

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий(ИШНПТ)
 Направление подготовки 18.04.01 «Химическая технология»
 Отделение школы (НОЦ) Научно-образовательный центр Н.М.Кижнера(НОЦ Н.М.Кижнера)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
«Исследование применения золошлаковых материалов при изготовлении строительных растворов»

УДК 666.943/.944-047.37 _____

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ73	Заикин Владимир Аркадьевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Горлушко Д.А.	к.х.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Креницина З.В.	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романова С.В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Казьмина О. В.	д.т.н.		

Томск – 2019 г.
Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа новых производственных технологий(ИШНПТ)
 Направление подготовки 18.04.01 «Химическая технология»
 Отделение школы (НОЦ) Научно-образовательный центр Н.М.Кижнера(НОЦ Н.М.Кижнера)

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

_____ Казьмина О.В.
 (подпись) (дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4ГМ73	Заикину Владимиру Аркадьевичу

Тема работы:

«Исследование применения золошлаковых материалов при изготовлении строительных растворов»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	От 12.02.2019 № 1109/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	В качестве объектов исследования взять золошлаковый материал Северской и Железнодорожной теплоэлектростанций, провести литературный обзор по тематике научно-исследовательской работы, в экспериментальной части описать использованное оборудование, предоставить методики проведения экспериментов, проанализировать полученные результаты, сделать выводы.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Введение, литературный обзор, объект и методы исследования, расчет и аналитика, финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, социальная ответственность, заключение.
Перечень графического материала	Слайды презентации

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент Отделения социально-гуманитарных наук, к.т.н., Креницина Зоя Васильевна
Социальная ответственность	Старший преподаватель Отделения общетехнических дисциплин, Романова Светлана Васильевна
Раздел на иностранном языке	Доцент Отделения иностранных языков, к.ф.н., Аксёнова Наталия Валерьевна

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

- 1.1 История каменного угля
- 1.2 Золошлаковые материалы
- 1.3 Образование золошлаковых материалов
- 1.5 Характеристика золошлаковых отходов
- 1.6 Применение золы в строительных растворах

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ Н.М.Кижнера	Горлушко Д.А.	к.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ73	Зайкин В.А.		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Запланированные результаты обучения по программе
18.04.01 «Химическая технология»

Планируемые результаты обучения

Код резул ьтата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Общие по направлению подготовки	
P1	Применять <i>глубокие</i> естественно-научные, математические и инженерные <i>знания</i> для создания <i>новых</i> материалов
P2	Применять <i>глубокие знания</i> в области современных технологий химического производства для решения <i>междисциплинарных</i> инженерных задач
P3	Ставить и решать <i>инновационные</i> задачи <i>инженерного анализа</i> , связанные с созданием материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов химической технологии
P4	Разрабатывать химико-технологические процессы, <i>проектировать</i> и использовать <i>новое</i> оборудование для создания материалов, конкурентоспособных на <i>мировом</i> рынке
P5	Проводить теоретические и экспериментальные <i>исследования</i> в области создания <i>новых</i> материалов, современных химических технологий, нанотехнологий
P6	Внедрять, <i>эксплуатировать</i> современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
Универсальные компетенции	
P7	Использовать <i>глубокие знания</i> по <i>проектному менеджменту</i> для ведения <i>инновационной</i> инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	<i>Активно</i> владеть <i>иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве <i>члена и руководителя группы</i> , состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность <i>следовать корпоративной культуре</i> организации

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P10	Демонстрировать <i>глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов</i> инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах <i>устойчивого развития</i>
P11	<i>Самостоятельно учиться</i> и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности
Химическая технология неорганических веществ и материалов	
P12	Применять глубокие знания в области разработки современных технологий химического производства неорганических веществ и материалов для решения междисциплинарных инженерных задач

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4ГМ73	Заикину Владимиру Аркадьевичу

Школа	ИШНПТ	Отделение/центр	НОЦ Н.М. Кижнера
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Химическая технология

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Амортизация специального оборудования составила 24390 рублей, итоговая плановая себестоимость НИ 428301 рублей.
2. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений	Отчисления на социальные нужды (27%) 83387 составила рублей.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Предпроектный анализ	1.1. Потенциальные потребители результатов исследования 1.4. Диаграмма Исикавы 1.6. Оценка готовности проекта к коммерциализации 1.7. Метод коммерциализации результатов научно-технического исследования
2. Инициация проекта	2.1. Структура работ в рамках исследования 2.2. Организационная структура проекта
3. Планирование процесса управления НИТ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	3.1. Иерархическая структура проекта 3.2. Определение трудоемкости выполнения работ 3.3. Разработка графика научного исследования 3.4. Бюджет научного исследования 3.5. Основная зарплата исполнителей работы 3.6. Страховые отчисления 3.7. Накладные расходы 3.8. Формирование бюджета затрат НИТ
4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	4.2. Оценка сравнительной эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Карта сегментирования рынка

2. Диаграмма Исикавы
3. Иерархическая структура работ проекта
4. Временные показатели проведения научного исследования
5. Диаграммы Ганта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент Отделения социально- гуманитарных наук	Креницина Зоя Васильевна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ73	Заикин Владимир Аркадьевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4ГМ73	Заикину Аркадию Владимировичу

Школа	ИШНПТ	Отделение/центр	НОЦ Н.М.Кижнера
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Химическая технология

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования	<i>«Исследование возможности применения золошлаковых материалов в строительстве»</i>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; <p>организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p align="center"><i>Федеральный закон № 426-ФЗ от 28 декабря 2013 года «О специальной оценке условий труда»</i></p> <p align="center"><i>Федеральный закон №184-ФЗ «о техническом регулировании от 27 декабря 2002 года.</i></p>
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Исследуемая технология кучного выщелачивания хвостов обогащения является достаточно чистым производством. В связи с этим применения таких средств защиты селитебной зоны, как санитарно-защитная зона, не является необходимым.</i> • <i>Негативное воздействие на атмосферу гидросферу, литосферу минимальны.</i>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Возможные ЧС на объекте:</i> <ul style="list-style-type: none"> – <i>стихийные бедствия (ураганы, наводнения)</i> – <i>пожар</i> – <i>военные конфликты</i> <p><i>Для обеспечения безопасности разработаны меры по предотвращению ЧС.</i></p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель Отделения общетехнических дисциплин,	Романова Светлана Васильевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ73	Заикин Владимир Аркадьевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 112 с., 11 рис., 39 табл., 42 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: золы-уноса, зола гидроудаления, уголь, строительные растворы, золоотвал.

Объектом исследования является золошлаковый материал Северской и Железнодорожной теплоэлектростанций.

Цель работы – исследование возможности применения золошлаковых материалов при изготовлении строительных растворов.

В процессе исследования проводились определение гранулометрического состава, подбор состава строительных растворов на основе золошлакового материала Северской и Железнодорожной ТЭЦ, получение образцов растворов и исследование их скорости затвердевания и прочностных характеристик.

В результате исследования получены составы строительных растворов с содержанием цемента в сухой смеси 20% масс., и зол Северской и Железнодорожной ТЭЦ. Получена зависимость влияния срока выдержки образцов в воздушно-влажной среде и количества золошлакового материала с высоким содержанием свободного оксида кальция в смеси на скорость затвердевания и прочность на сжатие.

Степень внедрения: отсутствует.

Область применения: приготовление штукатурных растворов, возведение кирпичной кладки и любых строительных блоков, выравнивание полов и другие ремонтные работы.

Существующий вариант решения поставленной в дипломной работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является наиболее приемлемым.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- 1.** ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования».
 - 2.** ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования».
 - 3.** ГОСТ 12.11019-79 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».
 - 4.** ГОСТ 12.2.003-91 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности».
 - 5.** СанПин №11-19-94 «Перечень регламентированных в воздухе рабочей зоны вредных веществ».
 - 6.** СанПин 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях, на рабочих местах. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы».
 - 7.** ГОСТ 25818-91 «Золы-уноса тепловых электростанций для бетонов».
 - 8.** ГОСТ 10538-87 «Топливо твердое. Методы определения химического состава золы».
 - 9.** СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».
 - 10.** ГОСТ 12.2.003-91 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности».
- ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования».

Оглавление

Введение	14
1 Литературный обзор	16
1.1 Уголь. Общие сведения	16
1.1.1 История каменного угля	16
1.1.2 Классификация ископаемых углей	24
1.1.3 Сжигание твердого топлива	27
1.2 Золошлаковые материалы	33
1.2.1 Образование золошлаковых материалов	34
1.2.2 Характеристика золошлаковых отходов тепловых электростанций	35
1.2.3 Применение золы в строительных растворах	36
2 Экспериментальная часть	41
2.1 Методы исследования	41
2.1.1 Гранулометрический анализ	41
2.1.2 Определение содержания свободного оксида кальция ускоренным методом	43
2.2 Характеристика объекта исследования	44
2.2.1 Характеристика золы гидроудаления Северской теплоэлектростанции	44
2.2.2 Характеристика золы-уноса Железнодорожной теплоэлектростанции	46
3 Результаты исследования	48
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	52
4.1 Предпроектный анализ	52
4.1.1 Введение	52
4.2 Инициация проекта	58
4.3 Планирование управления научно-техническим проектом	60
4.4 Оценка сравнительной эффективности исследования	75
5 Социальная ответственность	78
5.1 Правовые вопросы обеспечения безопасности	79
5.2 Производственная безопасность	79
5.2.1 Анализ вредных факторов производственной среды	81

5.4 Экологическая безопасность	89
5.5 Защита в чрезвычайных ситуациях	91
Заключение	94
Список публикаций студента	95
Список использованных источников	96
Приложение А	100

Введение

В России ежегодно производится около 30,4 миллиона тонн золошлаковых материалов [1], из которых утилизируется лишь 5-10% [2], остальное же отправляется на золоотвалы. Складирование золошлаковых материалов является важной экологической и социальной проблемой. Золоотвалы занимают огромные территории, пригодные для строительства, уносятся ветром в виде пыли и вместе с тающим снегом, загрязняя водоемы.

Энергетическая стратегия России на период до 2020 года предписывает повышение энергетических мощностей тепловых электростанций преимущественно за счет ввода угольных ТЭС. При умеренном и оптимистическом вариантах развития рост производства электроэнергии на ТЭС увеличится в 1,36-1,47 раза. При этом доля угля в структуре потребления топлива увеличится до 44,4% [3]. В связи с этим требуется срочно искать новые пути переработки зол-уноса и шлаков.

В мире давно применяются различные технологии переработки золошлаковых отходов. Так, в Индии законом регламентировано обязательное использование до 25 процентов золошлаковых отходов в производстве кирпича, блоков и плитки на предприятиях, расположенных в радиусе до 100 километров от конкретной теплоэлектростанции, и обязательное использование золы в качестве основного материала при выполнении насыпей во всех дорожных работах [4].

Золошлаковый материал может быть применен во многих областях. Тут и производство строительных материалов таких как цемент, железобетон и другие; дорожное строительство; производство вяжущего и т.д.

Для разных областей применения золошлакового материала в России действуют стандарты, определяющие требования специфичные для данной конкретной области применения.

Цель работы – Исследовать возможности применения золошлаковых материалов при изготовлении строительных растворов.

Объект исследования – золошлаковый материал Северской и Железнодорожной теплоэлектростанций.

Задачи:

1. Провести литературный обзор.
2. Определить гранулометрический состав исследуемых материалов.
3. Определить содержание свободного оксида кальция в золошлаковых материалах Северской и Железнодорожной теплоэлектростанций.
4. Приготовить строительные растворы с различными пропорциями золошлакового материала и проверить их прочностные характеристики.
5. На основании полученных данных составить график и выявить зависимости.
6. Провести оценку конкурентоспособности и перспективности проекта.
7. Рассмотреть вредные и опасные факторы производственной среды.
8. Сделать выводы.

1 Литературный обзор

В этой части описано как развивалась добыча угля, как в современном мире классифицируют угли, какими особенностями обладает процесс сжигания угля в зависимости от различных факторов.

Также здесь рассмотрены характеристики образующихся в процессе сжигания углей зол и пути их применения.

1.1 Уголь. Общие сведения

1.1.1 История каменного угля

Древняя добыча угля была слаборазвитой, уголь лежал либо на поверхности, либо очень близко к ней. Археологические исследования в Китае указывают на добычу угля на поверхности и использование в домашних условиях примерно после 3490 года до нашей эры.

Самая ранняя ссылка на использование угля в металлообработке найдена в геологическом трактате «О камнях» греческого ученого Феофрата (около 371–287 до н.э.):

Раньше всех в Америке уголь в качестве топлива начали использовать ацтеки

В римской Британии римляне эксплуатировали все основные угольные месторождения (кроме Северного и Южного Стаффордшира) к концу 2-го века нашей эры. Хотя большая часть его использования оставалась для местного использования, оживленная торговля развивалась вдоль побережья Северного моря, поставляя уголь в Йоркшир и Лондон. Это также распространялось на континентальную Рейнскую область, где битуминозный уголь уже использовался для выплавки железной руды. Он использовался в гипокаустах для обогрева общественных бань, бань в военных крепостях и вилл богатых людей. Раскопки выявили запасы угля во многих крепостях вдоль стены Адриана, а также остатки плавильной промышленности в таких крепостях, как Лонговициум.

После того, как римляне покинули Великобританию, в 410 году нашей эры, в стране до конца XII века сохранилось мало записей об использовании угля.

Одно из них имеет место в англосаксонской летописи за 852 год, когда упоминается рента, включающая 12 партий угля. В 1183 году кузнецу дали землю для его работы, и он был обязан «поднять свой собственный уголь».

Вскоре после подписания Великой хартии вольностей, в 1215 году, уголь начал продаваться в районах Шотландии и северо-восточной Англии, где угленосные толщи были на морском берегу и, таким образом, стали называться «морским углем». Этот товар, однако, не подходил для использования в домашних очагах того типа, который использовался тогда, и в основном использовался ремесленниками для сжигания извести, обработки металлов и плавки. Уже в 1228 году морской уголь с северо-востока доставлялся в Лондон. В течение XIII века торговля углем увеличилась по всей Британии.

По мере того, как использование угля среди ремесленников становилось все более распространенным, стало ясно, что угольный дым вреден для здоровья, а растущее загрязнение в Лондоне привело к значительным волнениям. В результате этого в 1306 году была издана королевская прокламация, запрещающая лондонским ремесленникам использовать морской уголь в своих печах и предписывать им возвращаться к традиционным видам топлива из дерева и древесного угля.

В первой половине XIV века уголь стал использоваться для отопления домов в угледобывающих районах Великобритании, поскольку были улучшены конструкции бытовых очагов. Эдуард III был первым королем, заинтересовавшимся торговлей углем на северо-востоке, издав ряд предписаний, регулирующих торговлю, и разрешил экспорт угля в Кале. В течение XV века спрос на уголь в Британии неуклонно увеличивался, но он по-прежнему в основном использовался в горнодобывающих районах, прибрежных городах или экспортировался в континентальную Европу. Однако, к середине XVI века поставки древесины начали падать в Великобритании, и использование угля в качестве внутреннего топлива быстро расширилось.

В течение XVII века был достигнут ряд достижений в технологиях добычи полезных ископаемых, таких как использование пробного бурения для

поиска подходящих отложений и цепных насосов, приводимых в движение водяными колесами, для осушения угольных шахт.

Месторождения угля в Северной Америке были впервые обнаружены французскими исследователями и торговцами мехами вдоль берегов Гранд-Лейк в центральной части Нью-Брансуика, Канада, в 1600-х годах. Угольные пласты были обнажены там, где реки впадали в озеро и выкапывались вручную.

Впервые гипотезу о том, что уголь происходит из торфа, а тот в свою очередь из скоплений остатков растений на дне болот выдвинул М. В. Ломоносов в своей работе «О слоях земных» (1763г.), но доказано это было только в XIX веке с помощью микроскопических исследований. В ходе этих исследований в структуре угольного вещества были обнаружены обуглившиеся или частично разложившиеся остатки растительных тканей, зернышек смолы, семян, спор.

Угольные месторождения имеются по всему миру, на каждом континенте, а также на большинстве островов Мирового океана. Каждое из этих месторождений имеет свою историю.

О добыче и использовании каменного угля в Украине имеются различные сведения. Так, при геологических исследованиях были обнаружены отвалы древней разработки угля в районе г. Бахмут (ныне г. Артемовск), свидетельствующие, что уже в IX–X вв. местное население добывало и использовало его в качестве топлива при производстве различных предметов быта [5].

До XVII века в Западной Европе для выплавки металла использовали только древесный уголь. Большое количество топлива потребовалось в XVIII веке в связи с бурным развитием металлургии, в связи с чем запасы промышленной древесины резко сократились. Ископаемый уголь мог стать заменой древесному углю.

К этому времени относятся усиленные поиски месторождений ископаемого угля в различных странах. Интересна история начала потребления каменного угля в Великобритании. Как писала одна из английских газет сто лет тому назад: «Дело было в начале XIV столетия. Лондонские пивовары, кузнецы

и слесари, видя все более возрастающую дороговизну дров, попробовали вместо них жечь каменный уголь, что оказалось и очень удобным, и очень выгодным. Но суеверные горожане сочли сжигание каменного угля делом нечестивым. Была подана особая петиция королю, и употребление каменного угля было воспрещено законом. Однако ввиду дороговизны дров многие тайно продолжали нарушать закон, так что горожане потребовали драконовских мер. Достоверно известно, что один нарушитель закона в Лондоне был казнен, но говорят, что таких случаев было много. Затем строгие законы были отменены, но еще долго против каменного угля было сильное предубеждение ввиду «зловонности этого вида топлива» [5].

Однако лондонские дамы были резко против использования каменного угля. Многие из них отказывались появляться в домах, которые отапливались каменным углем, и даже не притрагивались к блюдам, если они были приготовлены не на дровах. Такая пища считалась нечистой.

А ныне каменный уголь составляет силу и богатство Англии, неизбежное условие самой нынешней цивилизации».

С течением времени отношение англичан к углю изменилось, до такой степени, что появились традиции, связанные с углем. Чтобы в доме в новом году не было недостатка в еде, всегда было тепло и уютно, в новогоднюю ночь, первым, кто войдет в дом, должен быть высокий черноволосый мужчина с кусочком угля и серебряной монеткой.

В России промышленное применение каменного угля взамен древесного возникло в начале XVIII века. Первые достоверные сведения о поиске и разведке ископаемых углей в России относятся тоже к началу XVIII в.

При Петре I, уделявшем большое внимание развитию горного дела, были организованы специальные экспедиции в различные районы страны.

В Донецком бассейне залежи каменного угля были открыты в 1721 г. в районах Бахмута, Лисичанска, Шахты [5].

Доподлинно не известно кто является первооткрывателем угля в Донбассе. Долгое время считалось что первым открыл месторождения

каменного угля Григорий Капустин в 1721 г. В районе рек Дона, Курдючей и Осереды. Но из архивных материалов того же 1721 г. Следует, что бахмутские сталевары Никита Векрейский и Семен Чирков использовали каменный уголь в кузницах, который нашли в балке Скелеватой в 25 километрах от Бахмута.

В других районах России, экспедиции также сделали ряд открытий.

В 1721 г. – на реке Томь (Кузбасс), открытие Подмосковного бассейна, а также месторождения в районе г. Кизел на Урале.

В 1722-1723 гг. в Петербургскую Берг-коллегию поступило много сообщений об угольных пластах в районах рек Дона и Днепра.

Значительно на интенсивный поиск и освоение угольных месторождений повлияло развитие металлургической промышленности во многих странах. Как пример, строительство Луганского чугунолитейного завода, который перерабатывал местные руды и был введен в эксплуатацию в 1799 г. оказало влияние и на освоение Донецкого бассейна. Одновременно с началом сооружения завода были заложены каменноугольные разработки первично вблизи села Белого, а затем на более богатом месторождении на правом берегу Северского Донца в Лисичьей балке (г. Лисичанск). Лисичанский рудник оставался основным угледобывающим предприятием в Донбассе до конца 60-х годов XIX столетия, т.е. до начала строительства более крупных шахт в его центральных районах [5].

До наших дней дошел указ Петра I от 7 декабря 1722 г.: «Для копания каменного угля и руд, которые объявил подъячий Капустин, из Берг-коллегии послать нарочного и в тех местах того каменного угля и руд в глубину копать сажени на три и больше и, накопив пуд до пяти, привести в Бергколлегию и опробовать» [5].

Аналогично начинали осваиваться угольные месторождения в других угледобывающих странах.

Бытует мнение что в химико-технологической области каменный уголь начали применять после работ химика И. Бехера, который в 1681 г. получил патент на «новый метод изготовления кокса и смолы из торфа и каменного угля,

никем никогда ранее не открытый и не примененный» [5]. Суть метода заключалась в термообработке угля без доступа воздуха с отгонкой летучих веществ и серы, после чего он превращался в кокс.

И. Бехер описывает свое изобретение так: «В Голландии имеется торф, в Англии каменный уголь, но и тот, и другой почти не употребляются для сжигания в доменных печах и для плавки. Я нашел путь, позволяющий превратить и тот, и другой в хорошее горючее, которое не только не дымит и не воняет, но и дает столь же сильный огонь, необходимый для плавки, как и древесный уголь... При этом достойно внимания: как шведы получают свою смолу из соснового дерева, так и я получил свою смолу в Англии из каменного угля, которая одинакова со шведской по качеству, и даже у некоторых углей выше ее. Я производил пробы как на дереве, так и на канатах, и смола показала себя вполне хорошей...» В том же XVII веке англичанин Д. Додлей проводил экспериментальные доменные плавки на ископаемом угле, но подробности осуществления процесса он держал в секрете и унес с собой в могилу.

Во время жизни И. Бехера и Д. Додлея их открытия не были распространены. В то же время, чтобы обеспечивать растущее количество кузниц и доменных печей массово уничтожались леса. Чтобы исправить ситуацию парламент Англии в 1558-1584 гг. издал несколько указов, которыми старались ограничить рост и размещение металлургических предприятий. Однако, потребности в металле увеличивались с огромной скоростью, в связи с чем к началу XVII века были полностью уничтожены большое количество европейских лесов. В связи с резким подорожанием дров и древесного угля в Англии, Германии, Голландии, Франции стало причиной активного поиска альтернативного топлива [5].

Начало промышленной революции в Европе вполне справедливо связывают с «открытием» ископаемого угля для использования в промышленности, произошедшем через 50–80 лет после открытий И. Бехера. В 1735 г. в Англии А. Дерби применяет уголь, а точнее, кокс, полученный выжигом каменного угля в так называемых «кучах», где примерно треть угля сжигалась и

две трети превращались в кокс, в качестве топлива и восстановителя для выплавки металла в доменных печах. В 1763 г. Дж. Уатт в Англии, а через 20 лет после этого И. Ползунов в России изобретают паровую машину, где ископаемый уголь используется в качестве топлива. В том же 1763 г. французские металлурги Жара в Люттихе (Бельгия) и Жанзен в Саарской области строят первые коксовые батареи с производством металлургического кокса и улавливанием смолы коксования. Наконец, в 1792 г. англичанин В. Мэрдок не только повторил 180-летней давности опыты голландского естествоиспытателя Я.Б. ван Гальмонта по получению горючего газа из каменного угля, но и оборудовал газовым освещением свой дом в Редруте. Так определились основные направления использования ископаемого угля: топливо (для паровых котлов и бытовых нужд); топливо и восстановитель (кокс для выплавки металлов); сырье для получения жидких и газообразных продуктов, в свою очередь применяемых как топливо либо химическое сырье [5].

Ведущую роль в деле внедрения газового освещения в городах сыграл в начале XIX века англичанин Ф. А. Ванзор. Пожалуй, ему легче было решать технические вопросы, чем преодолевать предрассудки общества. Так, известный английский писатель В. Скотт писал о Ванзоре: «Один сумасшедший предлагает осветить Лондон, – чем бы вы думали? Представьте себе – дымом...» Газеты пестрели заявлениями, что искусственное освещение нарушает божественные законы, по которым ночью должна быть тьма; что освещенные улицы будут способствовать росту пьянства, развращенности населения и простудных заболеваний (имелись в виду ночные гуляки); что при новом освещении будут пугаться лошади и обнаглеют воры... Несмотря на это, в 1812 г. английский парламент утвердил учреждение первой в мире «Лондонской и Вестминстерской компании для газового освещения и производства кокса», в 1816 г. был открыт первый газовый завод в США, в 1820 г. – во Франции, в 1835 г. – в России. В 1885 г. в Англии потреблялось около 2,5 млрд.м³ светильного газа и ненамного меньше каменноугольного газа как домашнего топлива для приготовления пищи [5].

К началу XIX века развитие производства кокса для металлургии, с одной стороны, и светильного газа, с другой, еще более увеличило количество получаемой каменноугольной смолы и усилило работы по исследованию возможностей ее использования. В 1815 г. английский химик Аккум стал получать из смолы легкие масла – эссенции, нашедшие применение в качестве растворителей и заменителей древесного скипидара. В 1822 г. в Англии первый смолперегонный завод начал производить легкую каменноугольную смолу – нефту – для пропитки непромокаемых тканей и плащей. В 1825 г. великий английский физик и химик М. Фарадей выделил из продуктов переработки угля бензол, чем заложил основу химии ароматических соединений. В 1842 г. русский химик Н.Н. Зинин открыл методы промышленного получения каменноугольного анилина – важного промежуточного продукта в синтезе искусственных красителей. Это открытие было практически использовано лишь в 1856 г., когда английский студент В. Перкин, обрабатывая анилин, получил первый искусственный органический краситель – мовеин – и быстро организовал у себя на родине производство целого ряда синтетических красителей [5].

Казалось бы, какое влияние на углехимию может иметь изобретение сетки накаливания в газовых светильниках? Но дело в том, что до этого бензол из сырого газа не извлекали: только его присутствие обеспечивало удовлетворительную яркость освещения. А после этого изобретения, позволившего использовать для освещения и «обедненный» бензолом газ, появилась возможность промышленного извлечения сырого бензола из каменноугольного газа. «Отцом» промышленного сырого бензола считают немца Брунка. Во многом благодаря ему за последнее десятилетие XIX века Германия увеличила производство сырого бензола при углепереработке в 50 раз.

В настоящее время мировая потребность в сыром бензоле и других жидких продуктах углехимии не перекрывается их производством из угля коксования и полукоксования. Поэтому ряд стран (Австрия, Эстония, Израиль и др.) получают их из своих горючих сланцев. Стоимость продуктов углехимии, получаемых из горючего сланца, в несколько раз превышает стоимость

исходного сырья. Сланцевое масло содержит бензино-керосинную фракцию даже в большей доле, чем каменноугольная смола, в связи с чем, например, Австралия планирует в перспективе полностью заменить местным горючим сланцем привозную нефть [5].

1.1.2 Классификация углей

Угли классифицируют по самым различным признакам. Классификация по размеру кусков принятая в Российской Федерации [6] указана в таблице 1.1, а по геологическому возрасту и степени метаморфизма подразделяют на бурые угли, каменные угли, антрациты и полуантрациты.

Таблица 1.1 – Классификация углей по размеру кусков.

Наименование класса	Условное обозначение	Размер кусков, мм
Плитный	П	100-200 (300)
Крупный	К	50-100
Орех	О	25-50
Мелкий	М	13-25
Семечко	С	6-13
Штыб	Ш	0-6
Рядовой	Р	0-200 (300)

Свойства и отличительные признаки углей. Важнейшие свойства и отличительные признаки бурого и каменного углей сравниваются в табл. 1.2, а также описываются ниже.

Таблица 1.2 Важнейшие показатели бурого и каменного углей

Показатели	Бурый уголь	Каменный уголь
Цвет	Бурый, реже черный	Черный
Черта	Бурая	Черная

Блеск	Матовый, иногда блестящий	Блестящий, иногда матовый
Плотность	Меньше	Больше
Окрашивание КОН	Желтое	Не окрашивает
Окрашивание разбавленной HN O3	От ярко-желтого до красноватого	Не окрашивает

Плотность. Обусловлена главным образом степенью углефикации и зольностью; для бурых углей она составляет 800–1250, каменных углей – 1260–1330 и антрацитов – 1350–1500 (кг/м³).

Твердость. Увеличивается с повышением степени углефикации и определяется по шкале Мооса в пределах от 1 до 3.

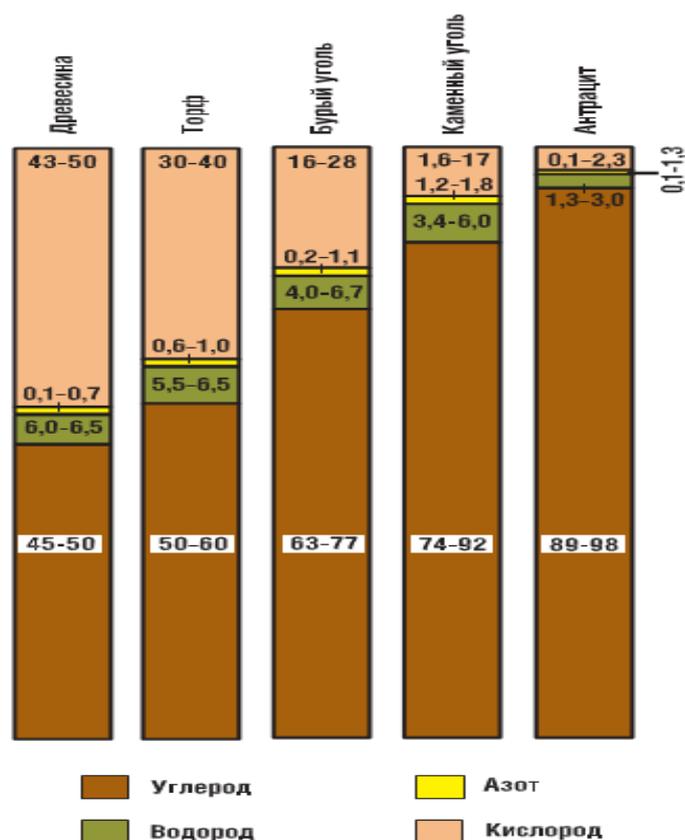


Рисунок – 1.1 Элементный состав древесины, торфа и углей, %

Хрупкость. Определяется по степени сопротивления раздавливанию, истиранию и удару. Наиболее хрупкими являются угли фюзенового типа, далее следуют витреновые и клареновые, а наиболее стойкие – дюреновые угли.

Цвет. Бурые угли имеют бурый цвет и на фарфоровой пластинке оставляют бурую черту, так же как и сапропелиты. Каменные угли и антрациты имеют черный цвет и оставляют такую же черту на фарфоровой пластинке.

Блеск. Характер блеска углей зависит от их петрографического состава, степени углефикации и зольности. Стеклянный блеск наблюдается у витрена, жирный – у кларена, шелковый – у фюзена; к матовым относятся дюреновые угли. Антрацит, представляющий собой уголь высшей степени углефикации, обладает сильным блеском с металлическим оттенком.

Излом. По характеру поверхности, которая получается при разломе угля, различают неровный, занозистый, волокнистый, раковистый изломы.

Включения в угле. Чаще всего в углях содержатся скопления новоотложенных минералов (кальцит, кварц, соединения железа), заполняющие открытые трещины в них; разнообразные посторонние примеси – валуны, галька, песок или прослойки песчаников; скопления глинистых минералов, занесенные в торфяники еще в период их образования; доломитовые или известняковые почки, образовавшиеся за счет отложения минеральных солей, растворенных в морской воде.

Элементный состав древесины, торфа и углей различной стадии метаморфизма приведен на рис. 7.6. Особое значение имеют примеси, адсорбируемые углями, например германия, урана и других редких элементов, в связи с чем все чаще зола таких углей, да и сами угли рассматриваются как сырье для получения этих элементов.

Естественная классификация ископаемых углей. В основу естественной классификации углей положены состав исходного материала, из которого они образовывались, и процессы изменения этого материала в природных условиях, обнаруживаемые в результате химических и

петрографических исследований. Схематически эта классификация выглядит так:

Класс 1. Гумусовые угли. Образовались из торфа, в основном за счет легко разлагающихся частей высших растений (целлюлоза, древесина, лигнин): лигниты; бурые угли; каменные угли; антрациты; углистые сланцы.

Класс 2. Липтобиолиты. Образовались только из наиболее устойчивых частей высших растений (оболочка спор, смолы, кожа кутикулы). Внутри класса делятся по преобладанию исходного материала: споровые угли; смоляные угли; кутикуловые угли.

Класс 3. Сапропелиты. Образовались из остатков низших организмов (водоросли, планктон). Делятся только по зольности; кроме того, в особый подкласс выделяют богхеды, в которых низшие водоросли не сохранились от разложения и превращены в бесструктурную массу (сапроколлиты): богхеды; сапроколлиты; горючие сланцы.

1.1.3 Сжигание твердого топлива

Топочное устройство или топка - часть котельной установки или печи, в которых происходит сжигание органического топлива с выделением химически связанной энергии. В топке происходит теплообмен между продуктами сгорания и поверхностями нагрева котла или материалом, находящимся в печи. При сжигании твердого топлива топка одновременно играет роль сепарационного устройства, так как в ней происходит частичное отделение золы от продуктов горения [7].

Различают три способа сжигания топлива: слоевой, факельный и вихревой [8]. В соответствии со способами сжигания топлива в слое, факеле и вихре различают топки: слоевые, камерные (факельные) и циклонные (вихревые). В слое сжигают только твердое топливо, в остальных случаях - твердое, жидкое и газообразное.

Слоевые топки. На рисунке 1.2 указаны топки для сжигания топлива в слое и их виды.

Топливо из загрузочной воронки (бункера) 1 поступает самотеком на переднюю часть медленно движущегося бесконечного полотна колосниковой решетки 2. Оставшийся в результате горения шлак сыпается в шлаковый бункер 3. Топки с цепной решеткой применяют для сжигания сортированных неспекающихся умеренно влажных и умеренно зольных углей с высокой температурой плавления золы и выходом летучих 10-25% на горючую массу. При сжигании топлива большой влажности (например, кускового торфа) цепную решетку комбинируют с шахтным предтопком, служащим для предварительной сушки топлива.

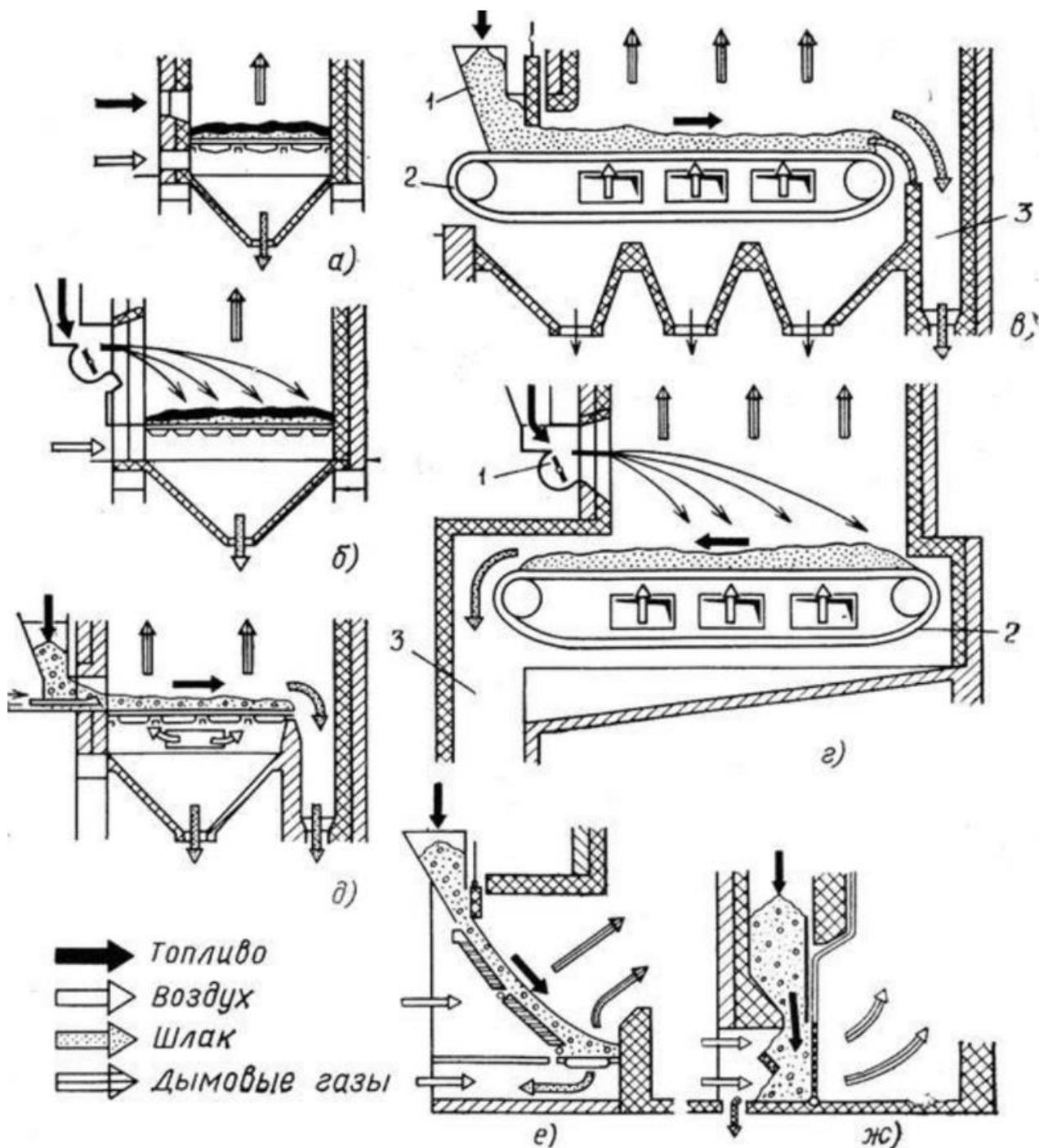


Рисунок 1.2 – Схемы топок для сжигания твердого топлива в слое: а - ручная горизонтальная колосниковая решетка; б - топка с забрасывателем на неподвижный слой; в - топка с цепной механической решеткой; г - топка с механической цепной решеткой обратного хода и забрасывателем; д - топка с шурующей планкой; е - топка с наклонной колосниковой решеткой; ж - топка системы Померанцева

Сортированные и несортированные каменные и бурые угли можно сжигать в топках с цепной решеткой обратного хода (см. рисунок 1.2, г).

Колосниковое полотно решетки 2 с топливом движется от задней стенки топки к передней. Крупные частицы топлива от забрасывателя 1 попадают к концу колосниковой решетки, а мелкие - выпадают ближе к ее фронту. В итоге крупные частицы больший период времени находятся в топке, что обеспечивает лучшее выгорание топлива. Достигается также послойное фракционное распределение топлива на решетке, отчего уменьшается провал несгоревших частиц через колосниковую решетку. Шлаковый бункер 3 размещен под передней частью топки.

Для сжигания бурого угля в котлах паропроизводительностью до 6,5 т/ч применяются топки с шурующей планкой (см. рисунок 1.2, д). Топливо по решетке перемещается с помощью планки, совершающей возвратно-поступательные движения. Факельно-слоевая топка системы проф. С.В. Татищева имеет шахтный предтопок, в котором происходит предварительная подсушка топлива дымовыми газами, которые засасываются в шахту специальным эжектором [7].

Топки с наклонной колосниковой решеткой (см. рисунок 1.2, е) применяются для сжигания древесных отходов в котлах паропроизводительностью 2,5-20 т/ч, а скоростные шахтные топки системы В.В. Померанцева (см. рисунок 1.2, ж) - для сжигания кускового торфа в котлах паропроизводительностью до 6,5 т/ч.

Недостатком слоевых топок является ограниченная мощность, поскольку горение происходит только на поверхности кусков топлива. Суммарная же поверхность их оказывается недостаточной для быстрого сжигания больших количеств топлива [7].

Камерные (факельные) топки. Топки, в которых осуществляют горение пылевидного топлива, называются камерными (факельными). Твердое топливо размалывают в тонкий порошок (пыль) в углеразмельных мельницах. Измельчение топлива до состояния порошка (пыли) позволяет сжечь его очень

быстро. Измельченное топливо транспортируется в топку котла воздухом, необходимым для его сгорания [7].

Камерные топки, а также их классификация по способу удаления шлака показаны на рисунке 1.3.

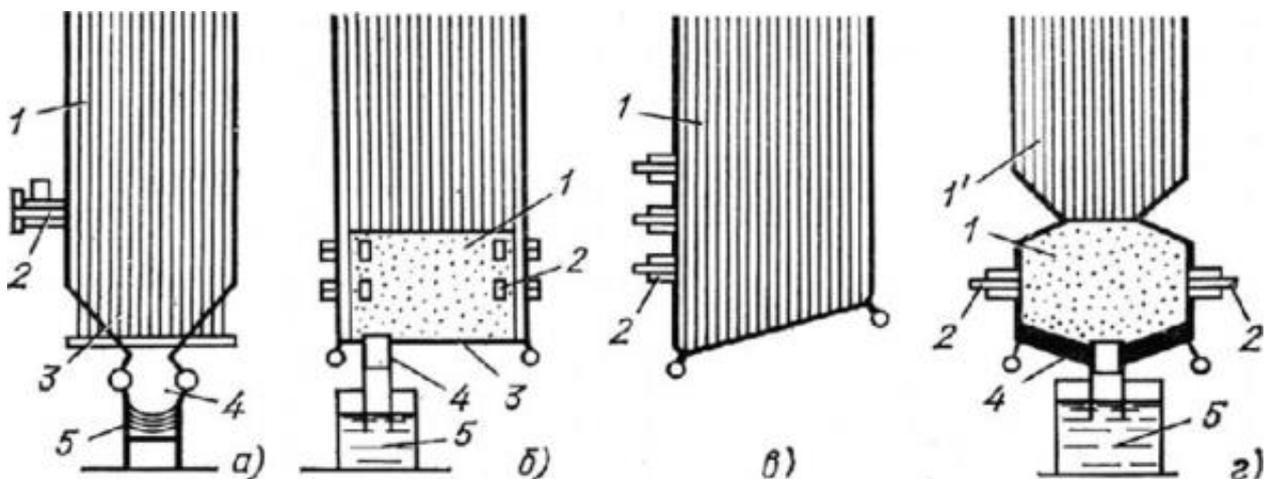


Рисунок 1.3 – Схемы камерных топок:

а - однокамерная топка для пылевидного топлива с твердым шлакоудалением; б - однокамерная топка для пылевидного топлива с жидким шлакоудалением; в - топка для сжигания жидкого и газообразного топлива; г - топка с полуоткрытой топочной камерой (двухкамерная топка) для сжигания пылевидного топлива

При твердом шлакоудалении камера топки снизу заканчивается «холодной» шлаковой воронкой 3, стены которой покрыты экранными трубами, благодаря чему температура газов здесь низкая. Капли шлака затвердевают в гранулы (зерна) и через горловину 4 падают в шлакоприемное устройство 5 с водяной ванной для охлаждения гранулированного шлака. Ванна играет роль гидрозатвора. Из ванны шлак отводится в систему шлакозолоудаления. 10-15% золы оседает в холодной воронке, 85-90% проходит в газоходы.

Нижняя часть топки с жидким шлакоудалением «утеплена» (трубы покрыты тепловой изоляцией). Поэтому жидкий шлак, падая на горизонтальный или слегка наклонный под 3 (рисунок 1.3, б, г), не затвердевает, а через летку 4 вытекает в шлакоприемную ванну 5, наполненную водой. Здесь струи шлака, затвердевая, растрескиваются и рассыпаются на стекловидные частицы. Далее

шлак попадает в систему шлакозолоудаления. Температура газов в нижней части топки выше температуры текучести шлака.

Крупные энергетические котлы выполняются с двухкамерными топками жидкого шлакоудаления (рисунок 1.3, г): в утепленной камере 1 происходит горение топлива, а в камере 1 - охлаждение продуктов сгорания.

Камерные топки для жидкого и газообразного топлива (рисунок 1.3, в) не нуждаются в устройствах для удаления шлака. Поэтому их выполняют с горизонтальным или слегка наклонным подом, который часто не экранируют.

Камерные топки классифицируют также по типу горелок (с прямоточными и вихревыми горелками) и по расположению горелок в топочной камере: с горелками на передней стене (см. рисунок 1.3, а, в); с горелками по углам топочной камеры (см. рисунок 1.3, б); с горелками на передней и задней стенах или на боковых стенах - встречное расположение горелок (см. рисунок 1.3, г). Главным недостатком камерных топок является недожог топлива [7].

Циклонные (вихревые) топки. Сжигание топлива в факеле имеет тот недостаток, что частицы топлива, независимо от их размера, находятся в топочном объеме весьма ограниченное время (2-3 с), определяемое скоростью движения продуктов сгорания в топке, что обуславливает недожог.

Вихревые циклонные топки лишены этого недостатка. К топке котла пристраивается цилиндрический предтопок-циклон 1 (рисунок 1.4), в котором пылевоздушная смесь энергично закручивается по спирали вторичным воздухом, поступающим через сопла 5. Внутренняя поверхность циклона защищена ошипованными экранными трубами, покрытыми огнеупорной набивной массой. Мелкие частицы топлива сгорают на лету в объеме предтопка. Крупные частицы топлива центробежной силой отбрасываются на стены и полностью сгорают на пленке из жидкого шлака независимо от длительности пребывания продуктов сгорания в циклоне и скорости их перетекания в камеру дожигания (топку) 1' через амбразуру циклона и в камеру охлаждения 3.

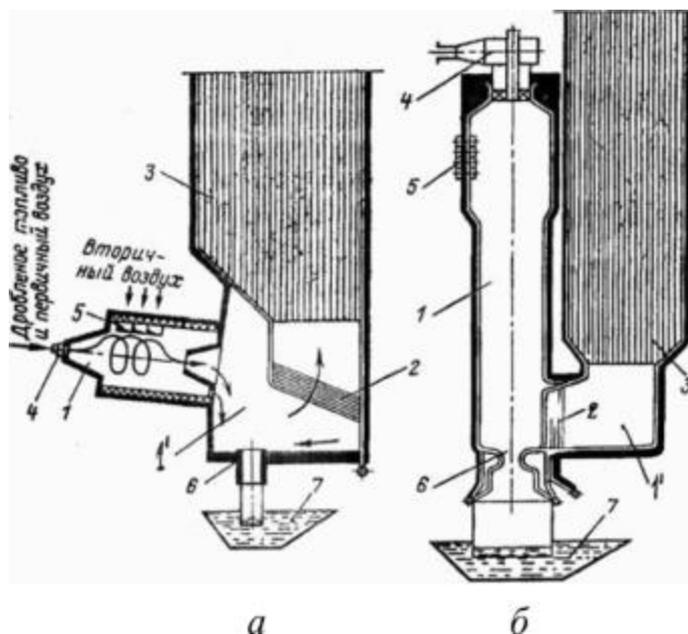


Рисунок 1.4 – Схемы циклонных топок: а - топка с горизонтальным циклоном; б - топка с вертикальным циклонным предтопком; 1 - камера горения (циклон); Г - топка (камера дожигания); 2 - шлакоулавливающий пучок; 3 - камера охлаждения; 4 - горелка; 5 - сопла вторичного воздуха; 6 - шлаковая летка; 7 - шлаковая ванна

В предтопке улавливается от 60 до 85% золы, которая в виде жидкого шлака удаляется через летку 6. Таким образом, одним из преимуществ циклонных топок по сравнению с факельными является высокая степень шлакоулавливания. Недостатком циклонных топок является высокий напор дутьевых вентиляторов, необходимый для создания скорости вторичного воздуха, достигающей 120 м/с.

В циклонных (вихревых) топках сжигают твердое топливо с высоким содержанием летучих веществ; их выполняют как с горизонтальными циклонами (рисунок 2.3, а), так и с вертикальными циклонными предтопками (рисунок 1.4, б). В ряде случаев комбинируют способы сжигания, например в факельно-слоевых топках угольную мелочь сжигают во взвешенном состоянии, а крупные куски - в слое.

1.2 Золошлаковые материалы

Золошлаковые материалы — крупнотоннажные отходы теплоэнергетики (зола сухого отбора золошлаковые смеси, щебень и песок из шлаков ТЭС),

которые образуются и накапливаются на ТЭС или ГРЭС при сжигании в топках котлов твердого топлива в пылевидном состоянии с жидким или твердым шлакоуделением. Основные строительно-технические свойства золошлаковых материалов определяются совокупным влиянием следующих параметров:

- вид угля
- тонкость его помола
- состав минеральной части топлива
- конструкция теплоагрегатов
- режим сжигания топлива
- способ отбора и удаления золошлаковых материалов со станции.

1.2.1 Образование золошлаковых материалов

Когда в топках при высоких температурах (около 1800 °К) сгорает твердое топливо, происходит образование многотоннажных твердых минеральных отходов – шлаки и зола. Легкие частицы уносятся газами, а крупные оседают на под топку, сплавляясь образуя кусковые шлаки.

В наше время на теплоэлектроцентралях твердое топливо сжигают в виде пыли. Образующийся шлак накапливается в шлаковом бункере, который расположен под топкой. Зола-унос улавливается циклонами и электрофильтрами при очистке дымовых газов

Золоотвалы – это огромные территории, которые образуются в результате работы ТЭС, которые неблагоприятно влияют на экологию в районе их расположения. Ежегодно, только с одной ТЭС средней мощности в отвалах скапливается до 1 миллиона тонн золы и шлака. Чтобы складировать и хранить такой объем материала требуются значительные капиталовложения.

По химическому составу зола состоит на 85-90% из оксидов кремния, алюминия, железа, кальция и магния. Золо каменных и бурых углей, антрацита и торфа, как правило, являются кислыми. Исходя из вещественного состава и физико-механических характеристик минеральной части сгоревшего топлива, отходы ТЭС можно рассматривать как сложное техногенное сырье, пригодное

для переработки известными методами, с целью получения конечных продуктов, при производстве практически всех строительных материалов и изделий [10].

Золошлаковые отходы разделяется на следующие виды получения:

1. ЗОЛУ УНОСА СУХОГО УЛАВЛИВАНИЯ – зола, поступающая с электрофильтров и из циклонов ТЭС в золоборники, направляется специальным пневмотранспортом в силосные склады либо непосредственно в транспортные средства потребителей;

2. ЗОЛОШЛАКОВУЮ СМЕСЬ ГИДРОУДАЛЕНИЯ – при очистке золоборников с помощью воды зола и шлак в виде золопульпы удаляется в отвалы.

1.2.2 Характеристика золошлаковых отходов тепловых электростанций

Золошлаковые отходы – несгорающий остаток, образующийся при полном сгорании топлива. На ТЭС образуются такие виды ЗШО, как:

- Зола уноса – частицы золы размером менее 0.18 мм, которые уносятся дымовыми газами при сгорании измельченного топлива;

- Шлак угольный – крупные частицы в смеси золошлаковых отходов;

- Золошлаковая смесь – смесь из золы, шлака и несгоревшего топлива (недожег) в количестве 15% - 20% [12].

Золы подразделяются на два основных класса:

- Основные. Эти золы проявляют гидравлические свойства. Состоят в основном из оксида алюминия Al_2O_3 , диоксида кремния SiO_2 , оксида кальция CaO , оксида железа Fe_2O_3 и других соединений.

Кислые. Эти золы проявляют пуццоланические свойства. Состоят в основном из диоксида кремния SiO_2 , оксида алюминия Al_2O_3 , оксида железа Fe_2O_3 и других соединений.

Химический состав, строение и свойства золошлаковых отходов зависит от большого количества параметров, в том числе:

- вид исходного топлива;

- температура сжигания топлива;

- режим сгорания и др.;

В основном частицы зол имеют сферическую форму с гладкой поверхностью, но встречаются полые частицы. Они образуются из-за вспучивания стекла в момент образования частицы

Размер частиц колеблется от нескольких микрон до 55-60 микрон. По сравнению с золами шлаки содержат меньше органических остатков, но больше стеклофазы. Происходит это из-за того, что шлаки большее время находятся в зоне топки с высокой температурой.

Основными физическими свойствами ЗШО являются:

- водонасыщение;
- зерновой состав;
- способность к морозному пучению.

Основная масса ЗШО (96-98 %) состоит из оксидов: оксид кремния SiO_2 – 45-60 %; оксид кальция CaO – 2.5-9.6 %; оксид магния MgO – 0.5 – 4.8 %; оксид железа Fe_2O_3 – 4.1-10.6 %; оксид алюминия Al_2O_3 – 10.1-21.8 %; оксид серы SO_2 – 0.03-2.7 %.

Также в ЗШО содержатся примеси цинка, таллия, свинца, хрома, марганца, кобальта, никеля, ртути, мышьяка, сурьмы, ванадия, стронция, бора, фтора и т.д.

1.2.3 Применение золы в строительных растворах.

Золы-унос в зависимости от качественных показателей делят на четыре вида:

I – для железобетонных конструкций и изделий из тяжелого и легкого бетона;

II – для бетонных конструкций и изделий из тяжелого и легкого бетона, строительных растворов;

III – для изделий и конструкций из ячеистого бетона;

IV – для бетонных и железобетонных изделий и конструкций, применяемых при строительстве гидротехнических сооружений, дорог, аэродромов и др. [13].

Качественные показатели зол-унос для строительных бетонов и растворов должны соответствовать требованиям, указанным в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Требования, применяемые к золам-уноса для строительных бетонов и растворов.

No.	Наименование показателя	Вид угля	Значение показателя для вида золы			
			I	II	III	IV
1	Содержание оксида кальция, мас. %:					
	– кислая зола, не более	Для всех	10	10	10	10
	– основная зола, более,	Бурый	10	10	10	10
	в том числе свободного СаО, не более:					
	– кислая зола	Для всех	-	-	-	-
	– основная зола	Бурый	5	5	-	2
2	Содержание оксида магния, мас. %, не более	Для всех	5	5	-	5
3	Содержание сернистых и сернокислых соединений в пересчете на SO ₃ , мас.%, не более:					
	– кислая зола	Для всех	3	5	3	3
	– основная зола	Бурый	5	5	6	3
4	Содержание щелочных оксидов в пересчете на Na ₂ O, мас. %, не более:					
	– кислая зола	Для всех	3	3	3	3
	– основная зола	Бурый	1,5	1,5	3,5	1,5
5	Потери массы при прокаливании, мас. %,					

	не более:					
	– кислая зола	Антрацит	20	25	10	10
		Каменный	10	15	7	5
		Бурый	3	5	5	2
	– основная зола	Бурый	3	5	3	3
6	Удельная поверхность, м ² /кг, не менее:					
	– кислая зола	Для всех	250	150	250	300
	– основная зола	Бурый	250	200	150	300
7	Остаток на сите № 008, мас. %, не более:					
	– кислая зола	Для всех	20	30	20	15
	– основная зола	Бурый	20	20	30	15

Влажность золы должна быть не более 1 %. Золо-унос в смеси с портландцементом должны обеспечивать равномерность изменения объема при кипячении в воде, основные золы III вида – в автоклаве. При производстве ячеистого бетона золо-унос используют в качестве вяжущего вещества и кремнеземистого компонента бетонной смеси. По ГОСТ 25485–89 для производства ячеистого бетона в качестве вяжущего вещества может применяться основная зола, содержащая общего CaO не менее 40 %, в том числе свободного CaO – не менее 16 %, SO₃ – не более 6 %, сумму оксидов K₂O и Na₂O – не более 3,5 %. При использовании золо-унос в качестве кремнеземистого компонента бетонной смеси она должна содержать не менее 45 % SiO₂, не более 10 % CaO, не более 3 % K₂O+Na₂O, не более 3 % SO₃. Ранее в инструкции по изготовлению изделий из ячеистого бетона СН 277-80 к золам предъявляли следующие требования. Основные золы от сжигания горючих сланцев и бурых углей должны иметь химический состав: содержание общего CaO – не менее 30 %, в том числе свободного CaO – 15...25 %; содержание оксида SiO₂ – 20...30 %, оксида SO₃ – не более 6 %, сумма оксидов

K_2O и Na_2O не более 3 %. Удельная поверхность зол-унос должна быть в пределах от 300 до 350 м²/кг.

В соответствии с ГОСТ 25592–91 к угольному золошлаковому материалу, применяемого в качестве заполнителя для тяжелых и легких бетонов сборных и монолитных бетонных и железобетонных конструкций, предъявляются следующие технические требования

Таблица 1.4 – Требования к угольному золошлаковому материалу применяемого в качестве заполнителя для тяжелых и легких бетонов сборных и монолитных бетонных и железобетонных конструкций.

Показатель	Значение показателей для классов	
	А (тяжелые бетоны)	Б (легкие бетоны)
Содержание шлака, мас. %	Не менее 50	До 20
Содержание зерен золы и шлака размером менее 0,315 мм, мас. %:		
вид I	20—30	50—100
вид II	20—50	50—100
Содержание зерен размером более 5 мм, мас. %	Не нормируется	Не более 15
Максимальный размер зерен шлака, мас. %	40	20
Удельная поверхность, м ² /кг	Не нормируется	150—400
Влажность, мас. %	Не более 15	Не более 35
Насыпная плотность в сухом состоянии, кг/м ³	Не менее 1300	Не более 1300
Содержание сернистых и сернокислых соединений в пересчете на SO ₃ , мас. %,	Не более 3	Не более 3

в том числе в сульфидной форме	Не более 1	Не более 1
Количество SiO ₂ , мас. %	Не менее 40	Не менее 40

Кроме того, потери массы при прокаливании для различных классов и видов золошлакового материала не должны превышать значений, приведенных в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Требования к потере массы при прокаливании для различных классов и видов золошлакового материала.

Класс	Вид	Потери массы при прокаливании, мас. %, не более		
		Антрацитовой	Каменноугольной	Буроугольной
А	І	5	3	2
	ІІ	10	5	2
Б	І	15	7	5
	ІІ	20	10	5

2 Экспериментальная часть

Как указано в [14], введение в состав строительных смесей оксида кальция обычно обуславливает повышенную скорость их твердения, в связи с чем, планируется провести ряд экспериментов по изучению влияния содержания в составе смеси свободного оксида кальция на скорость твердения, используя вместо песка смесь вышеуказанных золошлаковых материалов.

В этой главе описаны все методики проведения анализов, а также результаты проведенного исследования.

2.1 Методы исследования

2.1.1 Гранулометрический анализ

Физические свойства, структура, возможные варианты применения золошлаковых материалов определяются в первую очередь их гранулометрическим составом.

В настоящее время насчитывается несколько методов дисперсионного анализа. Целесообразность использования отдельных методов обусловлена спецификой соответствующих производств:

- метод ситового анализа;
- оседание в гравитационном поле;
- весовой способ и приборы;
- оседание в поле центробежных сил;
- роторные центрифуги;
- турбидиметрические способы;
- метод седиментационного анализа.

Определение гранулометрического состава осуществлялось по методике [15] на ситах.

Чтобы определить степень дисперсности, полный ситовой анализ выполняется в следующем порядке:

1. Образец помещают на сито с наибольшими размерами отверстий в этом наборе и просеивают. Чаще всего, при просеивании, сита укладываются друг на друга, и образец разделяют на однородные фракции.

2. Для лучшего просеивания набор сит устанавливается на вибрационном столе.

3. Используя регулятор, расположенный на устройстве, устанавливают интенсивность вибрации (8 - 9) и время просеивания (15 - 20 минут).

4. Количество фракций должно быть в пределах: не менее 5 и не более 20.

5. Материал, прошедший через сито (так называемый «проход»), падает на следующее сито, более тонкое, и так до последнего, самого тонкого.

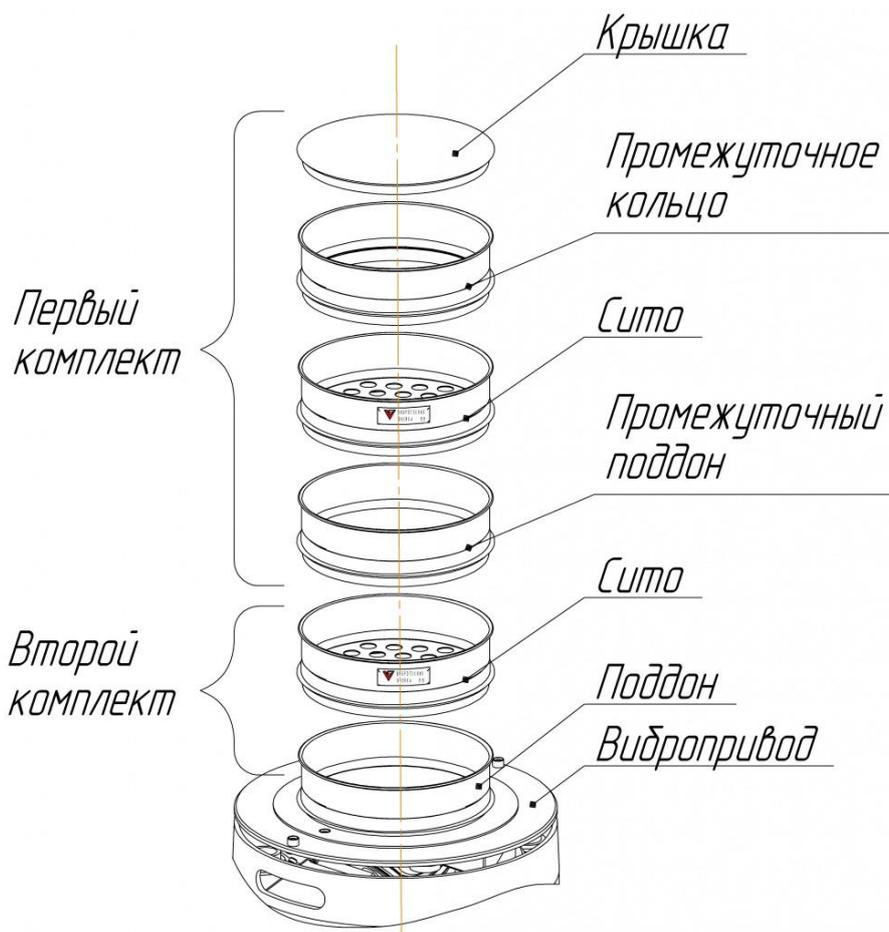


Рисунок 2.1 – Ситовой анализатор

Просеивание осуществлялось через набор сит на вибростолу в течение 20 минут. Остаток на каждом сите после просеивания отбирался и взвешивался. После отбора остатка каждое сито прометалось мягкой кистью. После был определен вес каждого класса.

2.1.2 Определение содержания свободного оксида кальция ускоренным методом

Определение содержания свободного кальция ускоренным методом проводилось по методике [16]. Для эксперимента были использованы следующие аппаратура, реактивы и растворы:

- 10 % - ный раствор сахарозы по ГОСТ 5833-75;
- 0,1 н раствор соляной кислоты по ГОСТ 3118-77;
- Фенолфталеиновый индикатор;
- 1 %-ный спиртовой раствор по ТУ 609-53-60;
- Агатовая ступка;
- Магнитная мешалка «Мультитест ПС – 11».



Рисунок 2.2 – Магнитная мешалка «Мультитест ПС – 11»

Проведение анализа. Навеску золы массой 1,5 г растирают в агатовой ступке в течение 5 мин. Навеску свежерастертой золы массой $(0,2 \pm 0,0002)$ г

помещают в стакан вместимостью 500 см³ и добавляют 100 см³ 10 %-ного раствора сахарозы. Перемешивают в магнитной мешалке в течение 10 мин, после чего фильтруют в коническую колбу вместимостью 500 см³. С помощью пипетки отбирают 50 см³ фильтрата и переносят в колбу вместимостью 250 см³, прибавляют 2-3 капли фенолфталеина и титруют 0,1 н раствором соляной кислоты. Титрование проводят по каплям до исчезновения окраски. Обработка результатов. Массовую долю свободного оксида кальция в процентах вычисляют по формуле:

$$CaO_{св} = \frac{V \cdot V_1 \cdot 0,002804}{V_2 \cdot m} \cdot 100 \quad (2.1)$$

где V - объем раствора HCl, пошедший на титрование, см³;

V1 - объем исходного раствора, см³;

V2 - объем аликвотной части раствора, см³;

0,002804 - количество оксида кальция, соответствующее 1 см³ 0,1н раствора соляной кислоты;

m - масса навески пробы, г.

2.2 Характеристика объекта исследования

При проведении экспериментов в качестве объекта исследований был использован золошлаковый материал (ЗШМ) Северской теплоэлектростанции, и Железнодорожной теплоэлектростанции.

2.2.1 Характеристика золы гидроудаления Северской теплоэлектростанции.

Примерный химический состав золошлакового материала Северской теплоэлектростанции представлен в таблице 2.1. Гранулометрический анализ представлен в таблице 2.2. Содержание свободного оксида кальция представлено в таблице 2.3.

Таблица 2.1 – Химический состав золошлакового материала Северской ТЭЦ

Макроэлемент	Минимум, %	Максимум, %
SiO ₂	47,01	59,53

TiO ₂	0,63	0,83
Al ₂ O ₃	15,61	21,83
Fe ₂ O ₃	4,08	15,93
MnO	0,08	0,44
MgO	0,82	1,63
CaO	1,77	3,52
Na ₂ O	0,42	0,86
K ₂ O	1,82	2,45
P ₂ O ₅	0,14	0,42

Таблица 2.2 – Гранулометрический состав золы гидроудаления Северской теплоэлектростанции

Размер фракции, мм.	Содержание фракции %масс.
+0,5	0,06
-0,5+0,315	0,51
-0,315+0,25	0,64
-0,25+0,1	32,11
-0,1+0,063	15,24
-0,063+0,04	21,85
-0,04	29,59
Всего	100

Как видно из таблицы 1, фракция (-0,25+0,1) мм преобладает, ее содержание составило 32,11%.

Таблица 2.3 – Содержание свободного оксида кальция в различных фракциях золошлакового материала Северской теплоэлектростанции.

Размер фракции, мм.	Содержание свободного оксида кальция, % масс.

-0,25+0,1	2,01
-0,1+0,063	2,25
-0,063+0,04	1,66
-0,04	2,82

2.2.2 Характеристика золы-уноса железногорской теплоэлектростанции.

Примерный химический состав золошлакового материала Железногорской теплоэлектростанции представлен в таблице 2.4. Гранулометрический анализ представлен в таблице 2.5. Содержание свободного оксида кальция представлено в таблице 2.6.

Таблица 2.4 – Химический состав золы-уноса Железногорской ТЭЦ

Макроэлемент	Минимум, %	Максимум, %
SiO ₂	45	47
TiO ₂	0,1	1
Al ₂ O ₃	10	12
Fe ₂ O ₃	6	8
MnO	3	4
CaO	26	28
Na ₂ O	0,1	1,5
K ₂ O	0,5	1
SO ₃	0,1	1,1

Таблица 2.5 – Гранулометрический состав золы-уноса Железнодорожной теплоэлектростанции.

Размер фракции, мм.	Содержание фракции %масс.
+0,25	0,32
-0,25+0,1	2,79
-0,1+0,08	0,8
-0,08+0,04	11,75
-0,04	84,34
Всего	100

Как видно из таблицы 2, фракция (-0,04) мм преобладает, ее содержание составило 84,34%.

Таблица 2.6 – Содержание свободного оксида кальция в различных фракциях золошлакового материала Железнодорожной теплоэлектростанции.

Размер фракции, мм.	Содержание свободного оксида кальция, % масс.
-0,25+0,1	12,58
-0,08+0,04	11,26
-0,04	16,92

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 Введение

Целевым результатом проведенной исследовательской работы стал поиск зависимости между типом золошлакового материала и скорости затвердевания образцов, полученных из строительных смесей, где использовались разные смеси золошлаковых материалов.

Золошлаковые материалы – это миллионы тонн вторичного сырья, использование которого ведет за собой положительные экономические, экологические и социальные результаты. Однако их использование почти не развито в России и все эти ресурсы продолжают скапливаться в огромных количествах.

Золошлаковые материалы по своему химическому составу не сильно отличаются от естественного минерального сырья. Использование их в промышленности, строительной индустрии позволит решить локальные экологические и социальные проблемы в районах размещения угольных ТЭС.

4.1.2 Потенциальные потребители результатов исследования

Золошлаковые смеси отвалов тепловых электростанций могут применяться при изготовлении различных строительных материалов: цементов, силикатного и глиняного кирпича, бетонных камней, пористых заполнителей для бетонов, асфальтобетона и другие. Топливный шлак может быть использован при производстве тяжелого и легкого бетонов.

Так как задачей выпускной работы является исследование применения золошлаковых материалов в строительстве, то основной сегмент рынка, на который будем ориентироваться – это компании по изготовлению строительных материалов.

Основные сегменты рынка потребления золошлаковых материалов показаны на рисунке 4.1

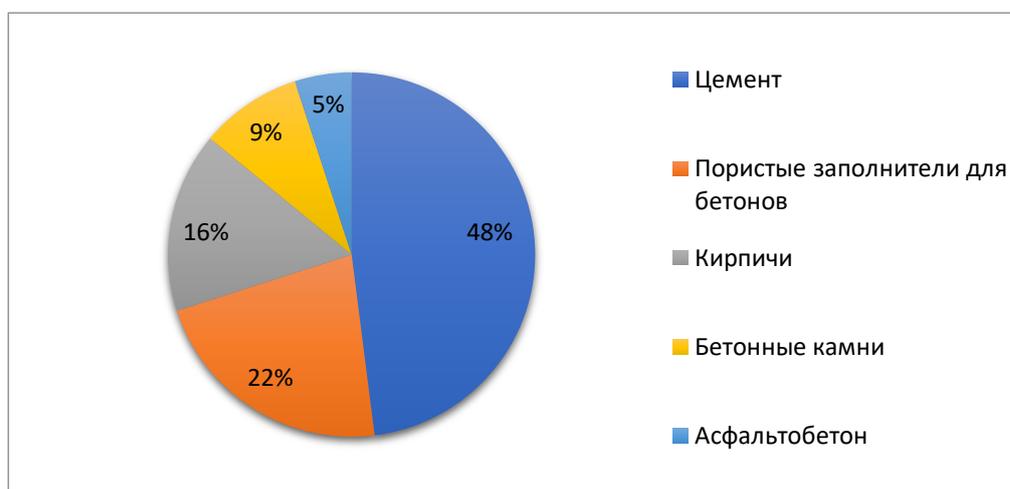


Рисунок 4.1 – Карта сегментирования рынка применения золошлаковых материалов

Таким образом, исходя из результатов сегментирования, можно увидеть, что производство цемента является основным потребителем золошлаковых материалов. Также золошлаковые материалы используются для изготовления пористых заполнителей для бетонов [20].

4.1.3 Диаграмма Исикавы

Диаграмма причины-следствия Исикавы (Cause-and-Effect-Diagram) – это графический метод анализа и формирования причинно-следственных связей, инструментальное средство для систематического определения причин проблемы и последующего графического представления.

Область применения диаграммы:

- выявление причин возникновения проблемы;
- анализ и структурирование процессов на предприятии;
- оценка причинно-следственных связей.

Сначала формулируется существенная проблема или дефект качества. Главные категории потенциальных причин – это оборудование, материалы, человек, процессы, менеджмент, измерительные средства и т.д [22]. Для каждой главной категории на диаграмму наносятся все вероятные причины проблемы. Диаграмма Исикавы представлена на рис. 4.2.

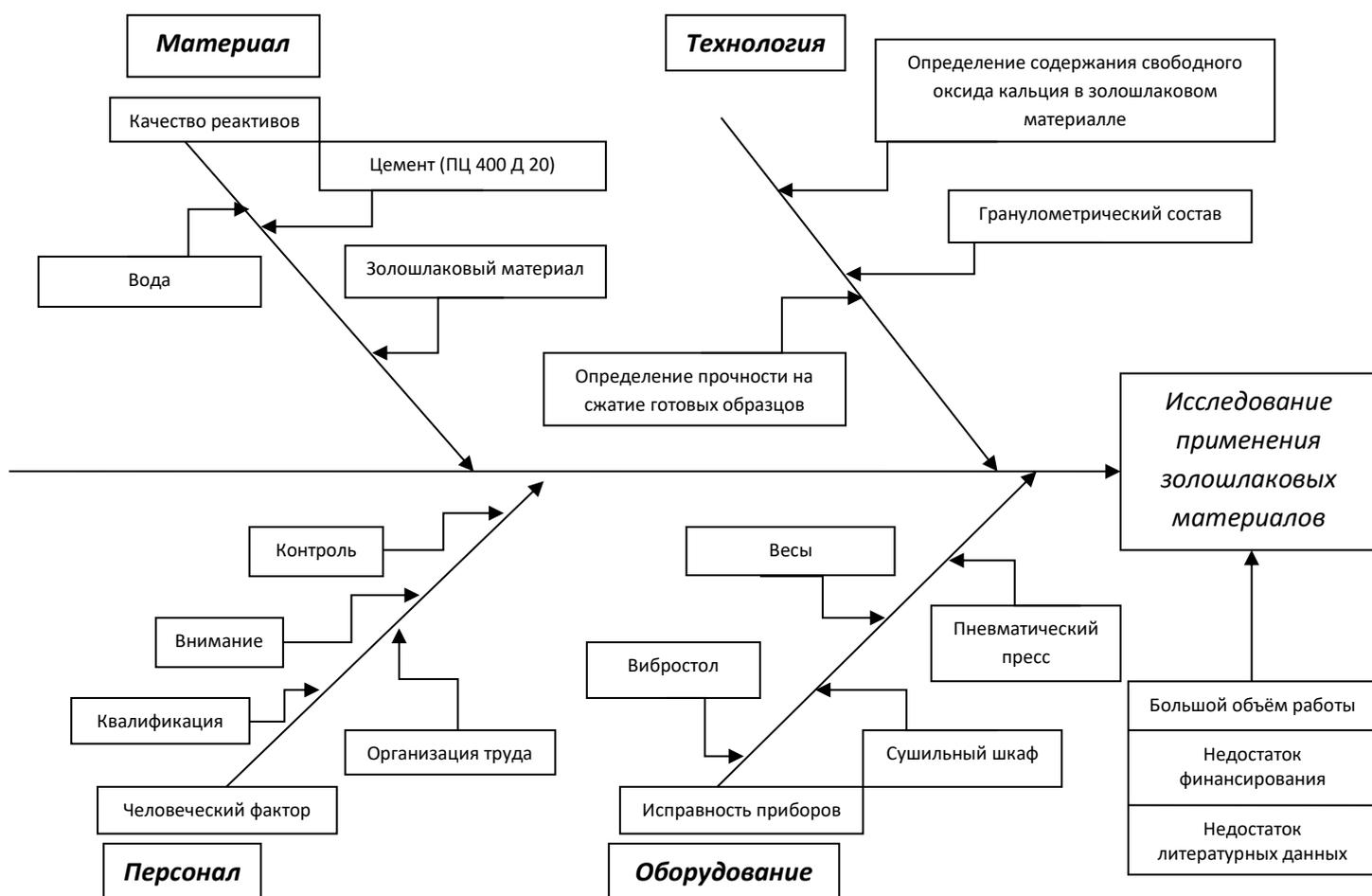


Рисунок 4.2 – Диаграмма Исикавы

4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии календарного цикла не находилась научная разработка, уместным будет оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для проведения (завершения) разработки. Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта.

Перечень вопросов приведен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	5
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	5
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	3
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	5
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	4
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	4	3
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	5	4
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	4
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	4
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	2
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	2
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	5
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	3
15	Проработан механизм реализации научного проекта	2	4
	ИТОГО	50	57

При проведении анализа по табл. 4.1 каждый показатель оценивается по пятибалльной шкале. При этом системы измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) различаются.

При оценке степени проработанности научного проекта:

- 1 балл означает непроработанность проекта;
- 2 балла – слабую проработанность;
- 3 бала – выполнено, но есть сомнения в качестве;
- 4 балла – выполнено качественно;
- 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта.

Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид:

- 1 – не знаком или слабо знаком;
- 2 – в объёме теоретических знаний;
- 3 владею теорией и практическими примерами применения;
- 4 – владею теорией и самостоятельно выполняю;
- 5 – владею теорией, выполняю и могу консультировать.

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле (4.1):

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i, \quad (4.1)$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Так, значение $B_{\text{сум}}$ получилось от 50 до 57, что значит перспективность выше средней, или же разработка действительно перспективна.

Объемы инвестирования в текущую разработку низки. Улучшение инвестирования позволило бы провести более качественные и глубокие исследования.

4.1.5 Метод коммерциализации результатов научно-технического исследования

Существуют различные методы коммерциализации научных разработок. На данной стадии представленной научной разработки успешному продвижению способствует торговля патентными лицензиями, с помощью которой будет достигнута передача третьим лицам интеллектуальной собственности на лицензионной основе. Не исключена и организация совместного предприятия типа «университет – производство», когда идеи первого воплощаются ресурсами второго.

При коммерциализации научно-технических разработок продавец (т.е. владелец соответствующих объектов интеллектуальной собственности) преследует вполне определенную цель, которая определяется тем, куда в последующем он намерен направить полученный коммерческий эффект. Возможных путей немало:

- получение средств для продолжения научных исследований и разработок (получение финансирования, оборудования, уникальных материалов, других научно-технических разработок и пр.);

- одноразовое получение финансовых ресурсов для каких-либо целей (в качестве гранта);

- обеспечение постоянного притока финансовых средств.

Допускаются и различные сочетания перечисленных возможностей. При этом время продвижения товара на рынок во многом зависит от правильности выбора метода коммерциализации. Для данной работы был выбран инжиниринг, как средство продвижения результатов исследований. Инжиниринг предполагает предоставление на основе договора одной стороной (консультантом) другой стороне (заказчику) комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, вводом в эксплуатацию, производством продукции.

4.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта [24].

Устав проекта документирует бизнес - потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать.

Ниже рассмотрен устав проекта магистерской диссертации.

4.2.1 Цели и результат проекта

Информация о заинтересованных сторонах проекта представлена в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НОЦ Н.М.Кижнера	Исследование возможности применения золошлаковых материалов в строительстве. Улучшение состояния окружающей среды. Уменьшение отходов производства. Научные открытия в области исследования золошлакового материала. Написание научных статей.

В таблице 4.3 представлена информация об иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 4.3 - Цели и результат проекта

Цели проекта:	Исследование возможности применения золошлаковых материалов в строительстве
Ожидаемые результаты проекта:	Обосновать возможность использования полученных в ходе исследований данных для использования золы в строительной области
Критерии приемки результата проекта:	Результат должен технологически, экономически и экологически обоснован

Требования к результату проекта:	Требование:
	Проблема проекта должна быть актуальной, имеющей технологическое, экономическое и экологическое значение
	Решить проблему истощения минеральных ресурсов и снизить негативное воздействие производственной деятельности предприятия на окружающую среду.

4.2.2 Организационная структура проекта

Организационная структура проекта представлена в таблице 4.4.

Таблица 4.4 - Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо- затраты, час.
1	Горлушко Д.А.	руководитель проекта	Отвечает за реализацию проекта, координирует деятельность участников проекта.	838
2	Криницина З.В.	эксперт	Консультирует по вопросам финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения	64
3	Романова С.В.	эксперт	Консультирует по вопросам безопасности жизнедеятельности	64
4	Аксёнова Н.В.	эксперт	Консультирует по части английского языка	18
5	Зайкин В.А.	исполнитель	Выполняет отдельные работы по проекту	2634
Итого:				3618

4.2.3 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а так же «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта [25].

Таблица 4.5 - Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1 Бюджет проекта	699510 рублей
3.1.1 Источник финансирования	ООО «Русатом Гринвэй» г. Москва
3.2 Сроки проекта:	03.10. 2017 г. – 03.06. 2019 г.
3.2.1 Дата утверждения плана управления проектом	03.06.2019 г.

4.3 Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

4.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализации укрупненной структуры работ.

На рис. 4.3 представлен шаблон иерархической структуры работ по проекту.

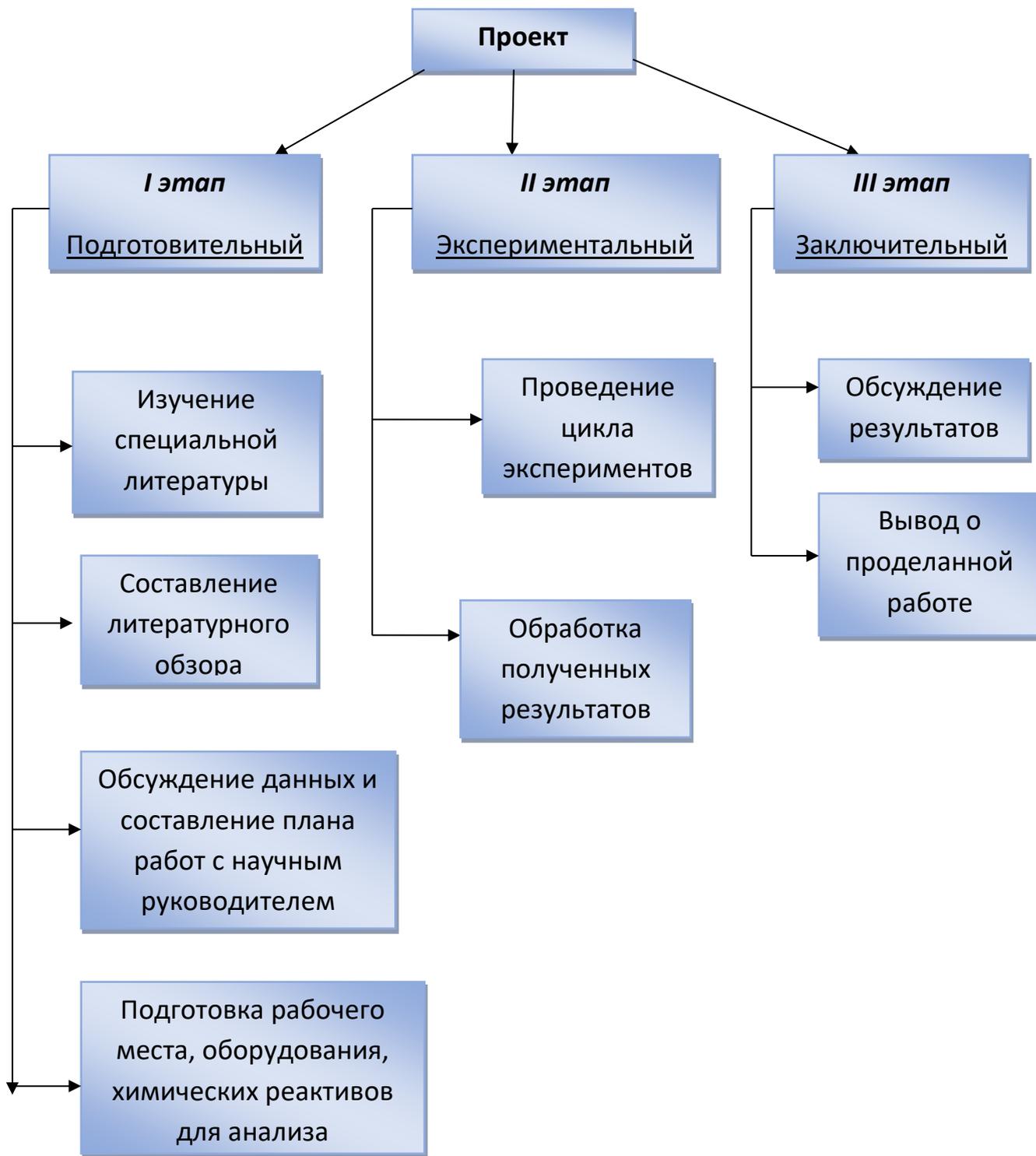


Рисунок 4.3 - Иерархическая структура работ проекта

4.3.2 Контрольные события проекта

Контрольные события проекта представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Литературный обзор по теме проекта	Сентябрь – октябрь, 2017 г.	Литературный обзор в ВКР
2	Постановка цели и задач	Октябрь, 2017 г.	Раздел цели и задачи в ВКР
3	Разработка плана экспериментальных работ	Ноябрь, 2017 г.	План работ
4	Определение водоудерживающей способности свежеприготовленного раствора	Декабрь 2017 – Апрель 2018 г.	Результаты экспериментов, представленных в ВКР
5	Определение прочности на сжатие готовых образцов	Май – Октябрь 2018 г.	Результаты экспериментов, представленных в ВКР
6	Определение водоудерживающей способности свежеприготовленного раствора	Ноябрь 2018 – Январь 2019 г.	Результаты экспериментов, представленных в ВКР
7	Определение прочности на сжатие готовых образцов	Январь – Февраль 2019 г.	Результаты экспериментов, представленных в ВКР
8	Обсуждение результатов Доработка экспериментальной части ВКР	Март, 2019 г.	Результаты экспериментов, представленных в ВКР
9	Оформление ВКР	Апрель – июнь 2019 г.	Результаты экспериментов, представленных в ВКР

4.3.3 План проекта

В рамках планирования научного проекта построен календарный и линейный график проекта.

Линейный график представляется в виде таблицы (табл. 4.7).

Таблица 4.7 – Календарный план проекта

Код работ ы (из ИСП)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Составление технического задания	12	04.09.17	19.09.17	Горлушко Д.А., Заикин В.А.
2	Изучение литературы	72	20.09.17	28.12.17	Горлушко Д.А., Заикин В.А.
3	Выбор направления исследования	14	14.01.18	01.02.18	Горлушко Д.А., Заикин В.А.
4	Теоретические и экспериментальные исследования	260	04.02.18	03.02.19	Горлушко Д.А., Заикин В.А.
5	Обобщение и оценка результатов	19	04.02.19	28.02.19	Горлушко Д.А., Заикин В.А.
6	Разработка технической документации и проектирование	44	03.03.19	02.05.19	Горлушко Д.А., Заикин В.А.
7	Оформление комплекта документации	19	05.05.19	30.05.19	Заикин В.А.
Итого:		440			

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. График приведен в таблице 4.8.

4.3.4 Бюджет научного исследования

Бюджет затрат на выполнение НИР составлялся с учетом проведения НИР за один год (365 дней). Затраты на НИР рассчитывали по статьям калькуляции, которые включают две группы затрат прямые затраты и накладные затраты.

4.3.4.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса.

Все затраты на оборудование, реактивы, лабораторную посуду и средства защиты приведены в таблицах 4.9 – 4.13.

Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного научного проекта и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в виде амортизационных отчислений. Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для выполнения конкретной темы.

Таблица 4.9 – Материальные затраты на оборудование

Наименование	Количество, шт	Стоимость с НДС, руб/шт	Сумма, руб.	Срок эксплуатации, лет	Амортизация, руб (за 15 месяцев)
Вибростол	1	21900	21900	12	2745
Сушильный шкаф	1	35000	35000	12	4380
Весы аналитические	1	44600	44600	12	5580
Пневматический пресс	1	93500	93500	12	11685
Итого:			24390 рублей		

Таблица 4.10 – Материальные затраты на реактивы

Наименование	Масса, кг	Стоимость с НДС, руб/кг	Сумма, руб
Цемент ПЦ 400 Д 20	3	25	75
Соляная кислота	1	256	256
Фенолфталеин	0,1	200	20
Сахароза	1	70	70
Итого:			421

Таблица 4.11 – Материальные затраты на лабораторную посуду

Наименование	Количество, шт	Стоимость с НДС, руб/шт	Сумма, руб
Чашка фарфоровая	1	700	700
Мерный цилиндр, 100 мл	1	250	250
Колба коническая	1	484	484
Стакан мерный, 250 мл	1	50	50
Фильтровальная бумага	1	170	170
Итого:			1554

Таблица 4.12 – Материальные затраты на средства защиты

Наименование	Количество, шт	Стоимость с НДС, руб/шт	Сумма, руб
Халат	2	1000	2000
Перчатки	4	100	400
Итого:			2400

Таблица 4.13 – Общие материальные затраты на научно-технические исследования

Вид затрат	Сумма, руб
Материальные затраты на реактивы	421
Материальные затраты на лабораторную посуду	1554
Материальные затраты на средства защиты	2400
Материальные затраты на оборудование	24390
Итого:	28765

4.3.4.2 Основная заработная плата

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда).

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (4.2)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (4.3)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (4.4)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Расчет заработной платы научно-производственного и прочего персонала проекта проводили с учетом работы 3-х человек – научного руководителя, консультанта и исполнителя. На выполнение НИР понадобилось 258 рабочих дней. Баланс рабочего времени исполнителей представлен в таблице 3.16.

Таблица 4.14 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Ассистент	Инженер (дипломник)
Календарное число дней	365	365	365
Количество нерабочих дней	66	66	66
-выходные дни	52	52	52
-праздничные дни	14	14	14
Потери рабочего времени	48	48	48
- отпуск	48	48	48
- невыходы по болезни	-	-	-
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251	251

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_p, \quad (4.5)$$

где $Z_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

$k_{д}$ – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

$k_{р}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

При расчете заработной платы научно-производственного и прочего персонала проекта учитывались месячные должностные оклады работников, которые рассчитывались по формуле:

$$Z_{м} = Z_{б} \cdot k_{р}, \quad (4.6)$$

где $Z_{б}$ – базовый оклад, руб.;

$K_{р}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчет основной заработной платы научно – производственного и прочего персонала проекта проводился без учета премиального коэффициента $K_{пр}$ (определяется Положением об оплате труда) и коэффициент доплат и надбавок $K_{д}$.

Согласно информации сайта Томского политехнического университета должностной оклад (ППС) доцента кандидата наук в 2018 году без учета РК составил 33664 руб., консультанта – 26300 руб., исполнителя – 17400 руб. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 4.15.

Таблица 4.15 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{б}$, руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$, руб	$Z_{дн}$, руб.	$T_{р}$, раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	33664	-	-	1,3	34190	1140	35	39888
Ассистент (инженер)	26300	-	-	1,3	27040	900	30	27040
Инженер дипломник	17400	-	-	1,3	18330	611	330	201630

4.3.4.3 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15 % от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (4.7)$$

где $З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

В таблице 4.16 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 4.16- Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Ассистент (инженер)	Инженер (дипломник)
Основная зарплата	39888	27040	201630
Дополнительная зарплата	5983	4056	30244
Итого по статье $C_{\text{зп}}$	45871	31096	231874

4.3.4.4 Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (4.8)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Отчисления на социальные нужды составляет 27 % от суммы заработной платы всех сотрудников.

4.3.4.5 Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 - 90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Накладные расходы составляют 80 - 100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.9)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

Электроэнергия на оборудование:

$$\text{Вибростол} = 6 \cdot 30 \cdot 0,5 \cdot 5,8 = 522 \text{ руб.}$$

$$\text{Сушильный шкаф} = 6 \cdot 30 \cdot 1,5 \cdot 5,8 = 1566 \text{ руб.}$$

$$\text{Пневматический пресс} = 6 \cdot 20 \cdot 3,0 \cdot 5,8 = 5220 \text{ руб.}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИР. В проекте не предусмотрены затраты, связанные с выплатой дополнительной заработной платы научно – производственного и прочего персонала проекта, научными и производственными командировками, оплатой работ, выполняемых другими организациями и предприятиями. Смета затрат приведена в таблице 4.17.

Таблица 4.17 – Смета затрат на выполнение НИР

Статьи затрат	Затраты, руб.
Сырье и материалы	4375
Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	24390
Фонд заработной платы	308841
Отчисления на социальные нужды	83387
Накладные расходы	7308

Итого	428301
--------------	---------------

Проанализировав смету затрат на выполнение научно – исследовательской работы можно сделать вывод, что существующий вариант решения, поставленной в магистерской диссертации химической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является наиболее приемлемым.

4.3.4.6 Матрица ответственности

Для распределения ответственности между участниками проекта формируется матрица ответственности (таблица 4.18).

Таблица 4.18 - Матрица ответственности

Этапы проекта	Горлушко Д.А., руководитель проекта	Криницина З.В., эксперт	Романова С.В., эксперт	Аксенова Н.В., эксперт	Заикин. В.А., исполнитель
Составление технического задания	О				
Изучение литературы					И, О
Выбор направления исследования	О, И				И, О
Теоретические и экспериментальные исследования	О, И				И, О
Обобщение и оценка результатов	О, И				И, О
Разработка технической документации и проектирование	О				И, О
Оформление комплекта документации	О, С	О, С	О, С	О, С	И, О

Степень участия в проекте может характеризоваться следующим образом:

Ответственный (О)– лицо, отвечающее за реализацию этапа проекта и контролирующее его ход.

Исполнитель (И) – лицо (лица), выполняющие работы в рамках этапа проекта.

Утверждающее лицо (У) – лицо, осуществляющее утверждение результатов этапа проекта (если этап предусматривает утверждение).

Согласующее лицо (С) – лицо, осуществляющее анализ результатов проекта и участвующее в принятии решения о соответствии результатов этапа требованиям.

4.3.4.7 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта. План управления коммуникациями приведен в таблице 4.19.

Таблица 4.19 - План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Руководитель проекта	Представителю заказчика	Ежеквартально
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель проекта	Участникам проекта	Еженедельно
3.	Документы и информация по проекту	Ответственное лицо по направлению	Руководителю проекта	Не позже сроков графиков и к. точек
4.	О выполнении контрольной точки	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Не позже дня контрольного события по плану управления

4.3.4.8 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Возможные риски проекта приведены в таблице 4.20.

Таблица 4.20 - Реестр рисков

№	Риск	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Технический	3	5	высокий	Повышение требований, проработка технологии	Неисправность оборудования
2	Организационный	5	5	высокий	Финансирование проекта, расстановка приоритетов	Нехватка ресурсов
3	Управление проектом	1	4	низкий	Долгосрочное планирование	Некомпетентное управление

4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Эффективность научного ресурсосберегающего проекта включает в себя социальную эффективность, экономическую и бюджетную эффективность. Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические последствия осуществления инвестиционного проекта как для общества в целом, в том числе непосредственные результаты и затраты проекта, так и затраты и результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты.

Показатели экономической эффективности проекта учитывают финансовые последствия его осуществления для предприятия, реализующего данный проект. В этом случае показатели эффективности проекта в целом характеризуют с экономической точки зрения технические, технологические и организационные проектные решения.

Бюджетная эффективность характеризуется участием государства в проекте с точки зрения расходов и доходов бюджетов всех уровней.

Кроме вышеперечисленных видов эффективности можно выделить ресурсный эффект (характеризуется показателями, отражающими влияние инновации на объем производства и потребления того или иного вида ресурса), научно-технический (оценивается показателями новизны и полезности) и другие [26].

4.4 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (таблица 4.21). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}}, \quad (4.10)$$

где I_{ϕ}^p - интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{\max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p, \quad (4.11)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 4.21.

Таблица 4.21 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Золошлаковый материал Северной теплоэлектростанции Исп. 1	Золошлаковый материал Экибастузского месторождения Исп. 2
Использование отходов производства в качестве сырья	0,20	5	3
Прочность на сжатие	0,40	5	3
Способствует росту производительности труда пользователя	0,15	4	5
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	4	4
Энергосбережение	0,15	4	3
Итого	1,00	4,6	3,4

$$I_{p-исн1} = 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,4 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 = 4,6$$

$$I_{p-исн2} = 3 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,4 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,15 = 3,4$$

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в магистерской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности, то есть исследование возможности применения золошлаковых материалов в строительстве является экономически эффективным.

Список публикаций студента

Заикин В. А.. Определение содержания свободного оксида кальция в золошлаковых материалах северской и железнгорской теплоэлектрoцентралей ускоренным методом и возможные пути их применения// XXIII Международнй научнй симпозиум студентов и молодых ученых имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» 14 секция, Россия, Томск, 8-12 апреля 2019 г.