

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
"НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"**

На правах рукописи

**Шестерикова Яна Валерьевна**



**ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ  
КАЧЕСТВА МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ**

05.02.22 - Организация производства (строительство)

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени кандидата технических наук

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

**Москва  
2020**

## Содержание

<b>1. Введение.....</b>	<b>4</b>
<b>Глава 1. Анализ современных методик оценки качества многоэтажных жилых зданий. Постановка научной проблемы.....</b>	<b>12</b>
1.1. Анализ современных методик оценки качества многоэтажных жилых зданий.....	12
1.2. Основные параметры, оказывающие влияние на качество многоэтажных жилых зданий. Постановка научной проблемы.....	19
1.3. Комплексный показатель качества в строительстве.....	28
1.4. Выводы по главе.....	34
<b>Глава 2. Методологические основы оценки качества многоэтажных жилых зданий.....</b>	<b>36</b>
2.1. Принципы системотехники строительства.....	36
2.2. Метод системного анализа в строительстве.....	39
2.3. Метод квалиметрического анализа при разработке управленческих решений.....	43
2.4. Метод планирования эксперимента в строительстве.....	47
2.5. Робастные технологии в статистике.....	49
2.6. Выводы по главе.....	51
<b>Глава 3. Исследование и разработка методики оценки комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий.....</b>	<b>53</b>
3.1. Исследование основных факторов, влияющих на качество многоэтажных жилых зданий. Анализ данных, используемые при построении математической модели.....	53
3.2. Проведение эксперимента и обработка его результатов методами математической статистики.....	64
3.3. Изучение поведения комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий при изменении показателей групп факторов.....	88
3.4. Формирование методики комплексной оценки качества многоэтажных жилых зданий.....	94
3.5. Расчет весовых показателей исследуемых факторов.....	97

3.6. Выводы по главе.....	98
<b>Глава 4. Практическое применение комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий.....</b>	<b>100</b>
4.1. Расчет комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий.....	100
4.2. Внедрение результатов диссертационного исследования.....	104
4.3. Выводы по главе.....	114
<b>2. Заключение.....</b>	<b>115</b>
<b>3. Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.....</b>	<b>116</b>
<b>4. Список литературы.....</b>	<b>117</b>
<b>5. Приложение 1. Анкета экспертной оценки.....</b>	<b>129</b>
<b>6. Приложение 2. План эксперимента.....</b>	<b>131</b>
<b>8. Приложение 3. Список работ, опубликованных автором.....</b>	<b>135</b>
<b>9. Приложение 4. Акт о внедрении результатов диссертационного исследования.....</b>	<b>137</b>
<b>10. Приложение 5. Список сокращений.....</b>	<b>138</b>

## **Введение**

### **Актуальность темы научного исследования.**

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

В настоящее время строительная отрасль сталкивается со множеством проблем, одной из основных которых является проблема повышения уровня качества строительной продукции. Существует большое количество публикаций, в которых рассматривается проблема повышения качества строительства, при этом добиться результатов в данном вопросе не удалось.

Качество строительства - комплексная проблема, 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 и обеспеченность граждан жильем оказывают влияние на демографическую ситуацию, развитие экономики 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.

Комплексный показатель качества позволит на различных этапах жизненного цикла инвестиционного проекта, начиная с этапа проектирования объекта и заканчивая его вводом в эксплуатацию, оценить качество жилых многоэтажных зданий и скорректировать организационно-технические мероприятия при необходимости.

### **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. и других.

### **Научно-техническая гипотеза.**

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

### **Цель исследования.**

Целью исследования является формирование 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.**

- анализ существующих подходов к оценке качества многоэтажных жилых зданий;
- обоснование методологической схемы исследования для оценки комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий;
- выбор, структуризация и ранжирование факторов, оказывающих влияние на качество многоэтажных жилых зданий на различных стадиях жизненного цикла проекта;

- создание математического аппарата для определения численного значения предлагаемого многофакторного критерия;
- формирование методики для расчета комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий;
- практическая апробация и внедрение предложенных решений на базе реальных проектов многоэтажных жилых зданий;
- выявление и анализ перспективных направлений дальнейших исследований в рамках обозначенной предметной области.

### **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.

### **Научная новизна.**

1. Введено понятие «комплексный показатель качества многоэтажных жилых зданий».
2. Предложено использовать комплексный показатель для определения уровня качества многоэтажных жилых зданий.
3. Разработана и адаптирована математическая модель расчета комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий.
4. Предложена методика расчета комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий.
5. Разработана методика повышения комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий.

### **Теоретическая значимость работы.**

Опыт практической реализации результатов исследований свидетельствует о возможности и целесообразности внедрения разработанной методики расчета комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий в гражданское

строительство. Данная методика позволяет комплексно оценивать и измерять качество многоэтажных жилых зданий.

Значимость работы для теории и методологии заключается в усовершенствовании теоретических основ повышения качества и безопасности многоэтажных жилых зданий.

### **Практическая значимость работы.**

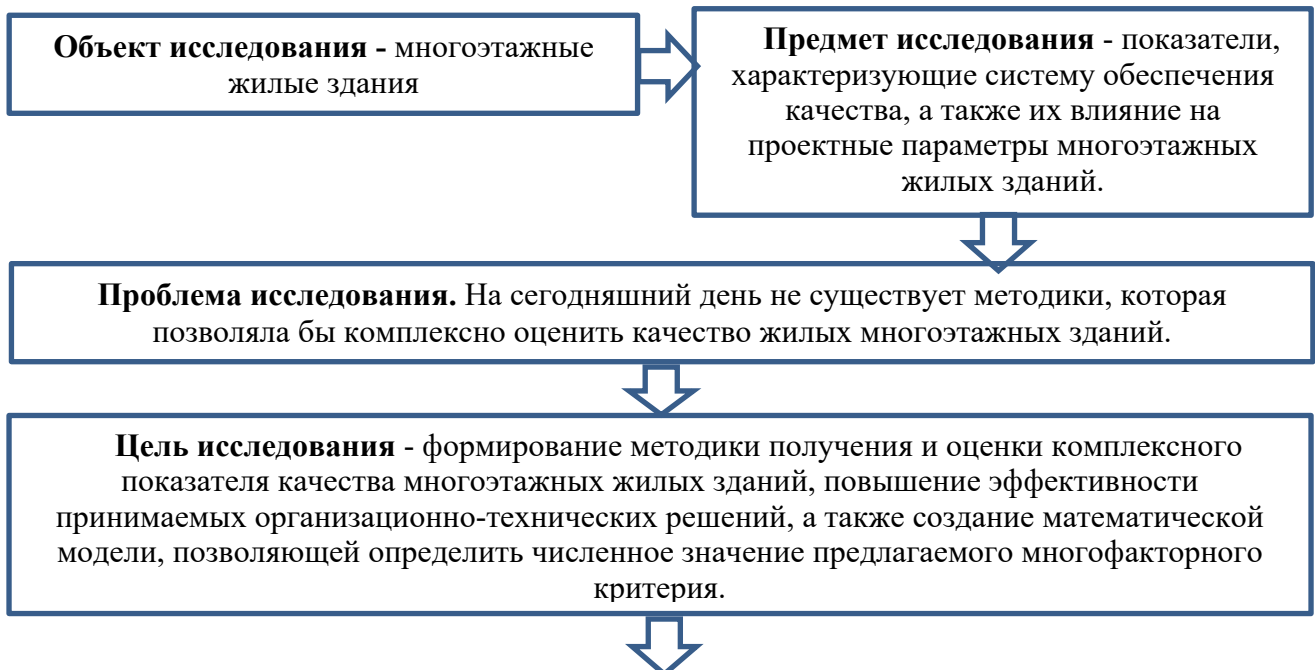
- разработана методика расчета комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий;
- разработана и адаптирована математическая модель расчета комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий;
- предложен алгоритм расчета и корректировки (при необходимости) комплексного показателя качества 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.



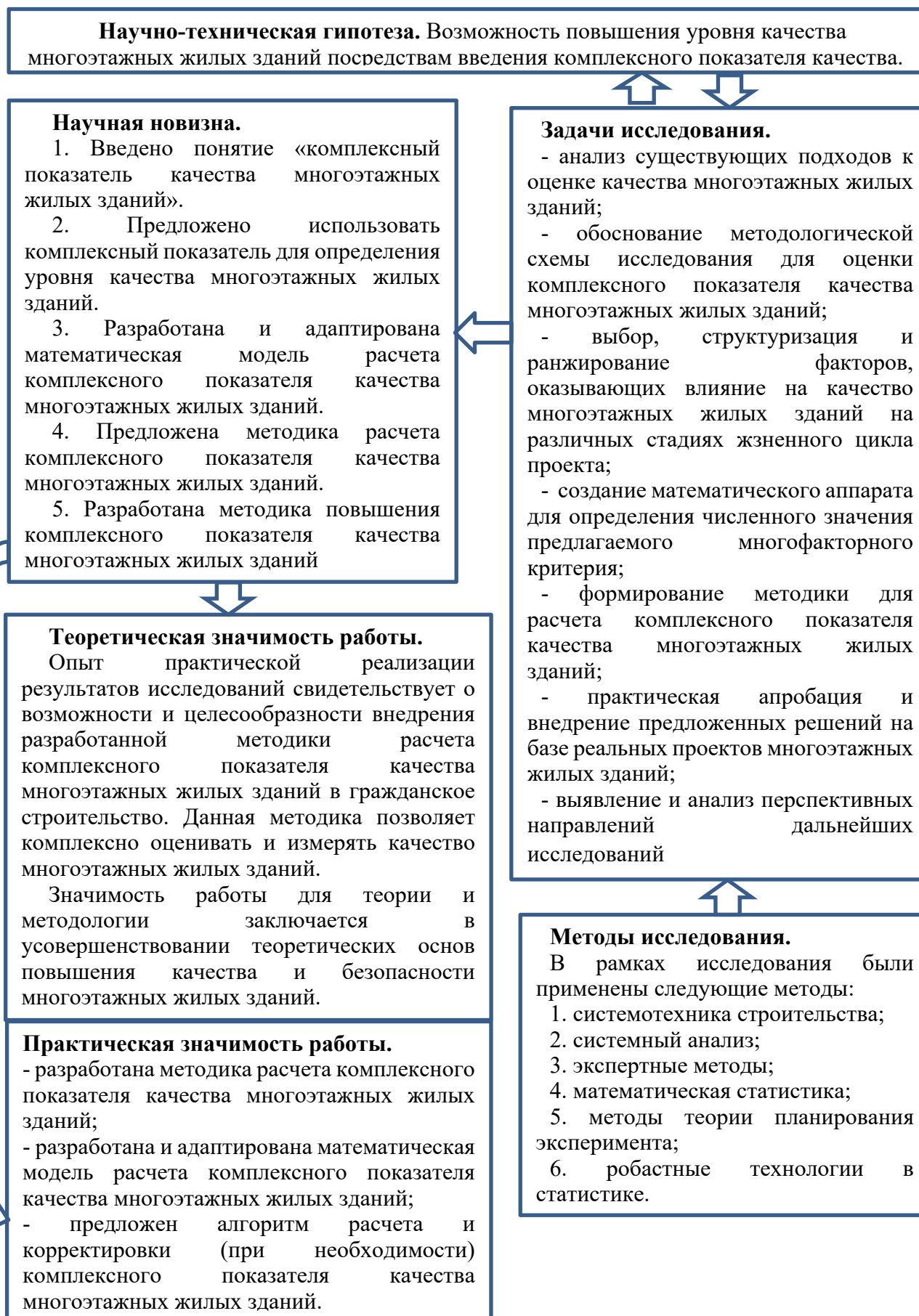


Рис. 1. Методологическая схема диссертационного исследования



**Положения, выносимые на защиту.**

1. Комплексный показатель качества многоэтажных жилых зданий и факторы, формирующие его;
2. Методика оценки комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий;
3. Математическая модель расчета комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий;
4. Апробация и внедрение результатов использования сформированной методики оценки комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий.

**Степень достоверности результатов исследования.**

Достоверность полученных результатов обусловлена применением научных методов исследования.

Также 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. 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 создании методики комплексной оценки качества многоэтажных жилых зданий, а также в определении заключений, устанавливающих научную новизну работы и практическую значимость, 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:

1. 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 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, 8, 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.

8. Развитие теоретических основ и практических приложений организационно-технологической и организационно-экономической надежности производственных процессов. Оценка уровня надежности и устойчивости производства.

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 132 источника. Работа представлена на 138 страницах машинописного текста, включая 21 рисунок, 21 таблицу и 5 приложений.

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

В данной главе представлен анализ современных методик оценки качества многоэтажных жилых зданий, рассмотрены основные параметры, оказывающие влияние на качество многоэтажных жилых зданий, а также рассмотрены основные подходы к определениям «качество» и «комплексный показатель качества в строительстве».

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

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

Основой системы контроля качества, которую сегодня применяют при проведении строительных работ, являются критерии, содержащиеся в стандарте серии ISO 9000. Данный стандарт имеет такую особенность: 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 к свойствам 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, направленное на достижение 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 моделях, 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 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 (Сэндхолма) (Швеция). Они утверждают, что увеличение вложений капитала на превентивные процедуры дают возможность понизить потери, взаимосвязанные с браком, а также на 25% снизить суммарные затраты на качество товара.

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 провести самостоятельный подход в плане оптимизации системы качества с учетом конкретных задач проекта, условий труда, организационной структуры.

На сегодняшний день в России действуют нормативные документы «Организация строительства» СП 48.13330.2011 и СП 48.13330.2016, которые производят лишь сравнительную оценку строительной продукции и действующих проектов и нормативов, но не показывают полную оценку 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 применяемых технологических процессов 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.

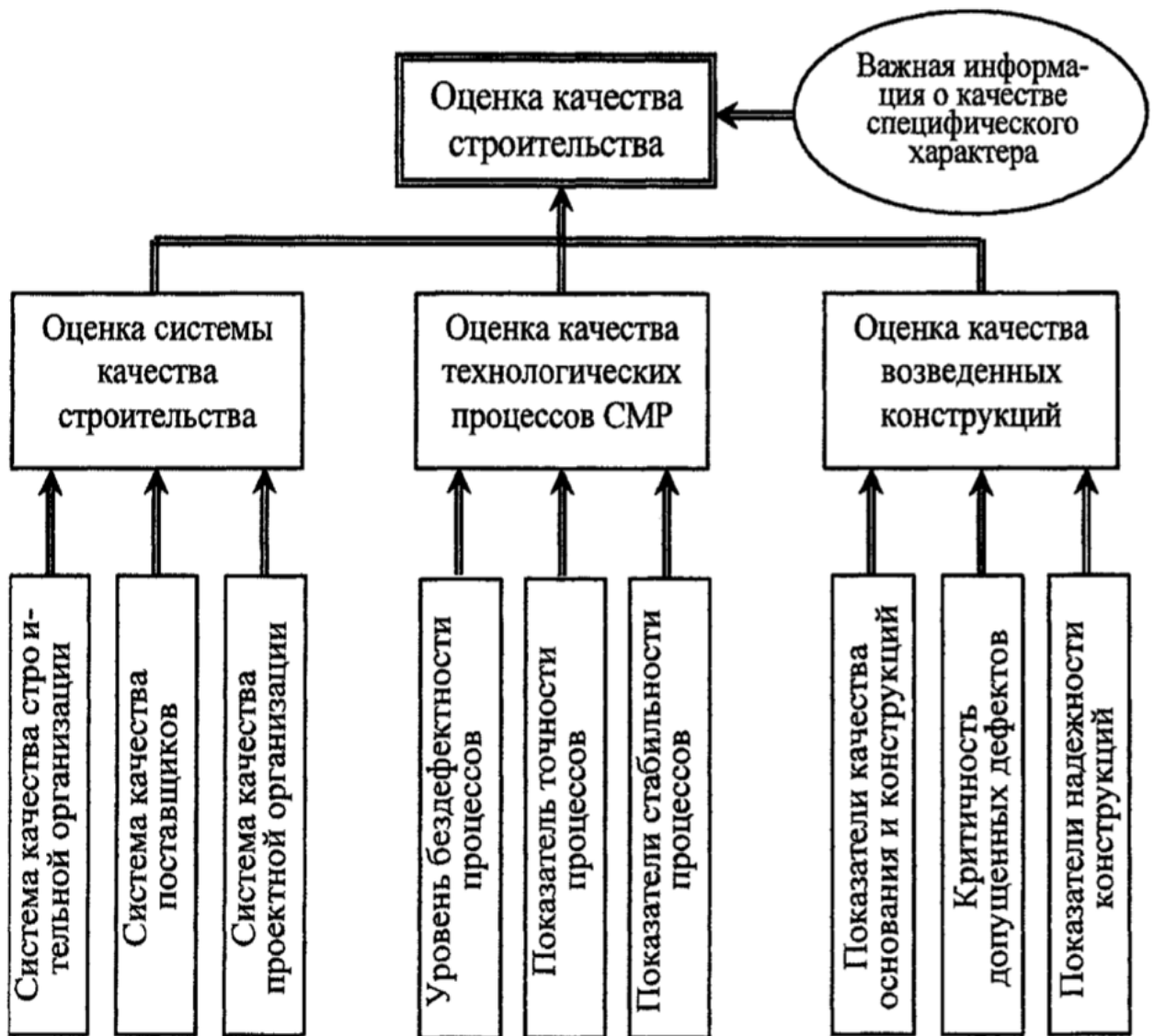


Рис. 1.1. Структурная схема по комплексной оценке качества строительных и монтажных работ

Проводя оценку качества строительства можно применить 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 в качестве оптимального сбалансированного соотношения между качеством и ценой производящейся строительной продукции.

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 показателей предлагается обрабатывать информацию при помощи инструментальных средств. Основаны они на нечеткой логике при обработке данных и применяются, чтобы оценить фактическое и необходимое качество как аналитическая модель информации.

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

Разработанная авторами система 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 почти 60% из них произошло по причине низкого качества применяемых материалов и работ. 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 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 нацелены, в первую очередь, не на продукцию как таковую, а на те процессы, которые выполняются для получения продукции. Данный факт основан на

утверждении, когда процессы являются эффективными, тогда результат этих процессов будет соответствовать высокому уровню.

Важнейшим в современных условиях выступает 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 как:

- проектирование: на предмет качества оцениваются решения, принимаемые в ходе составления проектов, их технологичность, выполнение документации проекта, качественные показатели, работа компании, разрабатывающей проект;

- 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;

- реализация работ: на предмет качества оцениваются работы и услуги по приемке, предпродажному хранению, продаже;

- 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. Нельзя не отметить и проведение работ по тепло- и электроснабжению, установке системы вентиляции, освещению, кондиционированию, системы канализации, водоснабжения, 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, грубых нарушениях утвержденной технологии работы, проявлении непрофессионализма рабочими. Данные аспекты заставляют задуматься о разработке методики оценке 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.

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

## 1.2. Основные параметры, оказывающие влияние на качество многоэтажных жилых зданий. Постановка научной проблемы.

После проведенного анализа литературы, написанных зарубежными и российскими экспертами, автор смог выделить основные параметры, которые влияют 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.

### **Качество исходно-разрешительной документации.**

На начальной стадии планирования реализации строительного проекта проводится разработка ИРД.

ИРД представляет собой комплекс документации, которая включает в себя:

#### *1. 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.

#### *2. 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).

*3. 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.

*4. 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.

*5. Технические условия (ТУ):*

- ТУ на подключение к инженерным сетям на период возведения объекта и после введения его в эксплуатацию;
- ТУ по мероприятиям, касающихся пожарной безопасности;
- ТУ на транспортную инфраструктуру дорожной сети;
- ТУ на подключение к ИТ сетям (интернет, телефонизация и прочие слаботочные сети).

**Качество инженерных изысканий.**

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, принимая во внимание 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;
- геофизические исследования.

### **Качество проектной 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.

Общие требования качества к проектным продуктам, а также качеству изыскательских и проектных услуг требуется считать соответствие:

- сфере или назначению применения;
- обоснованным ожиданиям и потребностям потребителя (пользователя, заказчика);
- нормативным документам и законодательству;
- требованиям общества;
- реализации по конкурентоспособной стоимости;
- требованиям охраны окружающей природной среды и экологии;
- экономичности с позиции затрат на производство требуемой проектной продукции или/и предоставлении проектных услуг (иначе говоря, эффективности технологии проектирования).

#### **Качество организационной структуры.**

В условиях конкуренции строительные организации стремятся создать необходимую систему качества, которая позволяла бы реализовывать компании установленную политику в соответствии с требованиями международного стандарта серии ISO 9000 и направленной на:

- соответствие производимой продукции требованиям проектной и нормативно-технической документации;
- удовлетворение потребительским требованиям;
- соответствие действующему законодательству, требованиям по охране окружающей среды;
- обеспечение экономической выгоды для организации в условиях конкурентных условий рынка.

Создаваемая внутри организации система качества обеспечивает следующие виды деятельности:

- сбор и анализ данных о качестве производимой продукции и услуг;
- действия, направленные на корректировку и улучшение качества.

Такая деятельность организации включает в себя следующие действия:

- управление некачественной (несоответствующей требованиям) продукцией;
- действия, направленные на исправление и предупреждение причин появления некачественной продукции.

О качестве работы системы качества организации и хозяйственного механизма в целом позволяет судить выводы об анализе выявленных данных о некачественной продукции.

На основе сделанных в ходе анализа и обработки данных составляется отчет по качеству продукции, который в дальнейшем может быть использован для корректировки бизнес-планов, системы контроля качества, демонстрации динамики изменения качества продукции, производимой предприятием.

Основным и самым эффективным средством выявления причин несоответствия качества продукции, объектов и строительно-монтажных работ требованиям, является сбор и анализ данных и материалов о качестве.

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, монтаж конструкций и т.д., и специализированных, состоящих в выполнении единственного вида, либо комплекса однотипных работ (отделочных, кровельных, сантехнических, электромонтажных и пр.).

Различают строительные организации, которые могут быть специализированными, в зависимости от типа строительства (промышленное, жилищно-гражданское, транспортное, сельскохозяйственное и пр.).

Исходя из района деятельности они работают как тресты-площадки, федерального типа, территориальные и городские.



Тресты-площадки формируются с целью выполнения строительных и монтажных работ, взаимосвязанных с крупными объектами, находящимися в пределах этой строительной площадки. Строительные организации или предприятия регионального (территориального) и городского типа выполняют работы в одном регионе или городе.

Федеральные строительные организации (предприятия) относятся к специализированным. Компании данного вида выполняют работы на территории всей страны, в разных регионах.

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, в которых работает свыше 501 человека.

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

К действиям, направленным на выявление причин появления некачественной продукции, объектов и СМР, можно отнести следующие:

- дисциплинарные взыскания и санкции против рабочих организации, чьи действия/бездействие привели к нарушению производственных и/или технологических правил и дисциплины;
- внесение изменений в проектную документацию;
- внесение изменений в документацию существующей системы качества;
- модернизация, обновление технологической, измерительной и материально-технической базы предприятия;
- предъявление претензий по качеству продукции, услуг субподрядным организациям и поставщикам;
- смена субподрядных организаций и поставщиков;
- усиление всех видов контроля на всех стадиях производства работ по объекту;

- реализация программы по совершенствованию системы управления и менеджмента в организации путем повышения квалификации или смены кадрового состава.

### **Качество поставляемых материалов и оборудования.**

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. Предел прочности у каждого материала свой.

Долговечность материала – это характеристика, о которой можно судить с того времени, когда материал начинает критически меняться, до того момента, когда он теряет упругость и возникают другие нарушения.

### **Качество выполнения строительно-монтажных работ.**

При выполнении строительно-монтажных работ качество должно контролироваться согласно СП 48.13330 «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, когда создается строительная продукция.

В состав управления качеством строительно-монтажных работ входят средства, методы, мероприятия, которые преследуют такую цель: обеспечить соответствие качества СМР и объектов, строительство которых окончено по требованиям, которые содержит проектная и нормативная документация.

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 ее комплектность и достаточность содержащихся в ней технических данных для проведения работ.

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

При строительстве уникальных и сложных объектов все акты приемки для ответственных конструкций, а также освидетельствование скрытых работ требуется составлять с учетом специальных указаний и технических условий рабочего проекта.

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.

**Качество исполнительной и другой документации, требующейся 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 ответственных конструкций;
- освидетельствования участков входящих в сеть инженерного технического обеспечения;
- комплект чертежей с надписями касательно соответствия выполненных работ в натуре по данным чертежам или касательно 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.

### **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 гласит, что качеством называется уровень соответствия комплекса присущих свойств объекта требованиям.

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 позволяет 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, 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 таких авторов, как:

1. Топчий Д.В. в контексте своей научной работы, посвященной организационно-технологическому моделированию строительно-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].

2. 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 влияния строительных работ на окружающую среду, чтобы осознать, какие конкретно факторы являются более вредными, вовремя предотвратить возможные неблагоприятные последствия без нанесения существенного ущерба [12].

3. Кожевников Д.Г. написал диссертацию 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].

4. Сайдаев Х.Л.-А. в научном исследовании полагал, что необходимо уделить внимание проблематике строительства в отсутствии инструментария оценки строительного предприятия на уровне организации тендера, рассмотрении 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 нужным 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].

5. 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 провести оценку, какими показателями эффективности обладает данный 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 проблематику отсутствия комплексной оценки состояния объектов жилой недвижимости, вследствие чего удастся дать объяснение тем видам работ, которые пришлось выбрать в силу тех или и 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 данный вид ремонтных работ внепланово, чему стоит уделить повышенное внимание, какие участки стоит отремонтировать спустя некоторое время, без ущерба для их эксплуатации [106].

6. Работа Демидова Л.П. «Исследование зависимости потенциала строительной площадки от организационно-технологических решений» [33] решает проблему необходимости в такой методике, которая бы учла, как принятые организационно-строительные решения повлияют 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 планируются.



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

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

$$K_{\text{СМР}} = [0,3K_{\text{СК}} + 0,15(K_{\text{Д}} + K_{\text{Т}}) + 0,05(K_{\text{Х}} + K_{\text{С}}) + 0,5(K_{\text{Р}} + K_{\text{Р}})]/1,7, (1.1)$$

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

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

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

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

$K_{\text{Р}}$  – коэффициент снижения несущей способности;

$K_{\text{Р}}$  – 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, показывающего наглядно 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).

Под этим термином принято понимать совокупный показатель результативности организационно-технических мероприятий в ходе проектирования и возведения многоэтажных зданий жилого назначения, отражающий прогностическую оценку технических и организационных решений, в случае установления его в начале проекта, либо реальную оценку, в случае рассмотрения завершеного проекта, в дискретной конечной форме.

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, что позволяет прийти к выводу, что на данный момент актуальной проблемой является отсутствие комплексного подхода к оцениванию качества многоэтажных жилых зданий, который поможет 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. В рамках проведенного анализа сформулирована общая методологическая схема диссертационного исследования.

3. Обозначены основные параметры, оказывающие влияние на различных стадиях жизненного цикла на качество многоэтажных жилых зданий, такие как:

- Исходно-разрешительная документация;
- Инженерные изыскания;
- Проектная документация;

- Организационная структура организации;
- Используемое оборудование и материалы;
- Осуществление строительно-монтажных работ;
- Исполнительные и иные документы.

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

5. Введено новое понятие «комплексный показатель качества многоэтажных жилых зданий».

## **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, которые помогают добиться поставленных в строительстве целей.

Такой термин, как системотехника, известен с 60-х годов, тогда 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 выступает 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 - представление организационной структуры организации в виде системы, в которой системообразующий фактор - это 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, не формальные 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. Скорость восприятия и информативность графических данных человеком намного лучше текстовых. Замена их 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 заключается во взаимосвязи с тем, что математическое обеспечение улучшается. 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 исполнению

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 моделях, 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, учете 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 по достижению 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 поставленных основных целей.

Когда главные цели системы детализируются и конкретизируются, обеспечивается формирование дерева задач как иерархия 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 формирования целевого дерева формируются необходимые значения по ряду определенных критериев, которые показывают, насколько достигнуты поставленные цели.

С помощью построения 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.

В целом можно выделить пять этапов жизненного цикла:

1. Прединвестиционный 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 обеспечения 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.

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

Термин «квалиметрия» в качестве науки впервые ввел Азгальдов Г.Г (советский ученый) [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 применяется 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 является методом, который используется 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 дерева качества появляется возможность оценить показатели качества объекта.

2. Эксперты измеряют все 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 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 инструментальные точные 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, таких как:

- выявление группы экспертов с целью получения более корректного результата;

- подбор оптимального числа свойств, которые способны максимально полно охарактеризовать объект;

- подбор, с точки зрения экспертов, оптимального 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 ( $f(\cdot)$ ) 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:

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

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 исследовать поведение системы необходимо в различных состояниях, описанных разными показателями параметров её составляющих.

В строительстве натурные эксперименты требуют значительных материальных, временных и финансовых затрат. Поэтому, опираясь на вышеописанные исходные данные, оптимальным вариантом будет являться выделения 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, состав, свойств диаграмм.

Отметим, что в исследованиях выделяют такие этапы планирования эксперимента, как:

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 матмодели;
8. Анализ полученных данных.

Параметры, которые оказывают влияние на исследуемый процесс и выступают в качестве переменных в функциональной предполагаемой 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 и получить достоверную информацию. В непосредственной независимости от того, что представляют собой факторы, они должны как реальные величины обладать целым набором признаков, необходимыми для наилучшего проведения опыта, а именно:

1. должны быть управляемыми: исследователь должен устанавливать и поддерживать на протяжении всего проведения опыта значение (уровень) каждого показателя;

2. объективными: 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 факторного полного эксперимента следующего вида:

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

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



Важно осознавать, что с учетом всех возникающих сложностей, непосредственного 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, нормами.

Важно понимать, что цель факторного анализа предполагает редукцию исходной информации, выявленных сведений, чтобы понять, какая конкретно существует между ними связь. 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], как:

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

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

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

## 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 основано 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 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, а также принципов являются 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.

2. Исследование позволило выявить необходимость использования системного подхода.

В свою очередь системотехнический подход, а также 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. Обоснованы поставленные цели данного диссертационного исследования.

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

Данная глава диссертационного исследования посвящена аналитическим аспектам разработки методики оценки комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий.

В частности, анализу основных факторов, влияющих на комплексный показатель качества, поиска необходимого и достаточного количества опытов, проведению эксперимента, построению математической модели, анализу поведения полученной математической модели при различных значениях параметров. Выполнен расчет весовых показателей исследуемых факторов.

#### **3.1. Исследование основных факторов, влияющих на качество многоэтажных жилых зданий. Анализ данных, используемые при построении математической модели.**

На комплексный показатель качества строительного производства многоэтажных жилых зданий, в контексте предложенной ранее декомпозиции строительного объекта, оказывают влияние следующие основные факторы, характеризующие качество конечного показателя:

**1) исходно - разрешительная документация:**

- ранее разработанные документы территориального планирования.

Важнейший инструмент управления развитием территории. Территориальное планирование напрямую связано с механизмами землепользования и застройки посредством нормы статьи 9 ГрК РФ, предусматривающей абсолютное ограничение на ряд действий органов государственной власти и местного самоуправления при отсутствии документов территориального планирования;

- градостроительный план земельного участка (ГПЗУ).

Вид документации по планировке территории, в котором должна быть консолидирована информация обо всех строительных характеристиках

предназначенного для застройки земельного участка и имеющихся в отношении него строительных ограничений;

- технические условия на объекты (ТУ).

Документация, отражающая технические нормы и требования по отношению к объектам строительства;

## **2) организационная структура компаний, выполняющих работы:**

- организационно-технологические стандарты компаний.

Стандарт организации (СТО) - нормативный документ, разрабатываемый для внутрикорпоративного использования в компании.

Цель СТО - стандартизация процессов на предприятии для эффективного выстраивания бизнеса, совершенствования производственных процессов, обеспечения стабильного качества и конкурентоспособности продукции или выполнения работ, оказания услуг;

## **3) инженерные изыскания:**

- наличие достоверной и полной документации, касающейся данных видов изысканий:

1. инженерно-экологических;
2. инженерно-гидрологических;
- 3 инженерно-геодезическим;
4. инженерно-геологическим;

- применение инновационного оборудования, которое активно используется, чтобы проводить необходимые инженерные изыскания, благодаря чему удастся рассчитывать на действительно точные показатели проведения операций, должную производительность, главное – не забывать про технику безопасности, задействование специалистов, обладающих нужной квалификацией;

## **4) проектные документы:**

- соблюдение проектных решений в строгом соответствии с нормативной документацией, актуальной на данный период времени;
- выдача технических условий на проектирование.

## **5) выполнение строительного-монтажных работ:**

- соблюдение требованиям организационно-технических решений;

- наличие рабочей и организационно-технической документации (ППР, ТК), выданной в производство работ в установленном порядке;

- соблюдение последовательности работ, природно-климатические условия (производство работ в зимнее время, ветер, в ночное время суток);

- проведение геотехнического мониторинга.

Представляет собой комплекс работ, основанных на натурных наблюдениях за поведением конструкций вновь возводимого или реконструируемого сооружения.

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

- наличие и объем строительного контроля заказчика.

Строительный контроль представляет собой комплекс проверок, назначение которых - подтвердить, что проводимые работы:

1. соответствуют требованиям нормативных документов - проекта, технических регламентов, правил безопасности (в том числе экологической);

2. осуществляются с соблюдением сроков строительства и расходов, установленных сметой;

- применение индустриальных опалубочных систем.

Опалубка в современном строительстве играет роль вспомогательных конструкций. Используемые виды опалубочных систем различаются по форме, материалу, назначению;

- численный и квалификационный состав бригад;

- использование современного оборудования с высокой производительностью (машин с интеллектуальным числовым управлением, которыми управляет робот или автомат).

***Своевременному оборудованию присущи такие важные достоинства, как:***

- производительность высокого уровня;
- технологические процессы максимально автоматизированы, человеческий труд сведен к минимуму;

- потребление электроэнергии невысокое;

- высокоточные операции;

- возможность использования в течение длительного срока;
  - система настроек характеризуется высокой гибкостью.
- наличие подъемных механизмов.

При многоэтажном строительстве привлекаются высокие и мощные подъемные механизмы — башенные краны. Они без проблем осуществляют подъем тяжеловесных плит, железобетонных балок и иных массивных строительных элементов, массу которых измеряют тоннами.

**б) поставляемые материалы и оборудование:**

- гарантийные сроки, условия поставки;
- условия транспортировки и хранения;
- характеристики (надежность, долговечность, стойкость к возможным неблагоприятным факторам);
- полное соответствие требованиям нормативной и проектной документации;

**7) исполнительная и иная документация, требующаяся для сдачи объекта в эксплуатацию:**

- акты ввода оборудования и систем, акты на скрытые работы, которые необходимо подготовить в соответствии с действующим законодательством.

Работы, проведенные внутри строительных конструкций и коммуникаций после окончания строительства невозможно проверить, поэтому для подтверждения их качества составляются специальные акты непосредственно после их выполнения.

Механизм данной проверки такой: до закрытия конструкций или коммуникаций, специально созданная комиссия проверяет качество выполненных работ и примененных материалов, а затем подписывает акт на скрытые работы.

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, как они взаимодействуют между собой, какое влияние 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, обладающих 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.

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 на вопрос с ответом да/нет – 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 оказывают влияние такие факторы, как:

- 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 требованиям организационно-технических 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 индустриальных опалубочных систем (P<sub>10</sub>);
- использование современного оборудования с высокой производительностью (P<sub>11</sub>);

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, осознать, какое влияние они оказывают на качество работы.

Результаты распределения значимости факторов представлены на рисунке 3.1.

По оси ординат отложены суммарные баллы экспертов.

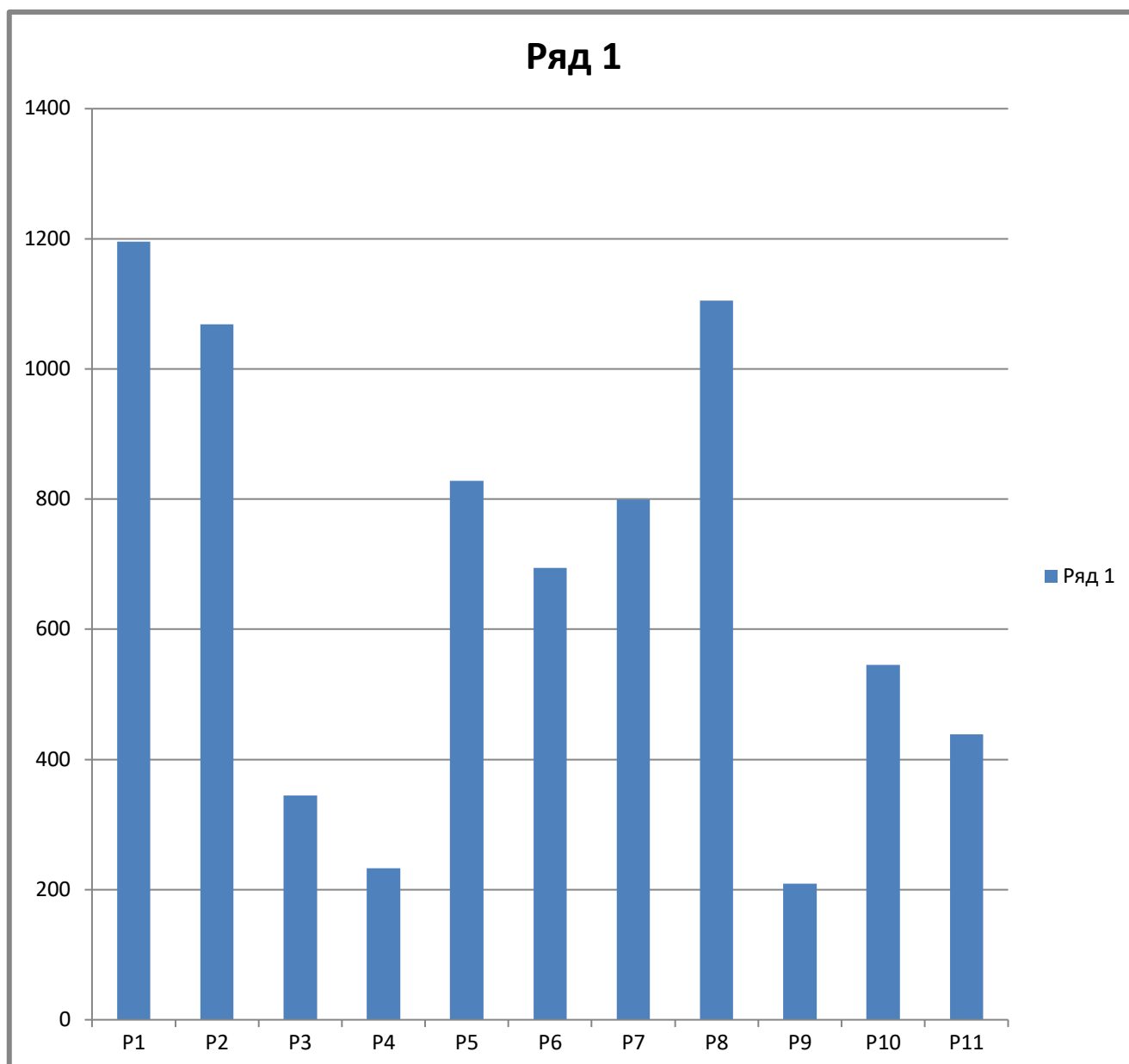


Рисунок 3.1 Диаграмма распределения значимости факторов

Согласованность мнения экспертов оценивалась по коэффициенту конкордации:

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

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<sub>1</sub>);
- достоверный и полный объем материалов, включающий все разделы по инженерным изысканиям (P<sub>2</sub>);
- соблюдение требованиям организационно-технических 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>);
- применение промышленных опалубочных систем (P<sub>10</sub>);
- использование современного оборудования с высокой производительностью (P<sub>11</sub>);

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

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

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 существует

связь 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

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

4) четвертая группа  $z_4$ : применение индустриальных опалубочных систем ( $P_{10}$ ) и использование современного оборудования с высокой производительностью ( $P_{11}$ ).

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  $x_1$ .

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, заключающейся в уменьшении количества опытов в эксперименте, позволяющим получить искомую модель, до минимально необходимого и достаточного.

### **3.2. 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 переменными, определяющими 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

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

Здесь  $i = 1, 2, 3, 4$ .

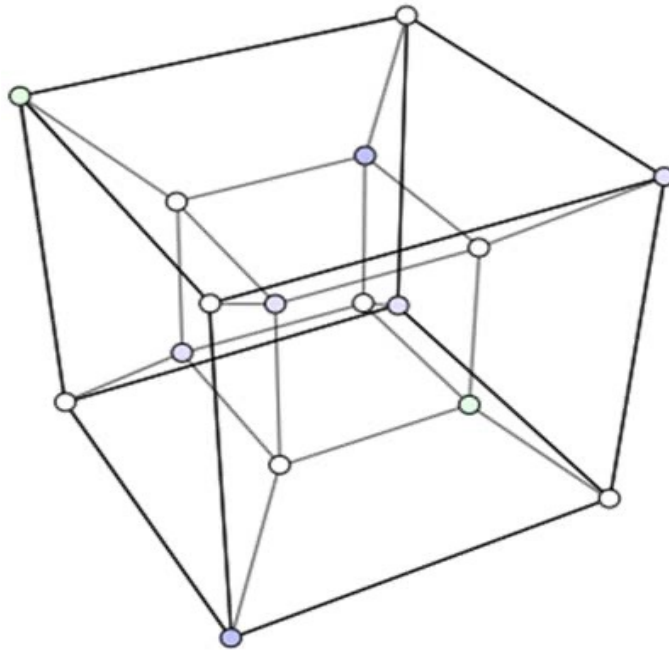


Рис. 3.2 Факторное пространство «Гиперкуб», образованное четырьмя факторами

При этом факторы должны подчиняться определенным критериям: иметь значительное влияние на конечное значение КПР, 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 верхним уровнем (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 так же и качественную интерпретацию уровней варьирования:

## 1. Технические условия на объекты (P<sub>1</sub>).

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, к системам водоснабжения и водоотведения (канализации) и к теплоснабжению.

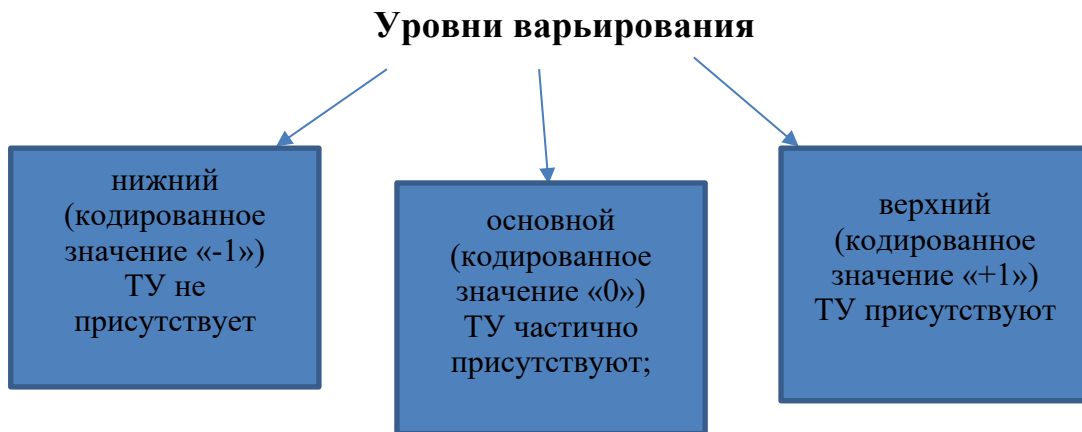


Рисунок 3.3 Уровни варьирования фактора P<sub>1</sub>

## 2. Достоверный и полный объем материалов, включающий все разделы по инженерным изысканиям (P<sub>2</sub>).

Данный фактор определяется достоверностью и полнотой материалов по инженерным изысканиям:

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

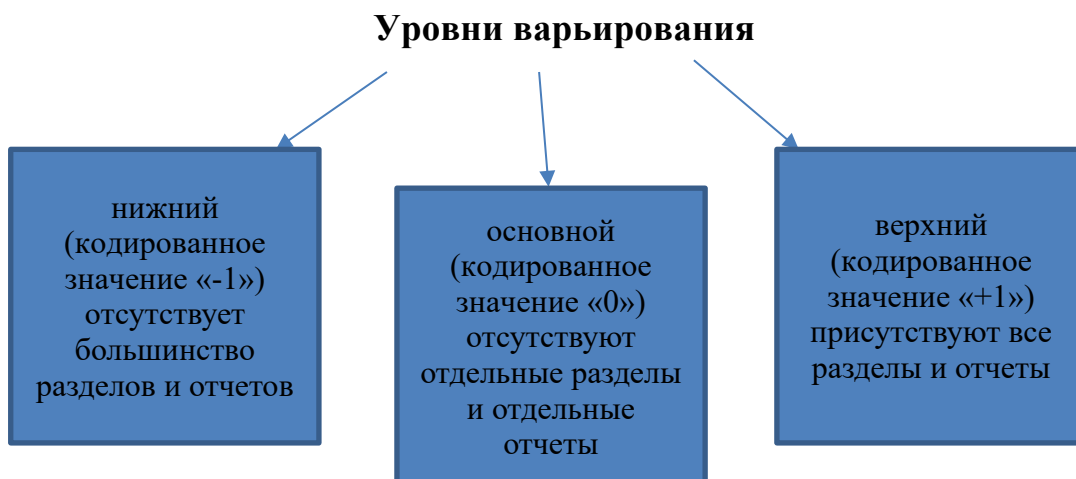


Рисунок 3.4 Уровни варьирования фактора P<sub>2</sub>

### 3. Соблюдение требованиям организационно-технических решений (P<sub>5</sub>).

Данный фактор характеризуется соблюдением требований организационно-технических решений.

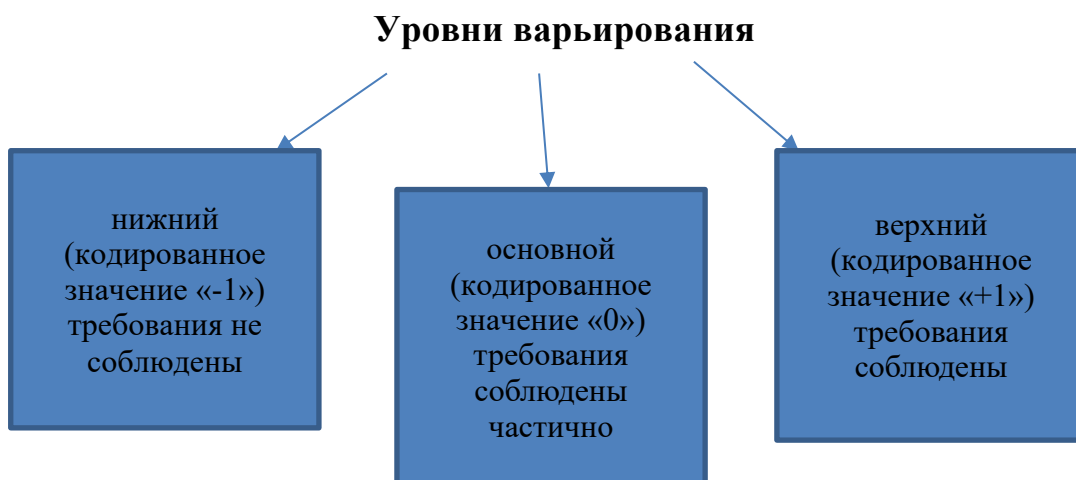


Рисунок 3.5 Уровни варьирования фактора P<sub>5</sub>

### 4. Соблюдение последовательности работ (P<sub>6</sub>).

Данный фактор характеризуется строгим соблюдением технологической последовательности производства работ.

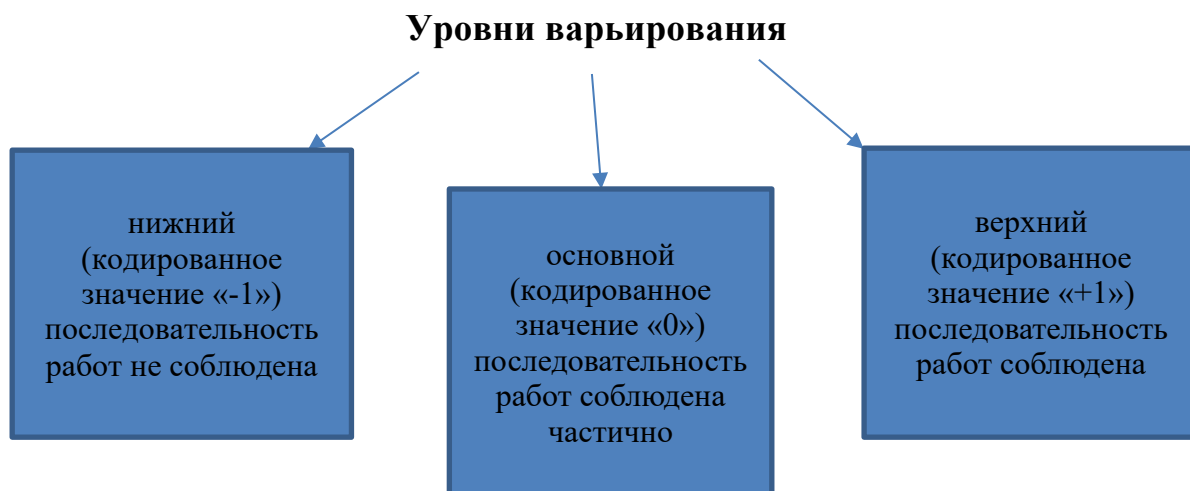


Рисунок 3.6 Уровни варьирования фактора P<sub>6</sub>

### 5. Проведение геотехнического мониторинга (P<sub>7</sub>).

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

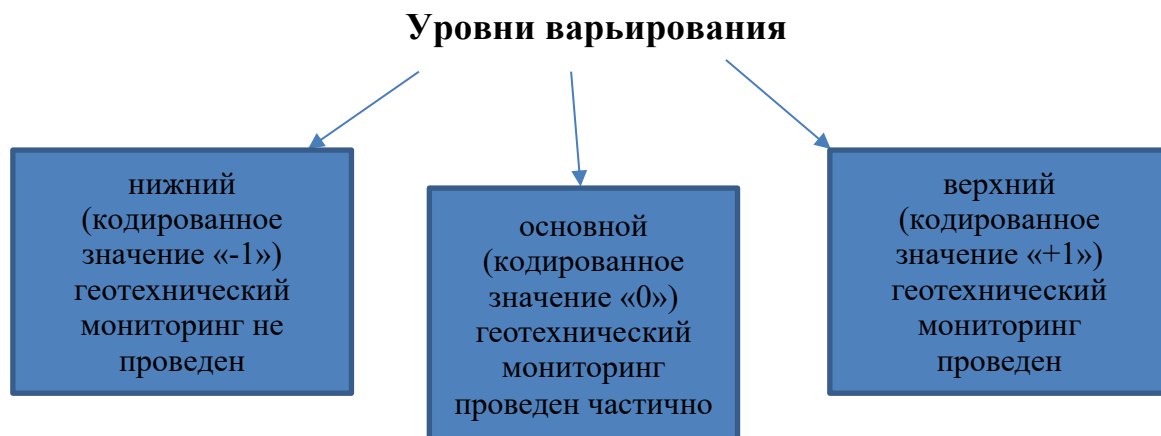
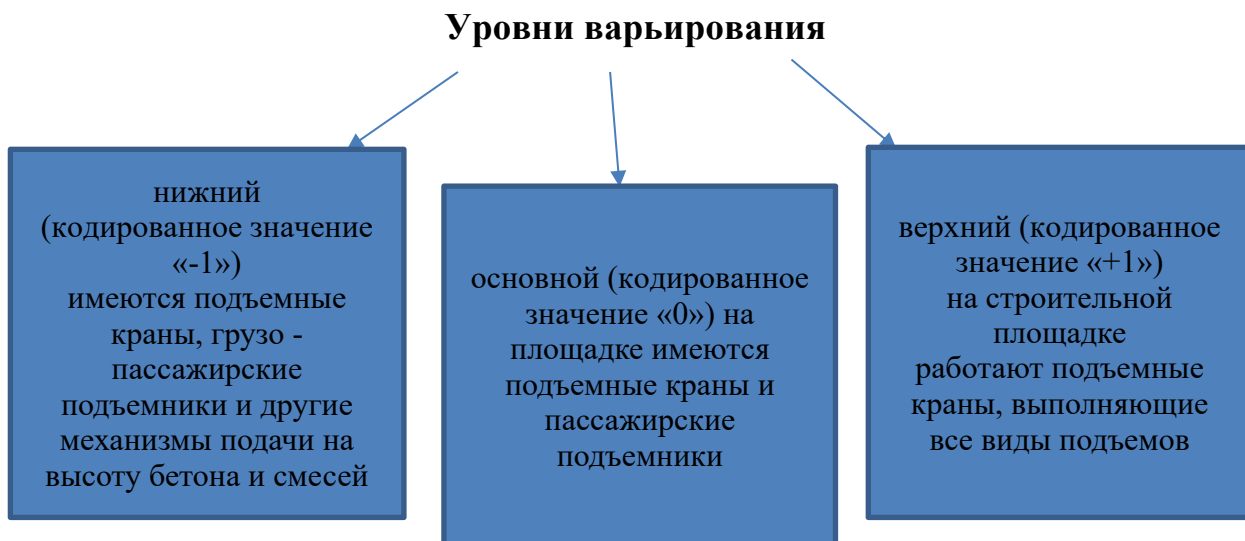


Рисунок 3.7 Уровни варьирования фактора P<sub>7</sub>

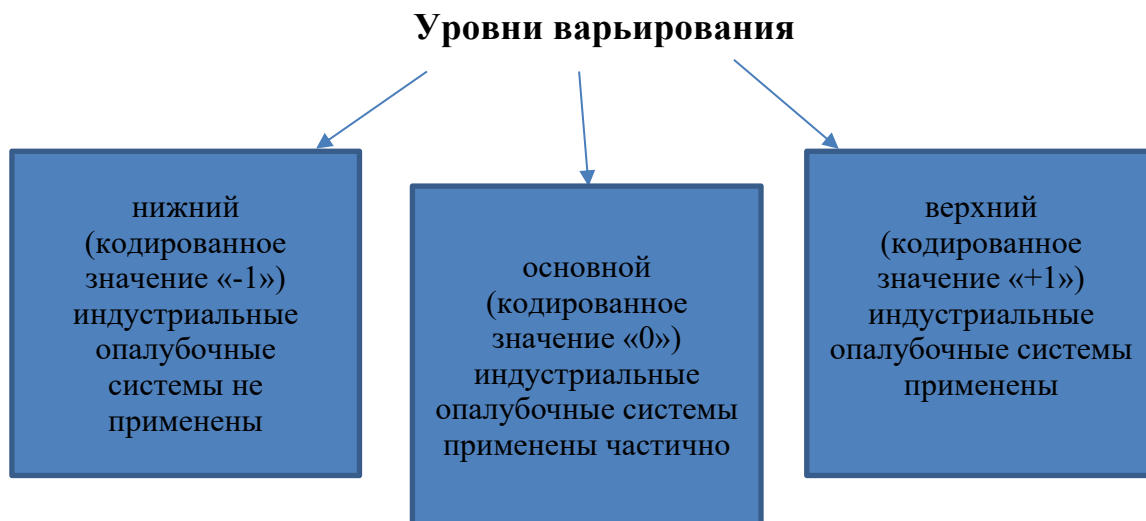
### 6. Наличие подъемных механизмов (P<sub>8</sub>).

Данный фактор характеризуется наличием подъемных механизмов.

Рисунок 3.8 Уровни варьирования фактора  $P_8$ 

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

Данный фактор характеризует применение индустриальных опалубочных систем.

Рисунок 3.9 Уровни варьирования фактора  $P_{10}$

## 8. Использование современного оборудования с высокой производительностью (P<sub>11</sub>).

Данный фактор характеризует использование современного оборудования.

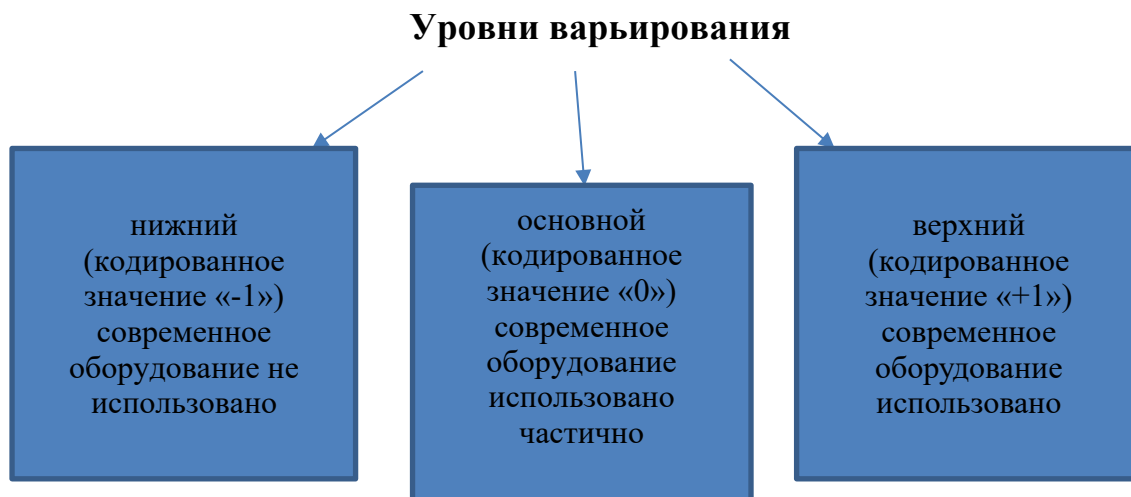


Рисунок 3.10 Уровни варьирования фактора P<sub>11</sub>

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 процессе исследования, в частности, после того, как будет должным образом сформирована математическая модель, учитывая специфику направления.

## Кодированные значения факторов

Факторы	Код	-1	0	+1
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, об 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 требованиям 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 оборудования с высокой производительностью	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 <sub>1</sub>	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, об инженерно-геологических, инженерно-экологических, инженерно-гидрологических изысканиях и пр.), проведение геотехнического мониторинга	z <sub>2</sub>	Отсутствие большинства разделов и отчетов; не проведен	Отсутствие отдельных разделов и отдельных отчетов; частично проведен	Присутствие всех разделов и отчетов, проведен
Соблюдение требованиям организационно-технических решений, наличие подъемных механизмов	z <sub>3</sub>	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, грузо - пассажирские подъемники и другие механизмы подачи на высоту бетона и смесей
Применение промышленных опалубочных систем; использование современного оборудования с высокой производительностью	z <sub>4</sub>	Не применены, не использовано	Частично применены, частично использовано	Применены, использовано

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 возможной 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 типа 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		матрица Z плана													
		Z0	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	1	0,2	0,2	0,2	0,2	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 КПР (комплексного показателя качества) многоэтажных жилых зданий для каждого из 25 возможных вариантов полученного плана. Столбцы  $Y_1, \dots, Y_{10}$  - это оценки членов этих групп 25 компонентов плана.

Таблица 3.8

## Результаты опроса экспертов

№ опыта	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$	$Y_5$	$Y_6$	$Y_7$	$Y_8$	$Y_9$	$Y_{10}$
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	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	$Y$
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

<i>Дисперсионный анализ</i>				
	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<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>	
Y-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 (р-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.

## 2. 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				
	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
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>	
Y-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 придти 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, который доказали свою валидность.

Для непосредственно 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 упомянуть:

- 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, как:

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

Насколько верной является принимаемая гипотеза относительно воздействия самого фактора на функционал существующего отклика, стоит оценить через сравнение значений расчета критерия  $F_{\text{расч.}}$ , с табличными  $F_{\text{табл.}}$ , которые в полной мере соответствуют стадии значимости критерия, что был выбран на данном этапе.

Нам важно провести сравнение критериев дисперсии оптимальности с дисперсией показателям 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 уравнении 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  $F_{табл.}$

$F_{табл.}$  - 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 (к=21);
2. Для квадратичной модели - 2,10 (к=17);
3. Для общей квадратичной модели - 2,16 (к=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 КПП.

Получение развернутой математической модели на основании определённой функциональной зависимости, позволяющих получать значения КПП 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.

### **3.3 Изучение поведения 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 два 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:

$$\text{КПР} = f(z_1, z_2);$$

$$\text{КПР} = f(z_1, z_3);$$

$$\text{КПР} = f(z_1, z_4);$$

$$\text{КПР} = f(z_2, z_3);$$

$$\text{КПР} = f(z_2, z_4);$$

$$\text{КПР} = f(z_3, z_4).$$



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

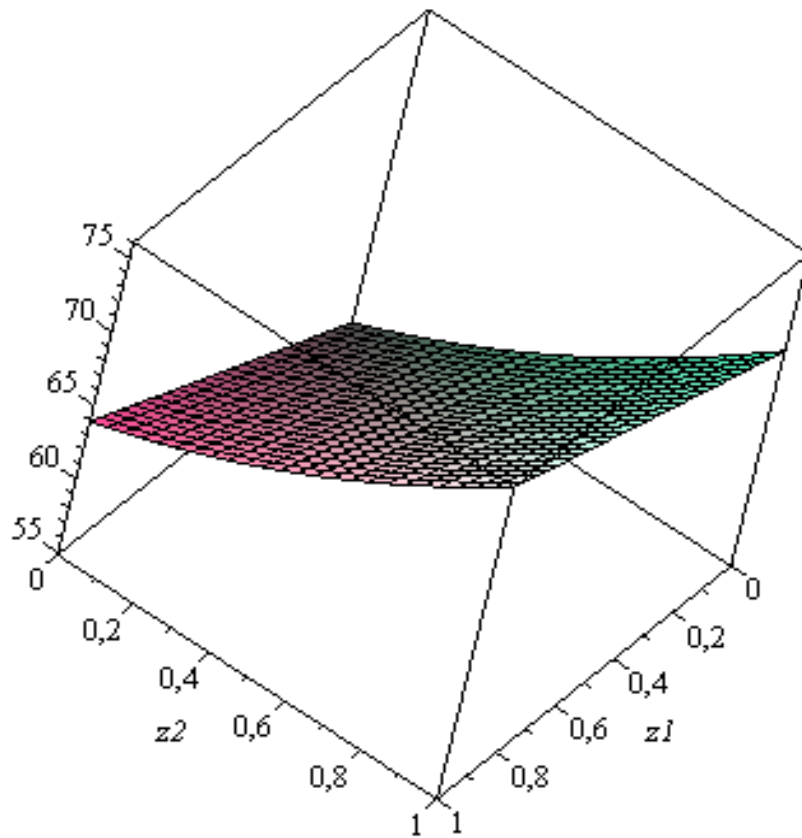


Рисунок 3.11 Характер изменения КПР от влияния двух групп факторов  $z_1, z_2$ .

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

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

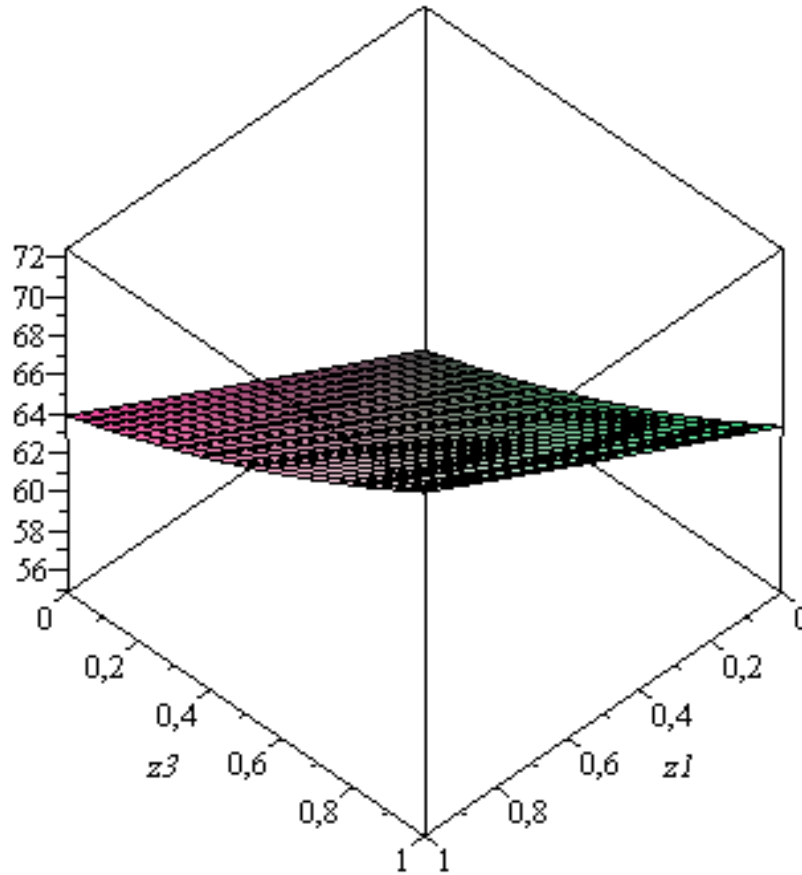


Рисунок 3.12 Характер изменения КПР от влияния двух групп факторов  $z_1, z_3$ .

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  $z_3$ .

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

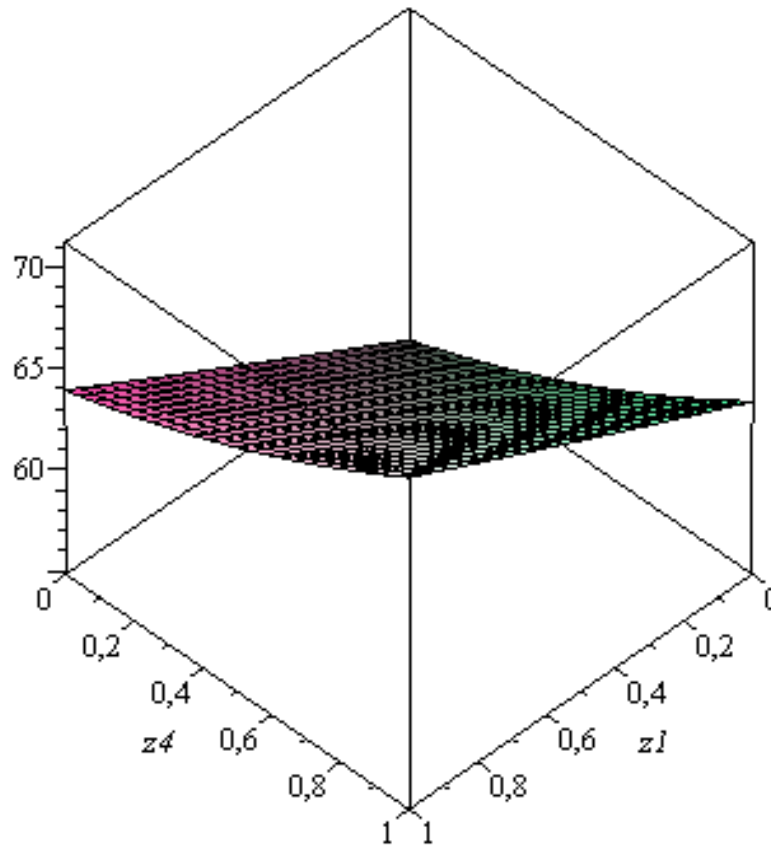


Рисунок 3.13 Характер изменения КПР от влияния двух групп факторов  $z_1, z_4$ .

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.

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

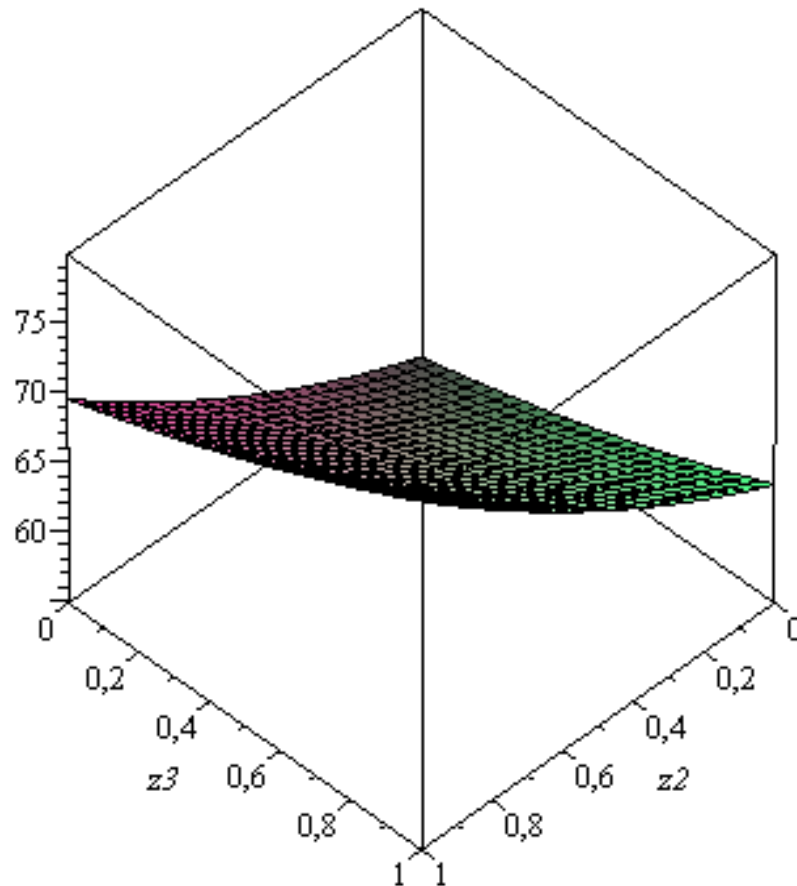


Рисунок 3.14 Характер изменения КПР от влияния двух групп факторов  $z_2, z_3$ .

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

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

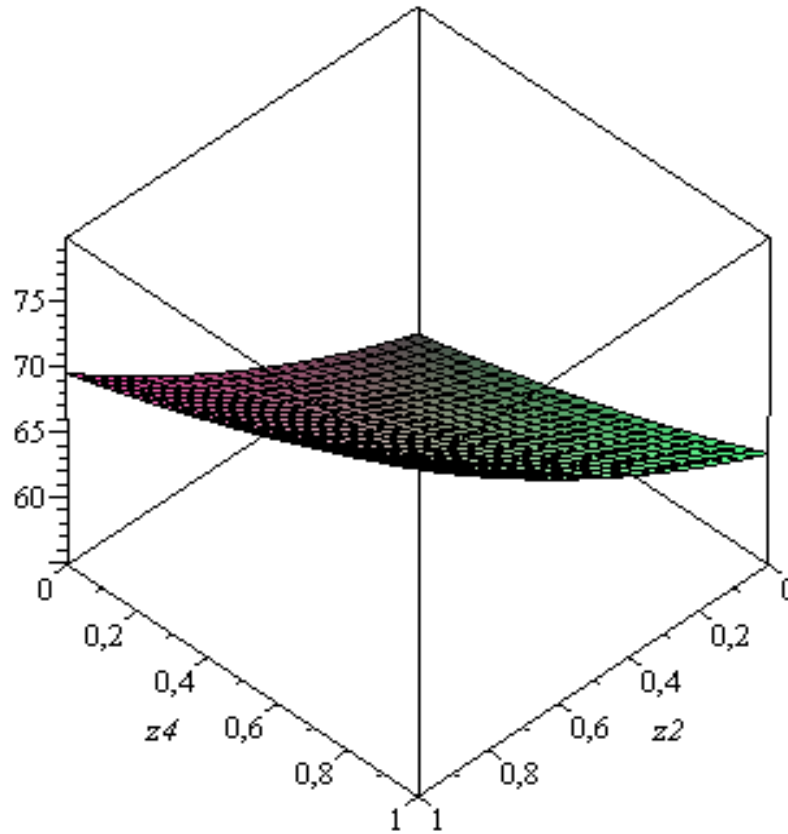


Рисунок 3.15 Характер изменения КПР от влияния двух групп факторов  $z_2, z_4$

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

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

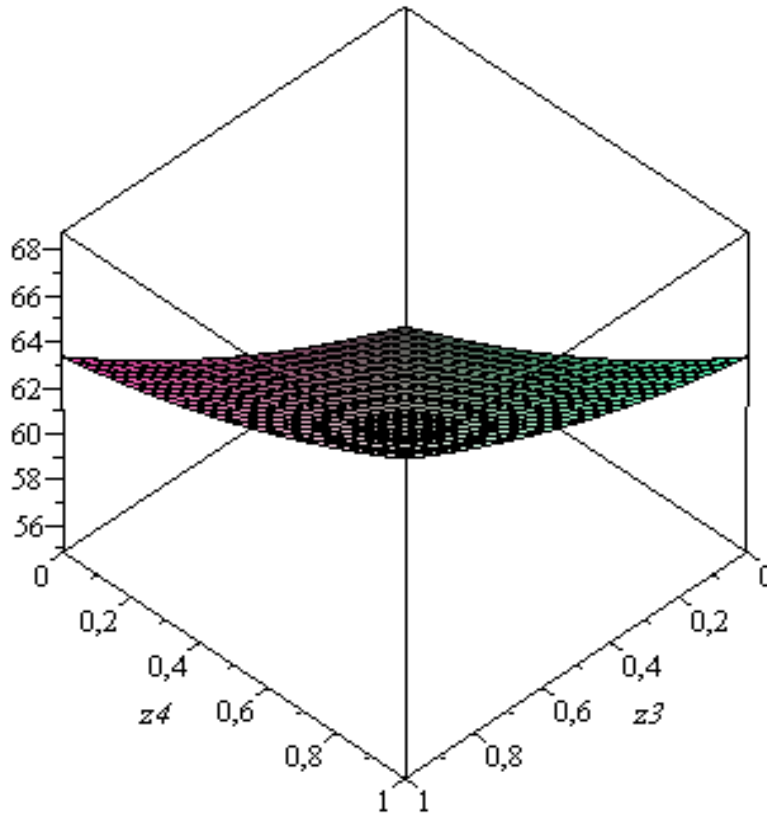


Рисунок 3.16 Характер изменения КПР от влияния двух групп факторов  $z_3, z_4$ .

Поверхность отклика  $\text{КПР} = f(z_3, z_4)$  имеет хорошо выраженный квадратический эффект и наблюдается отрицательное взаимодействие факторов.

### 3.4. 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 по средствам комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий, появилась необходимость разработать методику которая позволяет положительно влиять на качество многоэтажных жилых зданий.

В соответствии с научной гипотезой предполагается возможным 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, учитывая параметры, 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 неудовлетворенную оценку качества, можно прибегнуть к использованию такой методики, как:

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



### 3.5. 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).

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 оборудования с высокой производительностью.

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.

### 3.6. Выводы по главе.

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

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

4) четвертая группа  $z_4$ : применение индустриальных опалубочных систем ( $P_{10}$ ) и использование современного оборудования с высокой производительностью ( $P_{11}$ ).

2. 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.

3. Описано формирование методики комплексной оценки качества многоэтажных жилых зданий.

4. 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 оборудования с высокой производительностью.

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

В данной главе описана апробация 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, 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, сделаем таблицу 4.1.

Таблица 4.1

## Уровни варьирования факторов и их значения

N 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, об 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 требованиям организационно-технологических 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	91,25	3
			соблюдена частично	58,12	2
			не соблюдена	27,5	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 оборудования с высокой точностью проведения всех операций и производительностью	P <sub>11</sub>	использовано  использовано частично  не использовано	91,25  58,12  27,5	3  2  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	0,63-0,80
Удовлетворительно	0,37-0,63
Плохо	0,20-0,37
Очень плохо	0,00-0,20

Далее адаптированные количественные диапазоны значений функции в качественной интерпретации, на основании принципа подобия, представлена 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 80	0,80-1,00	Очень хорошо
2.	60 – 80	0,63-0,80	Хорошо
3.	54.83 – 60	0,37-0,63	Удовлетворительно
4.	30-54.82	0,20-0,37	Плохо
5.	0-29	0,00-0,20	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 60	0,63-1,00	Хорошо
2.	54.83 – 60	0,37-0,63	Удовлетворительно
3.	Менее 54.82	0,00-0,37	Плохо

Все значения КПР ниже отметки 54,82 будут свидетельствовать о неудовлетворительном состоянии организационно-управленческой системы строительной компании.

#### 4.2. Внедрение результатов диссертационного исследования.

Разработав методику, которая позволяет определять результативность принятых организационно-технических решений при возведении многоэтажных жилых зданий, актуальным является разработать методику, способствующую положительно влиять на качество строительства при возведении многоэтажных жилых зданий.

В соответствии с научной гипотезой предполагается возможным добиваться повышения реальных показателей качества на строительном объекте за счет



повышения количественных и качественных значений показателя при возведении многоэтажных жилых зданий.

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 будет включать в себя не только жилые дома, но и всю необходимую инфраструктуру: детские сады, школы и паркинги. Активно идет заселение построенных корпусов.

На объекте "Жилой 25-этажный дом ЖК «Саларьево парк» к. 9 по адресу: г. Москва, НАО, поселение Московское (ГК «ПИК») (рисунок 4.1) были определены значения факторов и комплексного показателя качества.



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

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 4.5.

Таблица 4.5

## 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, об инженерно-геологических, инженерно-экологических, инженерно-гидрологических изысканиях)	P <sub>2</sub>	отсутствие отдельных разделов и отдельных отчетов	58,12	2
3.	Соблюдение требованиям 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	$P_8$	на площадке имеются подъемные краны и пассажирские подъемники	58,12	2
7.	Применение промышленных опалубочных систем	$P_{10}$	не применены	27,5	1
8.	Использование современного оборудования с высокой производительностью	$P_{11}$	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» следует повышение пяти 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 ( $P_6$ );
- Наличие подъемных механизмов ( $P_8$ );
- Применение промышленных опалубочных систем ( $P_{10}$ );
- Использование современного оборудования с высокой производительностью ( $P_{11}$ ).

Как результат был получено следующее значение:

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

Данное значение соответствовало психофизической оценке «хорошо». Данные представлены в таблице 4.6.

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, об инженерно-геологических, инженерно-экологических, инженерно-гидрологических изысканиях)	P <sub>2</sub>	отсутствие отдельных разделов и отдельных отчетов	58,12	2
3.	Соблюдение требованиям 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 индустриальных опалубочных систем	P <sub>10</sub>	частично применены	58,12	2
8.	Использование современного оборудования с высокой производительностью	P <sub>11</sub>	частично использовано	58,12	2



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 по адресу: г. Москва, НАО, поселение Московское (ГК «ПИК») (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 4.7.

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, об инженерно-геологических, инженерно-экологических, инженерно-гидрологических изысканиях)	P <sub>2</sub>	отсутствие отдельных разделов и отдельных отчетов	58,12	2
3.	Соблюдение требованиям организационно-технических решений	P <sub>5</sub>	частично соблюдены	58,12	2

4.	Соблюдение последовательности работ	$P_6$	частично соблюдена	58,12	2
5.	Проведение геотехнического мониторинга	$P_7$	не проведен	27,5	1
6.	Наличие подъемных механизмов	$P_8$	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	$P_{10}$	частично применены	58,12	2
8.	Использование современного оборудования с высокой производительностью	$P_{11}$	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 ( $P_6$ );
- Применение промышленных опалубочных систем ( $P_{10}$ ).

Как результат был получено следующее значение:

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

Данное значение соответствовало психофизической оценке «хорошо». Данные представлены в таблице 4.8.

Таблица 4.8

## 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, об инженерно-геологических, инженерно-экологических, инженерно-гидрологических изысканиях)	P <sub>2</sub>	отсутствие отдельных разделов и отдельных отчетов	58,12	2
3.	Соблюдение требованиям 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>	применены	91,25	3
8.	Использование современного оборудования с высокой точностью проведения всех операций и производительностью	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, требующими впоследствии проведения дополнительных работ. Эта задача может быть действительно успешно

решена, если проводить комплексную оценку организационно-технических решений по средствам анализа и грамотного расчета составляющих КТР.

### **4.3. 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".

3. Разработанная в диссертационной работе организационно-техническая модель потенциала использования методов неразрушающего контроля имеет открытый характер, позволяя производить ее корректировки, внося, изменяя, дополняя или убирая различные параметры, учитывая особенности той или иной ситуации.

## **Заключение.**

1. Проведен анализ существующих методик оценки качества многоэтажных жилых зданий;
2. Проведен отбор и исследование основных факторов, влияющих на качество многоэтажных жилых зданий на различных стадиях жизненного цикла проекта;
3. Изучено поведение комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий при изменении показателей различных групп факторов;
4. Разработана математическая модель, при помощи которой есть возможность комплексно оценивать эффективность организационно-технических мероприятий, влияющих на качество жилых многоэтажных зданий;
5. Сформирована методика для расчета комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий;
6. Выполнена практическая апробация результатов исследования на объектах «Жилой 25-этажный дом ЖК «Саларьево парк» к. 9, к. 18.2 по адресу: г. Москва, НАО, поселение Московское (ГК «ПИК»);
7. Рассмотрены перспективные направления дальнейших исследований, состоящие в разработке теоретических и методологических основ комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий.

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

1. Рассчитать экономическую эффективность повышения качества строительства при проектировании и возведении многоэтажных жилых зданий;
2. Расширение базы данных, которая позволяет определять комплексный показатель качества многоэтажных жилых зданий;
3. 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, №13, 2005.
5. Байбурин А.Х. Диссертация на соискание научной степени доктора технических наук «Комплексная оценка качества возведения гражданских зданий с учетом факторов, влияющих на их безопасность», Санкт-Петербург, 2012.
6. Байбурин А.Х., Головнев С.Г. Оценка системы качества строительной организации// 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», № 10 (11), М., 2011, 50-52 с.
9. Бессонов А.К., Верстина Н.Г., Кулаков Ю.Н. Инновационный потенциал строительных предприятий: формирование и использование в процессе инновационного развития. М.: Изд-во АСВ, 2009. 166 с.
10. Бешелев С.Д., Гурвич, Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок / С.Д. Бешелев, -М.: Статистика, 1980.-263 с.
11. Богомоллов Ю.М. Применение экспертных систем в строительстве. Минск, 1990.
12. Бережный А.Ю. Диссертация на соискание научной степени доктора технических наук «Зависимость комплексного показателя экологической нагрузки от

организационно-технологических решений при оценке воздействия строительства на окружающую среду», Москва, 2012. - 125 с.

13. Бережный А.Ю., Сайдаев Х.Л.-А., Использование комплексного показателя экологической нагрузки при выборе подрядной организации// Технология и организация строительного производства. №1. М. 2012. –С. 26-27.

14. Боброва Н.Е., Волкова Л.В. Системы менеджмента качества как основной вид контроля качества в строительстве//Молодой ученый, 2019, №46 (284). – 54-57 с.

15. Волков А.А., Батов Е.И. Системотехника функционального моделирования интеллектуальных зданий//Вестник МГСУ. 2015. №10. – с. 188-193.

16. Волков А.А. Диссертация на соискание научной степени доктора технических наук «Методология проектирования функциональных систем управления зданиями и сооружениями (гомеостат строительных объектов)»/ Волков Андрей Анатольевич. – М.: МГСУ. 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. Диссертация на соискание научной степени доктора технических наук «Автоматизация проектирования организационно-технологической надежности функционирования строительных организаций»/Гинзбург Александр Витальевич – М.: МГСУ. 1999. – 390 с.

19. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения.

20. ГОСТ 16504-81. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения.

21. ГОСТ Р 50779.30-95. Статистические методы. Приемочный контроль качества. Общие требования.

22. ГОСТ Р ИСО 14001-2011 Системы менеджмента качества. Требования М.: Стандартиформ, 2012 – 28 с.

23. ГОСТ Р 54869-2011 Проектный менеджмент. Требования к управлению проектом. М.: Стандартиформ, 2012 – 8 с.

24. Градостроительный кодекс РФ по состоянию на 2020 год. С комментариями к последним изменениями.

25. Гусаков А.А. Системотехника строительства: Энциклопедический словарь./ Под ред. А.А. Гусакова.-М.: АСВ, 2004. – 432 с.

26. Гусаков А.А. Системотехника строительства.-М.: Стройиздат, 1993.- 368 с.

27. Гусаков А.А., Корицова Е.С., Муханов И.Б., Щеголь А.Е. Методы формирования строительных систем. Уч. Пособие/А.А.Гусаков А.А., Е.С. Корицова, И.Б. Муханов, -М.: МИСИ. 1988.- 47 с.

28. Говоруха П.А. Локальный организационно-технологический потенциал, как комплексный показатель эффективности устройства ограждающих конструкций жилых зданий//Научное обозрение 2017. № 13. – С. 11-16.

29. Говоруха П.А. Описание многофакторного эксперимента для показателя эффективности организационно-технологических решений возведения ограждающих конструкций //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 // 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//Москва: «Академия».2007 – 432 с.

33. Демидов Л.П. Диссертация на соискание научной степени доктора технических наук «Повышение потенциала строительной площадки за счет организационно-технологических решений/ Демидов Леонид Павлович. – Москва. 2014. - 156 с.

34. Демидов Л.П. Экспериментальный подход к оценке зависимости потенциала строительной площадки от групп факторов// Технология и организация строительного производства. №2 (7). М. 2014г. –С. 46-49.

35. Доладов Ю.И., Хмылёва О.Ю. Изменение нормативной базы и организационно-технологической документации по контролю качества в

строительстве// Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство сборник статей. Самарский государственный технический университет. Самара, 2017. С. 348-352.

36. Дмитриев А.С., Квитко А.В. Проблемы контроля качества работ в современном строительстве//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. -М.: Издательство «Мир», 1980-602 с.

38. Ефимов В.В. Статистические методы в управлении качеством: учебное пособие.-Ульяновск: УЛГТУ, 2003. – 134 с;

39. Емельянов С.В. Информационные технологии и системный анализ.-М.: УРРС. 2004. –354 с.

40. Захаров, В.Е. Диссертация на соискание научной степени доктора технических наук «Информационно-аналитическая поддержка процессов управления материально-техническими ресурсами строительной организации»/Захаров Виталий Евгеньевич. - М. 2002. –170 с.

41. Кацыв П.Д. Диссертация на соискание научной степени доктора технических наук «Экспертные методы совершенствования управления крупномасштабными организационными системами».-М.: 2002.

42. Кобзарь, А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников.-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; М.: ИНФРА-М. 2011. - 440 с.

46. Кожевников, Д.Г. Диссертация на соискание научной степени доктора технических наук «Комплексная методика оценки эффективности организации строительного производства при ремонте инженерных коммуникаций»/ Кожевников Дмитрий Георгиевич. - М, 2014. - 134 с.



47. Кожевников Д.Г., Воеводин И.Г. Управление организационными и технологическими процессами реконструкции инженерных коммуникаций в информационной среде// Технология и организация строительного производства. 2013. №3(4). – С. 43-44.

48. Каменева М.Г., Чернышева Е.В. Контроль качества строительства как важный этап // 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., Демьяник П.Р. Вопросы контроля качества в строительстве//Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. 2017. № 1. С. 269-271.

50. Куренков О.Г., Олейник П.П. Оценка степени отражения качества объекта в исполнительной документации//Строительное производство. 2019. № 1. С. 78-81.

51. Лapidус А.А. Формирование интегрального потенциала организационно-технологических решений посредством декомпозиции основных элементов строительного проекта //Вестник МГСУ. 2016.№ 12. 114-123 с.;

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

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

54. Лapidус А.А., Бережный А.Ю. Управление качеством строительного объекта посредством оптимизации производственно-технологических модулей.// Информационный научно-технический журнал «Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века» № 11, М., 2010, С. 4-5.

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

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

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

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

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

60. Лapidус А.А. Потенциал эффективности организационно-технологических решений строительного объекта // Вестник МГСУ. 2014. № 1. – С. 175—180.

61. Лapidус А.А., Говоруха П.А. Комплексный организационно-технологический показатель эффективности устройства ограждающих конструкций // Строительство и реконструкция. 2015. № 4 (60). – С. 163—167.

62. Любушин Н.П., Бригач Г.Е. Использование обобщенной функции желательности в многопараметрических экономических задачах// Экономический анализ: теория и практика. 2014. №18 (369). – С. 2-10.

63. Лугина К.А., Сегаев И.Н. Контроль качества производства строительномонтажных работ// Аллея науки. 2017. Т. 2. № 10. С. 789-793.

64. Мазур И.И., В. Д. Шапиро, Н. Г. Ольдерогге 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.

65. Малехин В.Б., Магдиев А.Ш. Разработка методики интегральной оценки качества строительномонтажных работ в реальном времени./ Интернет-журнал «Науковедение», выпуск 4 (23), 2014.

66. Маргулин В.М., Азгальдов Г.Г. Квалиметрическая экспертиза строительных объектов// СПб. Политехника. 2008. - 527 с.

67. Математические методы обработки экспериментальных данных: Учебное пособие. - Кемерово ГУ КузГТУ, 2003 123 с.
68. Международные стандарты. «Управление качеством продукции». ИСО 9000-9004, ИСО 8402. — М.: Изд-во стандартов, 1988.
69. Морозенко А.А., Матрица проекта - основа оптимальной организационной структуры инвестиционно-строительного проекта// Промышленное и гражданское строительство. 2015. №7. – С. 49-51.
70. Нанасов А.М. Разработка метода оценки организационно-технологического потенциала реализации инвестиционно-строительных проектов: дис. канд. тех. наук:05.02.22/Нанасов Антон Михайлович.-М.: МГСУ. 2005. – 178с.
71. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.
72. Нормак Э.В. Определение производственного потенциала строительной организации. / Экономика строительства №12. 1989. С. 43-63.
73. Огвоздин В. Ю. «Управление качеством. Основы теории и практики»: Учебное пособие, 6-е издание, М., Изд. «Дело и Сервис», 2009, 304 с.
74. Олейник, П.П. Ширшиков Б.Ф. Состав разделов организационно-технологической документации и требования к их содержанию: учебное пособие / Олейник П.П., Ширшиков Б.Ф. – М.: МГСУ. 2013. – 64 с.
75. Олейник П.П., Ширшиков Б.Ф. Проектирование организации строительства и производства строительно-монтажных работ: Учебное пособие для вузов. - М.: МГСУ, 2010. - 50 с.
76. Олейник, П.П. Организация строительного производства. Монография /Олейник П.П. – Изд-во АСВ. 2010. – 576 с.
77. Павлов, А.С. Использование ресурсов в строительных организациях. Учеб.пособие для вузов; МГСУ. - М.: Архитектура-С. 2009. – 97 с.
78. Планирование эксперимента //Ефимов М.В.// Теория автоматического управления: Учебное пособие / Москва / МГУП / 2006. - 87с.
79. Постановление Правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 г. № 468 «О порядке проведения строительного контроля при осуществлении

строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства».

80. Правила устройства и безопасной эксплуатации строительных подъемников ПБ 10-518-2002.

81. Приказ Министерства регионального развития Российской Федерации от 30 декабря 2009 г. N 624 «Об утверждении Перечня видов работ по инженерным изысканиям, по подготовке проектной документации, по строительству, реконструкции, капитальному ремонту объектов капитального строительства, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства».

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. Диссертация на соискание научной степени доктора технических наук «Организационно-управленческое моделирование комплексной оценки результативности строительных компаний»/ Сайдаев Хасан Лом-Алиевич. – М., 2013. - 126 с.

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

85. Севастьянов А.Г. Математическое планирование эксперимента. Учебное пособие для фак. Повышенная квалификация. -М.: МТИ, 1979.

86. Сергеева А.Ю., Бородина Е.С., Токунова Е.Е. Анализ методов контроля качества строительного-монтажных работ, позволяющих предотвратить возникновение дефектов и аварийных ситуаций при строительстве объектов жилищного назначения //В сборнике: Современная наука: Актуальные вопросы, достижения и инновации, сборник статей II Международной научно-практической конференции. В 4 частях. Ответственный редактор Гуляев Герман Юрьевич. 2018. С. 122-125.

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

88. СНиП 12-03-2001 Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования.
89. СНиП 12-04-2002 Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство.
90. СНиП 12-03-2001 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.
91. Советов Б.Я., В.В. Цехановский «Информационные технологии». М.: Высшая школа, 2001. –563 с.
92. СП 48.13330.2011 Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004 (с Изменением N 1). М.: Минрегион России, 2010 – 22 с.
93. СП 54.13330.2011 Здания жилые многоквартирные (Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003).
94. Смоляк С.А, Титаренко Б.П. Устойчивые методы оценивания М.,Статистика,1980.
95. Статистические методы обработки данных: учеб.пособие.-СПб.: ГУАП, 2006.-164 с.
96. Степанов И.С.[и др.] Экономика строительства: Учебник. – М.: Юрайт - Издат, 2007. – 620 с.
97. Строительное производство: Энциклопедия/ Под ред. А.К. Шрейбера. М.: Стройиздат, 1995. –541с.
98. Теличенко В.И., Большеротов А.Л. Классификация уровней безопасности и качества состояния экосистем: естественные экосистемы. // Промышленное и гражданское строительство, №12. 2010. – С. 52-54.
99. Теличенко В.И., Лapidус А.А., Морозенко А.А. Информационное моделирование технологий и бизнес-процессов в строительстве/ Научное издание. – М.: Издательство Ассоциация строительных вузов, 2008 – 144 с.
100. Теличенко В.И. Пути развития инженерного потенциала. На примере строительной отрасли. Вестник Высшей школы. - 2011. - № 8. - С. 7-12.
101. Теличенко В.И. [и др.] Технология возведения зданий и сооружений: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2001. – 320с.

102. Теличенко В.И. [и др.] Технология строительных процессов: Учебник. – М.: Высшая школа, 2007. – 512с.

103. Теличенко В.И. Управление качеством строительной продукции: Техн. регулирование безопасности и качества в строительстве: Учебное пособие для студентов вузов. -М.: АСВ. 2003. – 86с.

104. Топчий Д.В. Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук «Организационно-технологическое моделирование строительно-монтажных работ при комплексной оценке результативности перепрофилирования промышленных объектов/ Топчий Дмитрий Владимирович. - М, 2015. - 119 с.

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

106. Фатуллаев Р.С. Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук «Организационно-технологическое моделирование комплексной оценки потенциала проведения внеплановых ремонтных работ/ Фатуллаев Рустам Сейфуллаевич. - М, 2017. - 103 с.

107. Цивин М.Н. Многофакторный эксперимент: графическая интерпретация данных-К.: ИГиМ, 2002.-120 с.

108. Шашков В.Б. Прикладной регрессионный анализ. Многофакторная регрессия: Учебное пособие.-Оренбург: ГОУ ВПО ОГУ, 2003.-363 с.

109. Шаланов Н.В. Системный анализ. Кибернетика. Синергетика: Математические методы и модели. Экономические аспекты./Н.В.Шаланов 2003.- 305 с.

110. Штефан И.А., Штефан В.В. Математические методы обработки экспериментальных данных: Учебное пособие. - Кемерово ГУ КузГТУ, 2003 – 123 с.

111. Шульженко С.Н., Киевский Л.В., Волков А.А. Совершенствование методики оценки уровня организационной подготовки территорий сосредоточенного строительства // Вестник МГСУ. 2016. № 3. – С. 135—145.

112. Шуленин В.П. Робастные методы математической статистики. Томск, Издательство НТЛ, 2016.

113. Экспериментально-статистические модели. Планирование эксперимента и регрессионный анализ результатов. Использование функции желательности Харрингтона при решении оптимизационных задач химической технологии. Москва, РХТУ- 2003.-89 с.

114. Юденко М.Н., Васильева М.В. Комплексная оценка качества объектов жилищного строительства государственными учреждениями./ Сетевой научный журнал «Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса», том 2, выпуск №3, 2016.

115. Assessing Nonprofit Organizational Capacity, Abby Weiss, 2005.- p.107.

116. Chahal K.S., Emerson P. Quality control and quality assurance in building design and construction // Journal of the institution of engineers (india): architectural engineering division. oct. 2007. Vol. 88. No. 29. pp. 16–20.

117. David Malin Roodman, Nicholas K. Lenssen, Jane A. Peterson A Building Revolution: How Ecology and Health Concerns Are Transforming Construction. WorldwatchInst, 1991. –p.67.

118. de Wilde P., Coley D. The implications of a changing climate for buildings//Building and Environment. Sept. 2012. Vol. 55. Pp. 1-7.

119. Froese T.M. The impact of emerging information technology on project management for construction//Automation in Construction. Aug. 2010. Vol. 19. No. 5. Pp. 531-538;

120. Ginzburg A. Sustainable building life cycle design//MATEC Web of Conferences. XV International conference «Topical problems of architecture, civil engineering, energy efficiency and ecology». 2016. –pp. 02018.

121. Huber P, Ronchetti E. Robust statistics, second ed. 2009. J. Wiley, New Jersey

122. Joseph T.L. Ooi, Thao T.T. Le, Nai-Jia Lee. The impact of construction quality on house prices // Journal of Housing Economics. Dec. 2014. Vol. 26. Pp. 126-138.

123. Lapidus A.A Integral potential effectiveness of organizational and technological and managerial decisions of building object//Applied Mechanics and Materials. 2014. Vol.584-586. –pp.2230-2232.

124. Lapidus A.A., Govorukha P.A. Organizational and technologic potential of setting of enclosing structures for residential buildings // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Vol. 10. № 20. pp.40946-40949.

125. Morgenthaler S., A survey of robust statistics.// Stat. Math. & Appl. 2007 15, p. 271–293.
126. Oleynik P., Sinenko S., Zhadanovsky B., Brodsky V., Kuzhin M. Construction of a complex object// MATEC Web of Conferences. «5th International Scientific Conference "Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education». 2016. –pp. 4059.
127. P. Graham Building Ecology: First Principles For A Sustainable Built Environment./Blackwell Science. 2003. –p.76.
128. S.Shinri, T. Masamichi Developing environmental load factors for construction materials used in social infrastructure LCA.//Enviromental System Research Papers. Vol. 38. –pp.185-191.
129. Titarenko B. Robust technology in risk management. // International Journal of Project management . 1997 15(1).
130. Volkov A., Chulkov V., Kazaryan R., Fachratov M., Kyzina O., Gazaryan R. Components and guidance for constructional rearrangement of buildings and structures within reorganization cycles// Applied Mechanics and Materials. 2014.580-583. – pp.2281-2284.
131. Volkov A., Sedova A., Chelyshkov P., Titarenko B., Malyha G., Krylov E. The theory of probabilities methods in the scenario simulation of buildings and construction operation// Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. Vol.7. №3. – pp. 2416-2420.
132. Zhadanovsky B.V., Sinenko S.A. Visualization of design, organization of construction and technological solutions// Computing in Civil and Building Engineering. Proceedings 2014 International Conference. 2014. –pp.137-142.



## Приложение 1

### Анкета опроса экспертов №1 (1/1)

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 требованиям 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 оборудования с высокой производительностью (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, об 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 требованиям 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 оборудования с высокой производительностью	

Дата заполнения анкеты \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_

Подпись эксперта \_\_\_\_\_

## Приложение 2

### Анкета опроса экспертов №1 (1/1)

Эксперт №01.1 Ф.И.О.: \_\_\_\_\_

Производственный стаж: \_\_\_\_\_

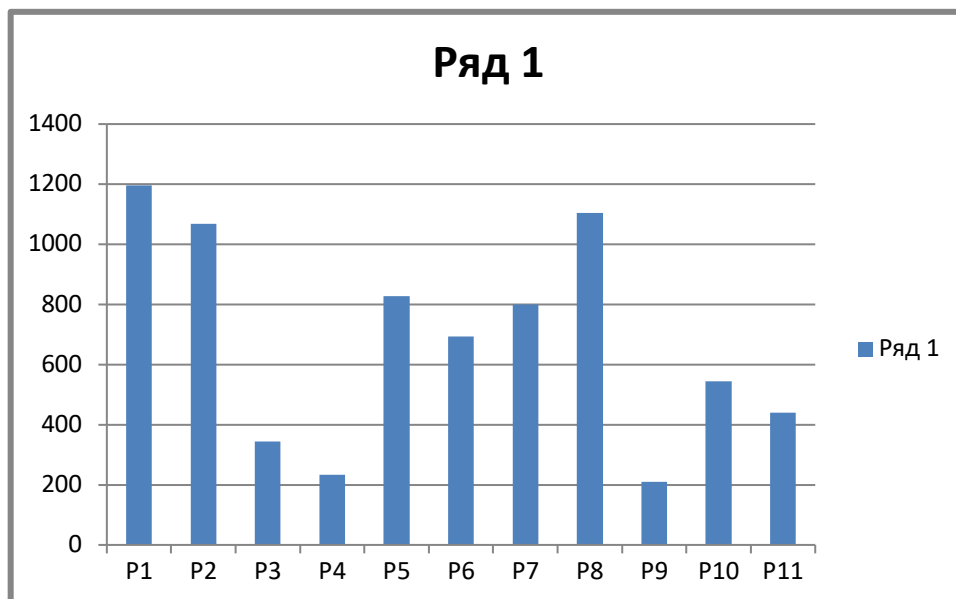
Организация: \_\_\_\_\_

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, надо, учитывая количество строк в плане, осуществить строительство 6561 объектов. В целях уменьшения количества опытов, была определена значимость каждого фактора.

На основе полученных данных составлена диаграмма распределения значимости факторов.



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<sub>1</sub>) и соблюдение последовательности работ (P<sub>6</sub>);

2) вторая группа  $z_2$ : 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>) и проведение геотехнического мониторинга (P<sub>7</sub>);

3) третья группа z<sub>3</sub>: соблюдение требованиям организационно-технических решений (P<sub>5</sub>) и наличие подъемных механизмов (P<sub>8</sub>);

4) четвертая группа z<sub>4</sub>: применение индустриальных опалубочных систем (P<sub>10</sub>) и использование современного оборудования с высокой производительностью (P<sub>11</sub>).

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:**

Необходимо в таблице 2 в столбце «экспертная оценка» указать назначение комплексного показателя качества для каждого варианта сочетаний кодированных значений групп факторов.

Описание качественной интерпретации кодированного значения приведено в таблице 1.

## Кодированные значения групп факторов

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, об инженерно-геологических, инженерно-экологических, инженерно-гидрологических изысканиях)	Отсутствие большинства разделов и отчетов	Отсутствие отдельных разделов и отдельных отчетов	Присутствие всех разделов и отчетов
Соблюдение требованиям 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 индустриальных опалубочных систем;	Не применены	Частично применены	Применены

Использование современного оборудования с высокой производительностью	Не использовано	Частично использовано	Использовано
---	-----------------	-----------------------	--------------

Таблица 2

## План эксперимента

	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>4</sub>	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 изданиях, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук и на соискание ученой степени доктора наука:**

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 г. - № 4 (94). С. 91-94;

6. Шестерикова Я.В. Практическое применение комплексного показателя качества многоэтажных жилых зданий// Строительное производство. - 2020 г. - № 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 (<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) (<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 г.

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 г. - № 4 (5).



#### Приложение 4

### **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 жилых зданий на различных стадиях строительства, скорректировать по возможности и 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.

Генеральный директор

## Приложение 5

### 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 - проекта 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 - автоматизированных системах в строительстве;  
АСУ - автоматизированные системы управления;  
АСУС - автоматизированные системы управления строительством;  
АСПР - автоматизированные системы плановых расчетов;  
САПР - системы автоматизации проектных работ;  
АСОД - автоматизированные системы обрабатывания документации и данных.