 43–44.
48. Каменева, М. Г. Контроль качества строительства как важный этап / М. Г. Каменева, Е. В. Чернышева // Актуальные проблемы менеджмента качества и сертификации : сборник докладов VI международной научно-практической интернет-конференции. – Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. – 2016. – С. 52–56.
49. Ковалева, Л. В. Вопросы контроля качества в строительстве / Л. В. Ковалева, П. Р. Демьяник // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. – 2017. – № 1. – С. 269–271.
50. Куренков, О. Г. Оценка степени отражения качества объекта в исполнительной документации / О. Г. Куренков, П. П. Олейник // Строительное производство. – 2019. – № 1. – С. 78–81.
51. Лapidус, А. А. Формирование интегрального потенциала организационно-технологических решений посредством декомпозиции основных

элементов строительного проекта / А. А. Лapidус // Вестник МГСУ. – 2016. – № 12. – 114–123 с.

52. Лapidус, А. А. Организационное проектирование и управление крупномасштабными инвестиционными проектами / А. А. Лapidус. – М. : Вокруг света, 1997.

53. Лapidус, А. А. Потенциал реализации крупномасштабного строительного проекта / А. А. Лapidус // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2004. – № 4 (63). – С.38–41.

54. Лapidус, А. А. Управление качеством строительного объекта посредством оптимизации производственно-технологических модулей / А. А. Лapidус, А. Ю. Бережный // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2010. – № 11. – С. 4–5.

55. Лapidус, А. А. Формирование факторов, характеризующих организационно-технологический потенциал устройства ограждающих конструкций / А. А. Лapidус, П. А. Говоруха // Научное обозрение. – 2016. – № 14. – С. 389–393.

56. Лapidус, А. А., Системно-комплексный метод реализации строительных проектов / А. А. Лapidус, И. Л. Абрамов // Наука и бизнес: пути развития. – 2017. – № 10 (76). – С. 39.

57. Лapidус, А. А. Инструмент оперативного управления производством - интегральный потенциал эффективности организационно-технологических и управленческих решений строительного объекта / А. А. Лapidус // Вестник МГСУ. – 2015. – № 1. – С.97–102.

58. Лapidус, А. А. Влияние параметров формирования организационной структуры строительной компании на обобщенный показатель экологической нагрузки / А. А. Лapidус, Х. Л-А. Сайдаев // Технология и организация строительного производства. – 2012. – № 1. – С. 50–52.

59. Лapidус, А. А. Оценка организационно-технологического потенциала строительного проекта, формируемого на основе информационных потоков / А. А. Лapidус, А.О. Фельдман // Вестник МГСУ. – 2015. – № 11. – С. 193–201.

60. Лapidус, А. А. Потенциал эффективности организационно-технологических решений строительного объекта / А. А. Лapidус // Вестник МГСУ. – 2014. – № 1. – С. 175–180.
61. Лapidус, А. А., Комплексный организационно-технологический показатель эффективности устройства ограждающих конструкций / А. А. Лapidус, П. А. Говоруха // Строительство и реконструкция. – 2015. – № 4 (60). – С. 163–167.
62. Любушин, Н. П. Использование обобщенной функции желательности в многопараметрических экономических задачах / Н. П. Любушин, Г. Е. Бригач // Экономический анализ: теория и практика. – 2014. – № 18 (369). – С. 2–10.
63. Лугина, К. А. Контроль качества производства строительномонтажных работ / К. А. Лугина, И. Н. Сегаев // Аллея науки. – 2017. – Т. 2, № 10. – С. 789–793.
64. Лукманова, И. Г. Менеджмент качества в строительстве / И. Г. Лукманова. – М. : Изд-во МГСУ, 2001. – 263 с.
65. Мазур, И. И. Управление проектами: учебное пособие для вузов / под общ. ред. И. И. Мазура, В. Д. Шапиро ; 8-е изд., стер. – Москва : ОМЕГА-Л. – 2012. – 959 с.
66. Малехин, В. Б. Разработка методики интегральной оценки качества строительномонтажных работ в реальном времени / В. Б. Малехин, А. Ш. Магдиев / Наукoведение. – 2014. – Вып. 4 (23).
67. Маргулин, В. М. Квалиметрическая экспертиза строительных объектов / В. М. Маргулин, Г. Г. Азгальдов. – СПб : Политехника. – 2008. – 527 с.
68. Математические методы обработки экспериментальных данных: учебное пособие. – Кемерово : ГУ КузГТУ, 2003. – 123 с.
69. Международные стандарты. Управление качеством продукции : ИСО 9000-9004, ИСО 8402. – М. : Изд-во стандартов, 1988.
70. Морозенко, А. А. Матрица проекта – основа оптимальной организационной структуры инвестиционно-строительного проекта / А. А. Морозенко // Промышленное и гражданское строительство. – 2015. – № 7. – С. 49–51.

71. Нанасов, А. М. Разработка метода оценки организационно-технологического потенциала реализации инвестиционно-строительных проектов: дис. ... канд. тех. наук: 05.02.22 / Нанасов Антон Михайлович ; МГСУ. – Москва, 2005. – 178с.
72. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь : Национальный стандарт Российской Федерации : ГОСТ Р ИСО 9001-2015.
73. Нормак, Э. В. Определение производственного потенциала строительной организации / Э. В. Нормак // Экономика строительства. – 1989. – № 12. – С. 43– 63.
74. Огвоздин, В. Ю. Управление качеством. Основы теории и практики: учебное пособие / В. Ю. Огвоздин ; 6-е издание. – М. : Изд. Дело и Сервис, 2009. – 304 с.
75. Олейник, П. П. Состав разделов организационно-технологической документации и требования к их содержанию: учебное пособие / П. П. Олейник, Б. Ф. Ширшиков. – М. : МГСУ, 2013. – 64 с.
76. Олейник, П. П. Проектирование организации строительства и производства строительно-монтажных работ: учебное пособие для вузов / П. П. Олейник, Б. Ф. Ширшиков. – М. : МГСУ, 2010. – 50 с.
77. Олейник, П. П. Организация строительного производства: монография / Олейник Павел Павлович ; Москва : Изд-во АСВ. – 2010. – 576 с.
78. О порядке проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства : Постановление Правительства РФ от 21 июня 2010 г. № 468.
79. Павлов, А.С. Использование ресурсов в строительных организациях: учеб. пособие для вузов / А.С. Павлов. – МГСУ. – М. : Архитектура-С, 2009. – 97 с.
80. Планирование эксперимента / Ефимов М. В.// Теория автоматического управления: учебное пособие. – Москва : МГУП, 2006. – 87с.
81. Правила устройства и безопасной эксплуатации строительных подъемников : ПБ 10-518-2002.

82. Рекомендации по установке и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов, строительных подъемников, грузоподъемных кранов-манипуляторов и подъемников (вышек) при разработке проектов организации строительства и проектов производства работ.

83. Сайдаев, Х. Л. Организационно-управленческое моделирование комплексной оценки результативности строительных компаний: дис. ... докт. техн. наук / Сайдаев Хасан Лом-Алиевич ; Москва, 2013. – 126 с.

84. Сайдаев, Х. Л. Система менеджмента качества как необходимый инструмент развития строительной отрасли / Х. Л. Сайдаев // Техническое регулирование. Строительство, проектирование и изыскания. 2012. – № 6. – С. 37–38.

85. Севастьянов, А. Г. Математическое планирование эксперимента: учебное пособие для фак. Повышенная квалификация / А. Г. Севастьянов. – М. : МТИ, 1979.

86. Сергеева, А. Ю. Анализ методов контроля качества строительномонтажных работ, позволяющих предотвратить возникновение дефектов и аварийных ситуаций при строительстве объектов жилищного назначения / А. Ю. Сергеева, Е. С. Бородина, Е. Е. Токунова // Современная наука: Актуальные вопросы, достижения и инновации : сборник статей II Международной научно-практической конференции ; отв. ред. Г. Ю. Гуляев. – 2018. – С. 122–125.

87. Системы менеджмента качества. Требования Госстандарта России от 15 августа 2001 г. № 333-ст. – 26 с.

88. Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования : СНиП 12-03-2001.

89. Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство : СНиП 12-04-2002.

90. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения : СНиП 12-03-2001.

91. Советов, Б. Я. Информационные технологии / Б. Я. Советов, В. В. Цехановский. – М. : Высшая школа, 2001. – 563 с.

92. Организация строительства : Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004 (с Изменением № 1) : СП 48.13330.2011. – М. : Минрегион России, 2010 – 22 с.
93. Здания жилые многоквартирные : Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003 : СП 54.13330.2011.
94. Смоляк, С. А. Устойчивые методы оценивания / С. А. Смоляк, Б. П. Титаренко. – М. : Статистика, 1980.
95. Статистические методы обработки данных : учеб. пособие. – СПб. : ГУАП, 2006. – 164 с.
96. Степанов, И. С. Экономика строительства : учебник / И. С. Степанов [и др.]. – М. : Юрайт, 2007. – 620 с.
97. Строительное производство : энциклопедия / под ред. А. К. Шрейбера. – М. : Стройиздат, 1995. – 541 с.
98. Теличенко, В. И. Классификация уровней безопасности и качества состояния экосистем : естественные экосистемы / В. И. Теличенко, А. Л. Большеротов // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – № 12. – С. 52–54.
99. Теличенко, В. И. Информационное моделирование технологий и бизнес-процессов в строительстве / В. И. Теличенко, А. А. Лапидус, А. А. Морозенко. – М. : Ассоциация строительных вузов, 2008 – 144 с.
100. Теличенко, В. И. Пути развития инженерного потенциала. На примере строительной отрасли / В. И. Теличенко // Вестник Высшей школы. – 2011. – № 8. – С. 7–12.
101. Теличенко, В. И. Технология возведения зданий и сооружений : учебник для вузов / В. И. Теличенко [и др.]. – М. : Высшая школа, 2001. – 320с.
102. Теличенко, В. И. Технология строительных процессов : учебник / В. И. Теличенко [и др.]. – М. : Высшая школа, 2007. – 512 с.
103. Теличенко, В. И. Управление качеством строительной продукции: Техн. регулирование безопасности и качества в строительстве: учебное пособие для студентов вузов / В. И. Теличенко. – М. : АСВ. – 2003. – 86 с.

104. Топчий, Д. В. Организационно-технологическое моделирование строительно-монтажных работ при комплексной оценке результативности перепрофилирования промышленных объектов: дис. ... канд. техн. наук / Топчий Дмитрий Владимирович ; Москва, 2015. – 119 с.

105. Тищенко, Т. В. Управление потенциалом организации. Теоретико-методические аспекты: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Тищенко Татьяна Владимировна ; Москва, 2002. – 147 с.

106. Фатуллаев, Р. С. Организационно-технологическое моделирование комплексной оценки потенциала проведения внеплановых ремонтных работ: дис. ... канд. техн. наук / Фатуллаев Рустам Сейфуллаевич ; Москва, 2017. – 103 с.

107. Фомичев, С. К. Основы управления качеством / С. К. Фомичев, А. А. Старостина, Н. И. Скрябина. – К. : МАУП, 2002.

108. Цивин, М. Н. Многофакторный эксперимент: графическая интерпретация данных / М. Н. Цивин. – К. : ИГиМ, 2002. – 120 с.

109. Шашков, В. Б. Прикладной регрессионный анализ. Многофакторная регрессия : учебное пособие / В. Б. Шашков. – Оренбург : ГОУ ВПО ОГУ, 2003. – 363 с.

110. Шаланов, Н. В. Системный анализ. Кибернетика. Синергетика: Математические методы и модели. Экономические аспекты / Н. В. Шаланов. – 2003. – 305 с.

111. Штефан, И. А. Математические методы обработки экспериментальных данных : учебное пособие / И. А. Штефан, В. В. Штефан. – Кемерово : ГУ КузГТУ, 2003. – 123 с.

112. Шульженко, С. Н. Совершенствование методики оценки уровня организационной подготовки территорий сосредоточенного строительства / С. Н. Шульженко, Л. В. Киевский, А. А. Волков // Вестник МГСУ. – 2016. – № 3. – С. 135–145.

113. Шуленин, В. П. Робастные методы математической статистики / В. П. Шуленин. – Томск : Издательство НТЛ, 2016.



114. Экспериментально-статистические модели. Планирование эксперимента и регрессионный анализ результатов. Использование функции желательности Харрингтона при решении оптимизационных задач химической технологии. – Москва : РХТУ, 2003. – 89 с.

115. Юденко, М. Н. Комплексная оценка качества объектов жилищного строительства государственными учреждениями / М. Н. Юденко, М. В. Васильева / Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. – 2016. – Том 2, № 3.

116. Assessing Nonprofit Organizational Capacity. – Abby Weiss, 2005. – P.107.

117. Chahal, K. S. Quality control and quality assurance in building design and construction / K. S. Chahal, P. Emerson // Journal of the institution of engineers (India): architectural engineering division. – 2007. – Vol. 88, № 29. – P. 16–20.

118. MalinRoodman, D. A Building Revolution: How Ecology and Health Concerns Are Transforming Construction / D. MalinRoodman, N. K. Lenssen, J. A. Peterson. – WorldwatchInst, 1991. – P. 67.

119. De Wilde, P. The implications of a changing climate for buildings / P. de Wilde, D. Coley // Building and Environment. – 2012. – Vol. 55. – P. 1–7.

120. Froese, T. M. The impact of emerging information technology on project management for construction / T. M. Froese // Automation in Construction. – 2010. – Vol. 19, № 5. – P. 531–538.

121. Ginzburg, A. Sustainable building life cycle design / A. Ginzburg // MATEC Web of Conferences / XV International conference «Topical problems of architecture, civil engineering, energy efficiency and ecology». – 2016. – P. 02018.

122. Huber, P. Robust statistics / P. Huber, E. Ronchetti ; second ed. – New Jersey : J. Wiley, 2009.

123. Ooi, Joseph T. L. The impact of construction quality on house prices / Joseph T. L. Ooi, Thao T.T. Le, Nai-Jia Lee // Journal of Housing Economics. – 2014. – Vol. 26. – P. 126–138.

124. Lapidus, A. A. Integral potential effectiveness of organizational and technological and managerial decisions of building object / A. A. Lapidus // Applied Mechanics and Materials. – 2014. – Vol. 584–586. – P. 2230–2232.

125. Lapidus, A. A. Organizational and technologic potential of setting of enclosing structures for residential buildings / A. A. Lapidus, P. A. Govorukha // International Journal of Applied Engineering Research. – 2015. – Vol. 10, № 20. – P. 40946–40949.
126. Morgenthaler, S. A survey of robust statistics / S. Morgenthaler // Stat. Math. & Appl. – 2007. – № 15. – P. 271–293.
127. Oleynik, P. Construction of a complex object / P. Oleynik, S. Sinenko, B. Zhadanovsky, V. Brodsky, M. Kuzhin // MATEC Web of Conferences / 5th International Scientific Conference «Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education». – 2016. – P. 4059.
128. Graham, P. Building Ecology: First Principles For A Sustainable Built Environment / P. Graham. – Blackwell Science, 2003. – P.76.
129. S. Shinri, T. Masamichi Developing environmental load factors for construction materials used in social infrastructure LCA / T. S. Shinri // Enviromental System Research Papers. – Vol. 38. – P.185–191.
130. Titarenko, B. Robust technology in risk management / B. Titarenko // International Journal of Project management. – 1997. – № 15 (1).
131. Volkov, A. Components and guidance for constructional rearrangement of buildings and structures within reorganization cycles / A. Volkov, V. Chulkov, R. Kazaryan, M. Fachratov, O. Kyzina, R. Gazaryan // Applied Mechanics and Materials. – 2014. – № 580–583. – P.228–2284.
132. Volkov, A. The theory of probabilities methods in the scenario simulation of buildings and construction operation / A. Volkov, A. Sedova, P. Chelyshkov, B. Titarenko, G. Malyha, E. Krylov // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2016. – Vol.7, № 3. – P. 2416–2420.
133. Zhadanovsky, B. V. Visualization of design, organization of construction and technological solutions / B. V. Zhadanovsky, S. A. Sinenko // Computing in Civil and Building Engineering. Proceedings / International Conference. – 2014. – P.137–142.

## Приложение 1

### Анкета опроса экспертов № 1

Эксперт № 1 Ф.И.О.: \_\_\_\_\_

Производственный стаж: \_\_\_\_\_

Организация: \_\_\_\_\_

Должность: \_\_\_\_\_

В диссертационном исследовании рассматривается формирование комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий.

На начальном этапе были определены следующие основные факторы, которые оказывают в большей степени влияние на качество многоэтажного жилого здания:

- технические условия на объекты (P<sub>1</sub>);
- достоверный и полный объем материалов, включающий все разделы по инженерным изысканиям (отчеты об инженерно-геодезических, об инженерно-геологических, инженерно-экологических, инженерно-гидрологических изысканиях и пр.) (P<sub>2</sub>);
- соблюдение соответствия проектных решений требованиям СП, ГОСТ и других нормативно-технических документов, действующих на момент проведения экспертизы (P<sub>3</sub>);
- полное соответствие поставляемых материалов и оборудования требованиям нормативной и проектной документации (P<sub>4</sub>);
- соблюдение требований организационно-технологических решений (P<sub>5</sub>);
- соблюдение последовательности работ (P<sub>6</sub>);
- проведение геотехнического мониторинга (P<sub>7</sub>);
- наличие подъемных механизмов (P<sub>8</sub>);
- численный и квалификационный состав, включающий специалистов с опытом работы и соответствующим уровнем квалификации (P<sub>9</sub>);
- применение промышленных опалубочных систем (P<sub>10</sub>);
- использование современного инженерного оборудования (P<sub>11</sub>).

Проставьте перечисленным ниже факторам строительной площадки баллы от 0 до 11 согласно Вашему представлению об их значимости в процессе строительного производства. При условии, что 0 – фактор имеет нулевую значимость; 11 – фактор имеет доминирующую значимость.

№	Факторы	Оценка эксперта
1.	Технические условия на объекты	
2.	Достоверный и полный объем материалов, включающий все разделы по инженерным изысканиям (отчеты об инженерно-геодезических, инженерно-геологических, инженерно-экологических, инженерно-гидрологических изысканиях)	
3.	Соблюдение соответствия проектных решений требованиям СП, ГОСТ и других нормативно-технических документов, действующих на момент проведения экспертизы	
4.	Полное соответствие поставляемых материалов и оборудования требованиям нормативной и проектной документации	
5.	Соблюдение требований организационно-технических решений	
6.	Соблюдение последовательности работ	
7.	Проведение геотехнического мониторинга	
8.	Наличие подъемных механизмов	
9.	Численный и квалификационный состав, включающий специалистов с опытом работы и соответствующим уровнем квалификации	
10.	Применение промышленных опалубочных систем	
11.	Использование современного инженерного оборудования	

Дата заполнения анкеты \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_

Подпись эксперта \_\_\_\_\_

## Приложение 2

### Анкета опроса экспертов № 2

Эксперт № 1 Ф.И.О.: \_\_\_\_\_

Производственный стаж: \_\_\_\_\_

Организация: \_\_\_\_\_

Должность: \_\_\_\_\_

В диссертационном исследовании рассматривается формирование комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий.

Для оценки качества строительства многоэтажных жилых зданий при различном сочетании выбранных восьми факторов, учитывая количество строк в плане, надо осуществить строительство 6561 объектов. В целях уменьшения количества опытов была определена значимость каждого фактора.

Для дальнейшего количества был применен метод парной корреляции, по итогам которой были определены 4 группы параметров:

1) первая группа  $z_1$ : технические условия на объекты ( $P_1$ ) и соблюдение последовательности работ ( $P_6$ );

2) вторая группа  $z_2$ : достоверный и полный объем материалов, включающий все разделы по инженерным изысканиям (отчеты об инженерно-геодезических, инженерно-геологических, инженерно-экологических, инженерно-гидрологических изысканиях и пр.) ( $P_2$ ) и проведение геотехнического мониторинга ( $P_7$ );

3) третья группа  $z_3$ : соблюдение требований организационно-технических решений ( $P_5$ ) и наличие подъемных механизмов ( $P_8$ );

4) четвертая группа  $z_4$ : применение промышленных опалубочных систем ( $P_{10}$ ) и использование современного инженерного оборудования ( $P_{11}$ ).

Для выбора необходимого числа экспериментов разработан план, который строится в соответствии с критериями оптимальности числа возможных экспериментов  $N$ . Для этого используем ортогональный центральный композиционный план (ОЦКП) второго порядка. В этом плане для оценки

коэффициентов квадратичной модели независимая переменная должна принимать, как минимум, три различных значения, называемых уровнями.

Вероятностный композиционный план проведения эксперимента состоит из серии опытов полного факторного эксперимента (ПФЭ) вида  $2^k$ , к которому добавляются серии опытов в центре плана и серии опытов в  $2k$  «звездных точках». «Звездные точки» – это точки плана второго порядка, лежащие на координатной оси в факторном пространстве, и имеющие координаты  $(\pm\alpha, 0, 0, 0)$ ,  $(0, \pm\alpha, 0, 0)$ ,  $(0, 0, \pm\alpha, 0)$ ,  $(0, 0, 0, \pm\alpha)$ , где  $\alpha$  – «звездное плечо», т. е. расстояние от «звездной точки» до центра плана.

Общее число опытов определяется по формуле:

$$N = N_0 + 2k + n_0,$$

где:  $N_0$  – число опытов ПФЭ;

$k$  – число переменных (факторов);

$n_0$  – число опытов в центре плана.

В нашем случае

$$N = 2^4 + 2 \cdot 4 + 1 = 25.$$

### Задача экспертной оценки:

В таблице 2 в столбце «экспертная оценка» необходимо указать назначение комплексного показателя качества для каждого варианта сочетаний кодированных значений групп факторов.

Описание качественной интерпретации кодированного значения приведено в Таблице 1.

Факторы	-1	0	+1
Технические условия на объекты	Не присутствуют	Частично присутствуют	Присутствуют

Достоверный и полный объем материалов, включающий все разделы по инженерным изысканиям (отчеты об инженерно-геодезических, инженерно-геологических, инженерно-экологических, инженерно-гидрологических изысканиях)	Отсутствие большинства разделов и отчетов	Отсутствие отдельных разделов и отдельных отчетов	Присутствие всех разделов и отчетов
Соблюдение требований организационно-технических решений	Не соблюдены	Частично соблюдены	Соблюдены
Соблюдение последовательности работ	Последовательность работ не соблюдена	Последовательность работ соблюдена частично	Последовательность работ соблюдена
Проведение геотехнического мониторинга	Не проведен	Частично проведен	Проведен
Наличие подъемных механизмов	На строительной площадке работают подъемные краны, выполняющие все виды подъемов	На площадке имеются подъемные краны и пассажирские подъемники	На площадке имеются подъемные краны, грузо-пассажирские подъемники и другие механизмы подачи на высоту бетона и смесей
Применение промышленных опалубочных систем	Не применены	Частично применены	Применены
Использование современного инженерного оборудования	Не использовано	Частично использовано	Использовано

Таблица 2 – План эксперимента

	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	Экспертная оценка	Примечания
1.	1	1	1	1		
2.	1	1	1	-1		
3.	1	1	-1	1		
4.	1	1	-1	-1		
5.	1	-1	1	1		
6.	1	-1	1	-1		
7.	1	-1	-1	1		
8.	1	-1	-1	-1		
9.	-1	1	1	1		
10.	-1	1	1	-1		
11.	-1	1	-1	1		
12.	-1	1	-1	-1		
13.	-1	-1	1	1		
14.	-1	-1	1	-1		
15.	-1	-1	-1	1		
16.	-1	-1	-1	-1		
17.	1	0	0	0		
18.	-1	0	0	0		
19.	0	1	0	0		
20.	0	-1	0	0		
21.	0	0	1	0		
22.	0	0	-1	0		
23.	0	0	0	1		
24.	0	0	0	-1		
25.	0	0	0	0		



## Приложение 3

### Список работ, опубликованных автором по теме диссертации

**Публикации в изданиях, включенных в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук и на соискание ученой степени доктора наук:**

1. Лapidус А. А., Шестерикова Я. В. Формирование потенциала комплексного показателя качества в строительстве // Вестник гражданских инженеров. – 2019. – № 1 (72). – С. 90–93.

2. Лapidус А. А., Шестерикова Я. В. Формирование инструмента оценки комплексного показателя качества в строительстве // Системы. Методы. Технологии. – 2018. – № 1 (37). – С. 90–93.

3. Лapidус А. А., Шестерикова Я. В. Исследование комплексного показателя качества выполнения работ при возведении строительного объекта // Современная наука и инновации. – 2017. – № 3. – С. 128–132.

4. Лapidус А. А., Шестерикова Я. В. Разработка математической модели оценки комплексного показателя качества при возведении многоэтажных жилых зданий // Наука и бизнес: пути развития. – 2019. – № 1 (91). – С. 44–48.

5. Лapidус А. А., Шестерикова Я. В. // Анализ математической модели оценки комплексного показателя качества // Наука и бизнес: пути развития. – 2019. – № 4 (94). – С. 91–94.

6. Шестерикова Я. В. Практическое применение комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий // Строительное производство. – 2020. – № 1. – С. 17–21.

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

1. Lapidus A. A., Shesterikova I. V. Mathematical model for assessment the potential of the high-rise apartment buildings complex quality index // E3S Web of

Conferences 91, 02025 (2019) TPACEE-2018. – URL: [tps://doi.org/10.1051/e3sconf/20199102025](https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199102025) TPACEE-2018.

2. Lapidus A. A., Shesterikova I. V. Development of mathematical model of high rise apartment buildings construction complex quality index assessment// A. Lapidus and Y. Shesterikova. – 2020. – IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 753 032033.

3. Azariy Lapidus, Sergey Sinenko, and Yana Shesterikova «E3S Web of Conferences» Qualitative analysis of safety factors of organizational and technological decisions made at the stage of development of project documentation // E3S Web of Conferences 164, 08005 (2020). – URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016408005>.

#### **Прочие конференции:**

1. Лapidус А. А., Шестерикова Я. В. Проблемы повышения качества строительных материалов // Конференция «Актуальные вопросы в науке и практике». – 2018.

2. Сinenko С. А., Шестерикова Я. В. Некоторые вопросы управления проектами возведения зданий в современных условиях городской застройки // Всероссийская научная конференция «Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы – 2019».

3. Лapidус А. А., Шестерикова Я. В. Комплексный показатель качества многоэтажных жилых зданий // Строительное производство. – 2018. – № 4 (5).

## Приложение 4

### Расчет экономической эффективности повышения качества многоэтажных жилых зданий

В рамках диссертационной работы нами рассматривается экономическая эффективность применения разработанной методики на примере объекта «Жилой 25-этажный дом ЖК «Саларьево парк» к. 9».

На первом этапе мы определяем общую продолжительность строительства объекта с помощью сетевого графика.

Сетевой график строительства объекта представляет собой сетевую модель с расчетными параметрами. Для записи параметров каждое событие разделяем на три сектора.

Сетевые графики состоят из следующих элементов:

- работа – производственный процесс, выполнение которого требует затрат ресурсов и времени. Изображается сплошной линией;
- событие – факт начала или окончания работы (работ). Обозначается окружностью;
- технологический перерыв (ожидание) – время, затраченное на технологические и организационные перерывы. Обозначается сплошной линией;
- фиктивная работа – условный процесс, не требующий затрат ресурсов и времени. Изображается пунктирной линией;
- расчетные параметры – ранние и поздние сроки начала и окончания работ, общие и частные резервы времени.

Критический путь – максимальный во времени непрерывный путь от начального до завершающего события, определяемый как сумма продолжительности работ, не имеющих общих и частных резервов времени. Длина критического пути определяет общую продолжительность строительства объекта (комплекса), и любое изменение продолжительности работ, лежащих на критическом пути, приведет к соответствующему изменению (увеличению,

сокращению) продолжительности строительства. Временные параметры других работ, не лежащих на критическом пути, могут изменяться в пределах их временных запасов.

Расчет ранних сроков начала и окончания работ производится прямым ходом последовательно от исходного события до завершающего события. Раннее начало работ, выходящих из исходного события, равно нулю. Для каждого следующего события записывается раннее начало работ, выходящих из него. Если в рассматриваемое событие входит одна работа, то это значение будет равно раннему началу входящей работы плюс ее продолжительность. Если в событие входит несколько работ, то раннее начало выходящих из него работ равно максимальному из окончаний всех входящих в него работ.

Расчет поздних сроков начала и окончания работ осуществляется обратным ходом от завершающего до исходного события. Если из события выходит одна работа, то позднее окончание всех входящих в это событие работ равно позднему окончанию выходящей из него работы минус ее продолжительность. Если из события выходит несколько работ, то позднее окончание всех входящих работ равно минимальному из значений разности позднего окончания выходящих работ и их продолжительности.

Критический путь проходит только через те события, у которых раннее начало выходящих из него работ и позднее окончание входящих в него работ будут равны.

Продолжительность выполнения работ на объекте «Жилой 25-этажный дом ЖК «Саларьево парк» к. 9» до внедрения методики и после ее внедрения приведены на Рисунке 1 и Рисунке 2 соответственно.

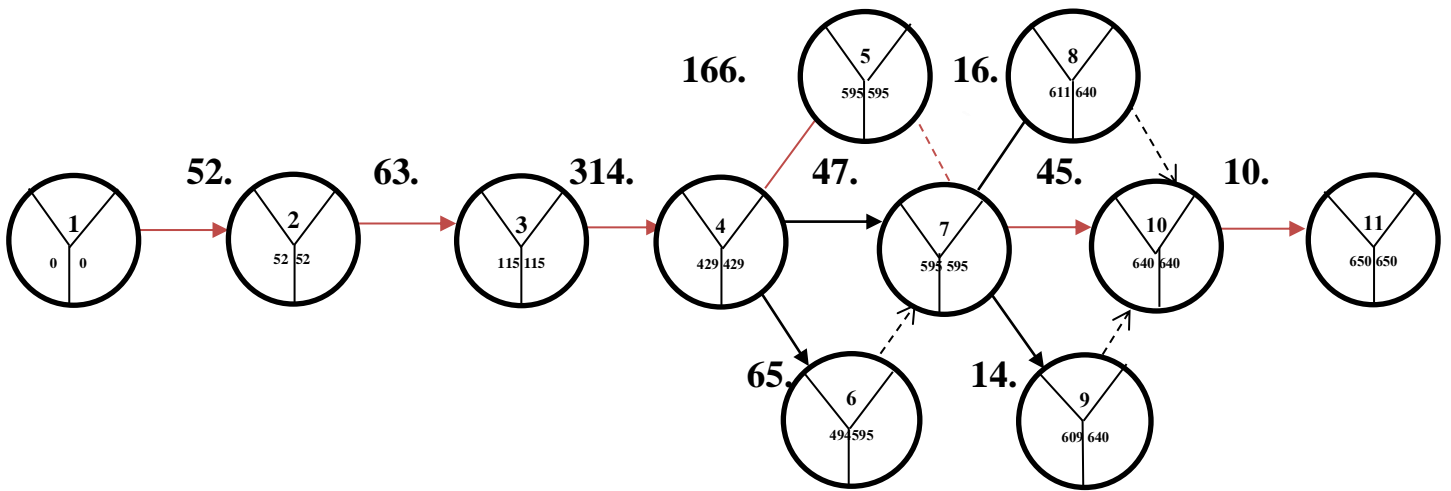


Рисунок 1 – Сетевой график производства работ до внедрения методики

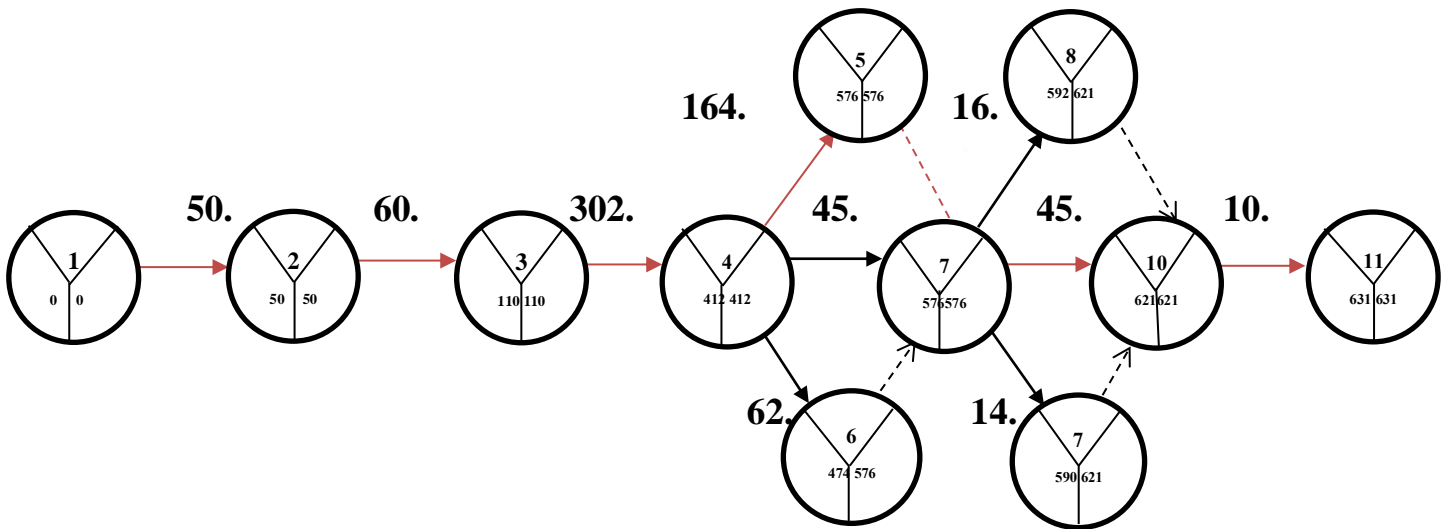


Рисунок 2 – Сетевой график производства работ после внедрения методики

Согласно расчету сетевого графика, общая продолжительность строительства до внедрения методики составляет 650 дней, после ее внедрения – 631 день.

Таким образом, повышение факторов до более высокого уровня приводит к сокращению сроков строительства на 19 дней.

Планируемая стоимость строительства объекта «Жилой 25-этажный дом ЖК «Саларьево парк» к. 9» – 540 709 000 рублей.

Экономия на затраты, связанные с возведением рассматриваемого объекта, составляет порядка 15 805 340 (540 709 000 / 650\*19) рублей, что приводит к повышению экономического эффекта.



Общество с ограниченной  
ответственностью  
«ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПОДРЯДЧИК-МСК»  
ул. Баррикадная, д. 19, стр. 1  
эт. 5, пом. II, комн. 9, Москва, 123242

Тел.: +7 495 505-97-33

ОГРН 1067746330310  
ИНН 7732507480 КПП 770301001

**Акт о внедрении диссертационного исследования Шестериковой Яны Валерьевны  
на тему: "Формирование комплексного показателя качества многоэтажных жилых  
зданий"**

Внедрение результатов диссертационной работы Шестериковой Яны Валерьевны, предоставленной на соискание ученой степени кандидата технических наук, было выполнено на следующих объектах ГК "ПИК":

- Жилой 25-этажный дом ЖК «Саларьево парк» к. 18.2 по адресу: г. Москва, НАО, поселение Московское;

- Жилой 25-этажный дом ЖК «Саларьево парк» к. 9 по адресу: г. Москва, НАО, поселение Московское.

Использование описанной в диссертационном исследовании методики позволило комплексно оценить качество многоэтажных жилых зданий на различных стадиях строительства, скорректировать по возможности, с минимальными затратами организационно-технические решения для достижения более высокого уровня.

Опыт практической реализации результатов исследований свидетельствует о возможности и целесообразности внедрения разработанной методики расчета комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий в гражданское строительство.

Руководитель территориального управления ТИНАО

А.О. Агеев



## Приложение 6

### Список сокращений

ГрК РФ – Градостроительный Кодекс Российской Федерации;  
СНиП – строительные нормы и правила;  
СП – свод правил;  
СМО – строительно-монтажные организации;  
КПР – комплексный показатель результативности;  
ИРД – исходно-разрешительная документация;  
ИЗ – инженерные изыскания;  
ПД – проектная документация;  
СМР – строительно-монтажные работы;  
ППТ – проект планировки территории;  
ПЗЗ – правила землепользования и застройки;  
ППТ – проект планировки территории;  
ЗОС – заключение о соответствии;  
ГПЗУ – градостроительный план земельного участка;  
ТУ – технические условия;  
ПЗ – пояснительная записка;  
АР – архитектурные решения;  
АСС – автоматизированные системы в строительстве;  
АСУ – автоматизированные системы управления;  
АСУС – автоматизированные системы управления строительством;  
АСПР – автоматизированные системы плановых расчетов;  
САПР – системы автоматизации проектных работ;  
АСОД – автоматизированные системы обработки документации и данных.