

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

---

Инженерная школа новых производственных технологий (ИШНПТ) \_\_\_\_\_  
Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера (НОЦ Н.М. Кижнера) \_\_\_\_\_  
Направление: 18.04.01 «Химическая технология» \_\_\_\_\_  
Профиль: «Химическая технология неорганических веществ и материалов» \_\_\_\_\_

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Исследование качественных показателей золы тепловых электростанций</b>

УДК 621.311.22:621.182.9-021.465

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ6В	Сотволдиев Зухриддин Валижонович		

Руководитель:

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	Черепанова Н.В.	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Волков Ю.В.	к.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

Томск – 2018 г.

**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

<b>Код результата</b>	<b>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</b>	<b>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</b>
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять глубокие естественно-научные, математические и инженерные знания для создания новых материалов	Требования ФГОС (ПК-2, 10, 12), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P2	Применять глубокие знания в области современных технологий химического производства для решения междисциплинарных инженерных задач	Требования ФГОС (ПК-2, 4-7, ОК-4), Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.1, 5.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с созданием материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов химической технологии	Требования ФГОС (ПК-2), Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P4	Разрабатывать химико-технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование для создания материалов, конкурентоспособных на мировом рынке	Требования ФГОС (ПК-1, 17), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области создания новых материалов, современных химических технологий, нанотехнологий	Требования ФГОС (ПК-14-16, ОК-2-6), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P6	Внедрять, эксплуатировать современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химическом производстве, выполнять требования по защите	Требования ФГОС (ПК-1, 10), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

<b>Код результата</b>	<b>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</b>	<b>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</b>
	окружающей среды	
<i>Универсальные компетенции</i>		
P7	Использовать глубокие знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС (ПК-3, 8, 13), Критерий 5 АИОР (п. 5.3.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P8	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности	Требования ФГОС (ПК-7, ОК-3) Критерий 5 АИОР (п. 5.3.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации	Требования ФГОС (ПК-9, ОК-4, 5), Критерий 5 АИОР (п. 5.3.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P10	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития	Требования ФГОС (ПК-5, 6, 10), Критерий 5 АИОР (п. 5.3.4, 5.3.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-11, ОК-1, 2, 6), Критерий 5 АИОР (5.3.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, ПС рег. 853 от 19.09.2016

Взаимное соответствие целей ООП и результатов обучения и кредитная стоимость результатов обучения представлены в следующих таблицах.

### Взаимное соответствие целей ООП и результатов обучения

Результаты обучения	Цели ООП				
	Ц1	Ц2	Ц3	Ц4	Ц5
P1	+	+	+	+	+
P2	+	+		+	+
P3	+	+	+	+	+
P4				+	+
P5			+		
P6	+	+		+	+
P7		+			
P8			+		+
P9		+			+
P10		+	+		+
P11			+	+	+

### Кредитная стоимость результатов обучения

Профессиональные компетенции выпускника -100 кредитов ECTS							Универсальные компетенции выпускника - 20 кредитов ECTS				
Кредиты	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
	19	20	9	19	21	12	2	4	6	4	4

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

Инженерная школа новых производственных технологий (ИШНПТ) \_\_\_\_\_  
 Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера (НОЦ Н.М. Кижнера) \_\_\_\_\_  
 Направление: 18.04.01 «Химическая технология» \_\_\_\_\_  
 Профиль: «Химическая технология неорганических веществ и материалов» \_\_\_\_\_

Утверждаю  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_ Казьмина О.В.  
 (подпись) (дата)

**Задание**  
**На выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4ГМ6В	Сотволдиев Зухриддин Валижонович

Тема работы:

<b>Исследование качественных показателей золы тепловых электростанций</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	От 21.02.2018 № 1199/с

<b>Срок сдачи студентом выполненной работы</b>	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ.**

<b>Исходные данные к работе</b>	Провести литературный обзор по тематике научно-исследовательской работы. В экспериментальной части описать использованное оборудование, предоставить методики проведения экспериментов, проанализировать полученные результаты, сделать выводы.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Введение, литературный обзор, объект и методы исследования, расчет и аналитика, результаты проведенного исследования, финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, социальная ответственность заключение.
<b>Перечень графического материала</b>	Слайд презентации

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
---	--

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент Отделение социально-гуманитарных наук, к.ф.н., Черепанова Наталья Владимировна
Социальная ответственность	Доцент Отделение контроля и диагностики, к.т.н.,

	Волков Юрий Викторович
Раздел на иностранном языке	Доцент Отделение иностранных языков, к.п.н., Парнюгин Александр Сергеевич

<b>Названия разделов которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>
Ash-slag wastes as technogenic raw materials

Дата выдача 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
4ГМ6В	Сотволдиев Зухриддин Валижонович		

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

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
4ГМ6В		Сотволдиев Зухриддин Валижонович	
<b>Школа</b>	ИШНПТ	<b>Отделение/ центр</b>	НОЦ Н.М. Кижнера
<b>Уровень образования</b>	Магистр	<b>Направление/специальность</b>	Химическая технология

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

1.Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость ресурсов составляет: 9010 рублей; амортизация специального оборудования за период НИР: 96510 рублей. Итоговая плановая себестоимость научного исследования составила: 862859 рублей.
2.Нормы и нормативы расходных ресурсов	Отчисления на социальные нужды составляют: 174836 рублей.

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1.Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Перспективность НИР средняя
2.Планирование процесса управления НТИ: структура и график поведения, бюджет, риски и организация закупок	Планирование научно-технического проекта
3.Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Определение ресурсной, финансовой, социальной и экономической эффективности исследования

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)**

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Черепанова Наталья Владимировна	к.ф.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4ГМ6В	Сотволдиев Зухриддин Валижонович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
4ГМ6В		Сотволдиев Зухриддин Валижонович	
<b>Школа</b>	ИШНПТ	<b>Отделение/ центр</b>	НОЦ Н.М. Кижнера
<b>Уровень образования</b>	Магистр	<b>Направление/специальность</b>	Химическая технология

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:	<ul style="list-style-type: none"> <li>-вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения);</li> <li>-опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы);</li> <li>-негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу);</li> <li>- чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера).</li> </ul>
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей деятельности:	<ul style="list-style-type: none"> <li>-физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>-действие фактора на организм человека;</li> <li>-приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>-предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul>
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	<ul style="list-style-type: none"> <li>-механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>-термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>-электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>Пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>
3. Охрана окружающей среды: -экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды	<ul style="list-style-type: none"> <li>-защита селитебной зоны;</li> <li>-анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы)</li> <li>-анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>-анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>-разработать решения по обеспечению;</li> </ul>
4. Защита в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> <li>-перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>-выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>-разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> </ul>



	-разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; -разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	-специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; -организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
<b>Перечень графического материала:</b>	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	- План эвакуации из рабочей лаборатории.

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Волков Ю.В.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ6В	Сотволдиев Зухриддин Валижонович		

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

---

Инженерная школа новых производственных технологий (ИШНПТ) \_\_\_\_\_  
Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера (НОЦ Н.М. Кижнера) \_\_\_\_\_  
Направление: 18.04.01 «Химическая технология» \_\_\_\_\_  
Профиль: «Химическая технология неорганических веществ и материалов» \_\_\_\_\_

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы: \_\_\_\_\_

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	60
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
	Социальная ответственность	10
	Обязательное приложение на иностранном языке	15

Составил преподаватель:

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

**СОГЛАСОВАНО:**

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

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 117 страниц, 15 рисунков, 40 таблиц, 45 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: уголь, золошлаковый материал, зола-унос, проблема золоотвалов, гранулометрический состав, химический состав, оксид кальция.

Объект исследования – золошлаковый материал Северской и Железнодорожной теплоэлектростанций.

Цель работы – определение основных качественных показателей золошлакового материала Северской и Железнодорожной теплоэлектростанций и рассмотрение путей использования золошлаковых отходов в качестве источника вторичного ресурса.

В процессе исследования проводилось определение основных качественных показателей золошлакового материала Северской и Железнодорожной теплоэлектростанций.

В результате исследования: были определены гранулометрический состав, влажность, химический состав и содержание свободного оксида кальция в исследуемых объектах.

Степень внедрения: результаты данной выпускной квалификационной работы могут быть использованы в качестве теоретической основы для приготовления строительных растворов.

Область применения: изготовление строительных материалов (цементов, силикатного и глиняного кирпича, бетонных камней, пористых заполнителей для бетонов, асфальтобетона).

Экономическая эффективность/значимость работы: анализ научно-технического уровня проекта показал, что данный инвестиционный проект имеет значимость теоретического и практического уровня.

## **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».
11. ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования».

## Оглавление

Введение.....	16
1 Литературный обзор.....	18
1.1 Уголь. Общие сведения.....	18
1.1.1 Основы образования угля.....	18
1.1.2 Классификация углей.....	19
1.1.3 Сжигание твердого топлива.....	23
1.1.4 Угольные месторождения.....	25
1.1.5 Характеристика углей, используемых на ТЭС.....	26
1.2 Золошлаковые материалы тепловых электростанций.....	27
1.2.1 Образование золошлаковых материалов при сжигании углей.....	27
1.2.2 Общая характеристика золошлаковых отходов тепловых электростанций.....	30
1.2.3 Золошлаковые отходы как многофункциональное сырье.....	31
1.2.4 Проблема золоотвалов.....	34
1.2.5 Области применения золошлакового материала.....	36
1.2.5.1 Производство цемента.....	36
1.2.5.2 Бетоны и растворы.....	38
1.2.5.3 Строительство автомобильных дорог.....	41
2 Методы исследований.....	45
2.1 Определение гранулометрического состава.....	45
2.2 Определение содержания свободного оксида кальция ускоренным методом.....	46
2.3 Определение влажности золы.....	48
3 Экспериментальная часть.....	49
3.1 Характеристика объекта исследования.....	49
3.2 Определение содержания свободного оксида кальция ускоренным методом.....	53
3.3 Пути использования золошлаковых отходов в качестве источника вторичного ресурса.....	56
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	58
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	58

4.1.1 Введение.....	58
4.1.2 Потенциальные потребители результатов исследования.....	58
4.1.3 Анализ конкурентных технических решений.....	59
4.1.4 SWOT-анализ.....	61
4.1.5 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	62
4.1.6 Метод коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	64
4.2 Инициация проекта.....	65
4.2.1 Цели и результат проекта.....	66
4.2.2 Организационная структура проекта.....	66
4.3 Планирование управления научно-техническим проектом.....	68
4.3.1 Иерархическая структура работ проекта.....	68
4.3.2 Контрольные события проекта .....	69
4.3.3 План проекта.....	70
4.3.4 Бюджет научного исследования.....	72
4.3.4.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования.....	72
4.3.4.2 Основная заработная плата.....	74
4.3.4.3 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала.....	77
4.3.4.4 Отчисления на социальные нужды.....	77
4.3.4.5 Накладные расходы.....	78
5 Социальная ответственность.....	80
5.1 Введение.....	80
5.2 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.....	82
5.2.1 Микроклимат.....	82
5.2.2 Освещенность.....	84
5.2.3 Шум.....	85
5.3 Анализ опасных факторов производственной среды.....	86
5.3.1 Механическая опасность.....	86
5.3.2 Термическая опасность.....	87

5.3.3 Электробезопасность.....	88
5.3.4 Пожаровзрывобезопасность.....	90
5.4 Охрана окружающей среды хозяйств.....	91
5.4.1 Анализ воздействия на атмосферу.....	91
5.4.2 Анализ воздействия на гидросферу.....	91
5.4.3 Анализ воздействия на литосферу.....	92
5.5 Защита в чрезвычайных ситуациях.....	92
5.6 Правовые вопросы обеспечения безопасности.....	94
5.7 Расчет освещения.....	95
Заключение .....	100
Список публикаций.....	101
Список используемых источников.....	102
Приложение А.....	106

## **Введение**

В настоящее время на большинстве ТЭЦ твёрдое топливо сжигают в пылевидном состоянии, причем температура в топочной камере достигает 1200-1600<sup>0</sup>С. При этом конгломераты различных соединений, образующихся из его минеральной части, выделяются в виде пылевидной массы.

Существует опасность необратимого загрязнения биосферы вследствие распыления золы ТЭЦ при хранении в отвалах. Это, прежде всего, химическое загрязнение, связанное со значительными выбросами в атмосферу таких загрязнителей, как оксиды азота, углерода, диоксид серы, зола и др., загрязнение гидросферы органическими и взвешенными веществами, поступающими со сточными водами, различные виды физических воздействий, таких как тепловое и акустическое. Между тем, золы ТЭЦ при правильном и эффективном их использовании представляют собой богатый источник расширения сырьевых ресурсов различных отраслей народного хозяйства, в первую очередь, промышленности строительных материалов.

На сегодняшний день по стране утилизируется не более 5–10 % золошлакового материала в различных отраслях строительства и промышленности. В развитых странах – около 50 %, во Франции и в Германии – 70 %, а в Финляндии – около 90 % их текущего выхода. В этих странах в основном сухие золы, и проводится государственная политика, стимулирующая их использование. Остаток хранится в золошлакоотвалах без использования. При этом накопление золошлаков не прекращается, а с учетом растущих потребностей в электроэнергии и недостаточных темпов развития других источников ее производства, увеличение количества складироваемых золошлаковых отходов будет возрастать.

В связи с этим вновь актуальным стал комплексный подход в решении задач по утилизации различных отходов, в том числе зол и шлаков, которые обладают специфическими свойствами.

Спектр областей применения золы достаточно широк: производство строительных материалов (цемент, железобетон и т.д.); дорожное строительство



(стабилизация мягких и заболоченных грунтов); производство вяжущего; экологические проекты (абсорбенты – разлившиеся по поверхности, а также скопившиеся на дне нефтепродуктов); металлургия.

В России действуют стандарты, определяющие требования к золе-унос, шлаку и золошлаковой смеси теплоэнергетики для использования в различных секторах экономики

**Цель работы** – определение основных качественных показателей золошлакового материала Северской и Железнодорожной теплоэлектростанций и рассмотрение путей использования золошлаковых отходов в качестве источника вторичного ресурса.

**Объектом исследования** – золошлаковый материал Северской и Железнодорожной теплоэлектростанций.

Задачи:

1. Провести литературный обзор.
2. Определить влажность, гранулометрический и химический составы исследуемых материалов.
3. Определить содержание свободного оксида кальция в золошлаковых материалах Северской и Железнодорожной теплоэлектростанциях.
4. На основании определения качественных показателей исследуемых материалов предложить пути использования золошлаковых отходов в качестве источника вторичного ресурса.
5. Сделать выводы.

## **1 Литературный обзор**

### **1.1 Уголь. Общие сведения**

#### **1.1.1 Основы образования угля**

Уголь – геологические отложения черного цвета, богатые углеродом, которые образовались из остатков растений, произраставших миллионы лет назад.

Если остатки растений унесла вода, и они осели, где то в другом месте, то из них образуется вещество, которое называют кеннельским (длиннопламенным) улем. Отмирающие водоросли, скапливающие на дне водой, превращаются в богхед – уголь с большим содержанием остатков водорослей. Если отмершие органические останки оказывались погребены под слоем отложений, то давление, испытываемое торфом, и повысившаяся температура приводили к образованию лигнита. Чем глубже залежали эти отложения, и соответственно, чем выше были температура и давление, тем быстрее лигнит превращался в антрацит.

В настоящее время считается, что в образовании угля принимали все растительные элементы, преимущественно целлюлоза и лигнин. Все угли в основном состоят из углерода, водорода и кислорода; присутствуют также небольшие количества азота и серы. Доля углерода увеличивается со степенью углефикации – от 65 % для мягких бурых углей до 91 % для антрацитов; соответственно снижается содержание кислорода (от 30 % до 2 %) и водорода (от 8% до 4 %). Содержание азота и серы меньше зависит от стадий углефикации и составляет от 0,5 до 2 % азота и от 0,5 до 3 % серы. Эти цифры относятся к органической массе угля, т.е. к высушенной и свободной от золы [1].

Первоначально высшие растения образовывали органику болот – торф. Далее сформировавшийся пласт покрывался слоем минеральной породы и вместе с ней постепенно погружался в глубины земной коры. Там под воздействием высоких температур (до 350 °С) и давления происходило превращение, вначале торф становился бурым углем, затем – каменным и, в конечном итоге, антрацитом. Местом наибольшего скопления угля и его добычи является угольный бассейн.

### 1.1.2 Классификация углей

Ископаемые угли по геологическому возрасту и степени метаморфизма подразделяются на бурые угли, каменные угли, полуантрациты и антрациты. Наиболее молодые являются бурые, наиболее древними – антрациты.

Каменные угли являются важнейшим видом ископаемого твердого топлива. По своим свойствам и составу они крайне неоднородны. В состав горючей массы каменных углей входит 75 - 90 % углерода; 4 - 6 % водорода; 2 - 16 % кислорода; 0,7 - 2,5 % азота и 0,3 - 7 % серы. Выход летучих веществ по отношению к горючей массе каменных углей различных марок колеблется в широких пределах: от 9 до 40%. Содержание влаги в них составляет 5 - 15 %.

Полуантрациты занимают промежуточное положение между антрацитом тощими каменными углями и содержат в горючей массе 90 - 94 % углерода, 3 - 4 % водорода и 1,5 - 5 % кислорода. Выход летучих веществ 6 - 9 % от горючей массы. В полуантрацитах содержится 5 - 6 % влаги. Антрациты являются наиболее углефицированным видом ископаемых углей и отличаются от каменных тем, что при горении не происходит образования углеводородов, благодаря чему они горят коротким пламенем и совершенно бездымно. В горючей массе антрацита содержание углерода превышает 93 %, водорода содержится около 2 %, кислорода – менее 2 %, влаги 4 - 6 %. Выход летучих составляет до 7 % от массы горючей массы. Содержание внешнего балласта в антраците составляет 12 - 25 % [2].

*Бурый уголь.* Характеристики бурого угля обусловлены его происхождением – он представляет собой промежуточное звено в длительном и сложном с химической точки зрения процессе формирования каменного угля. Исходным материалом для этого служат подземные залежи остатков древних папоротников и хвощей, которые под воздействием совокупности факторов были законсервированы на большой глубине. В результате, плотная масса постепенно превращалась в углерод (бурый уголь в среднем на 60 % состоит именно из углерода), где первой стадией превращения был торф, затем бурый уголь,

который в процессе различных преобразований становился каменным углем, а в дальнейшем – антрацитом.

Таким образом, бурый уголь представляет собой молодой, «невызревший» каменный уголь. Это обстоятельство во многом объясняет свойства и применение бурого угля. Его залежи расположены на глубине до 600 метров в виде сплошных толстых пластов различной мощности. В среднем глубина угольных наслоений колеблется от 10 до 60 метров, хотя известны месторождения, где толщина слоя достигает 200 м. Все это делает процесс добычи бурого угля простым и малозатратным, а следовательно, экономически эффективным.

*Добыча бурого угля.* Общие запасы бурого угля в мире специалисты оценивают примерно в 5 триллионов тонн. Главные месторождения при этом сосредоточены в России, Восточной Европе, а также в Австралии. Больше всего бурого топлива производят в Германии, где его добывают открытым способом на трех крупных месторождениях.

В России география добычи намного шире, хотя большая часть месторождений сосредоточена в азиатской части страны. Один из крупнейших угольных бассейнов в мире — Канско-Ачинский, находится Красноярском крае и, несмотря на то, что он частично захватывает Кемеровскую и Иркутскую области, все же главным поставщиком бурого угля в нашей стране по праву считается Красноярск.

Канско-Ачинский бассейн — это огромная территория, разделенная на десятки отдельных месторождений, каждое из которых способно обеспечить энергетические потребности целого района. Например, крупнейший разрез бассейна – березовский, где добывают так называемый шарыповский уголь, снабжает твердым топливом местную ГРЭС, на энергии которой держится экономика всего района.

Другой крупный угольный бассейн – Тунгусский. Он так же имеет отношение к Красноярскому краю, хотя большая его часть расположена на территории Республики Саха, на так называемой Центрально-Якутской равнине.

*Основные характеристики бурого угля.* Бурый уголь считается топливом низкой степени углефикации, так как концентрация углерода (вещества, которое и обеспечивает активное горение), в нем ниже, чем в каменном. Этим объясняется и более низкая удельная теплота сгорания – количество тепла, которое выделяется при сгорании 1 кг топлива. Для бурого угля этот показатель в среднем составляет 5,4-5,6 кКал, но отдельные разновидности, например, балахтинский отборный, с точки зрения удельной теплоты сгорания значительно превосходят средний уровень.

Для бурого угля характерно высокое содержание влаги – средний показатель 25 %, а в некоторых случаях влажность топлива может достигать 40 %. Это обстоятельство не лучшим образом сказывается на горючих свойствах бурого угля и его применении. При его сжигании в большом количестве выделяется дым, появляется своеобразный очень устойчивый запах гари, что создает определенные неудобства при использовании угля для отопления частных домов.

Еще одна важная характеристика любого твердого топлива – зольность. Она определяется в процентах и подразумевает объем негорючих отходов, которые остаются в печи после полного сгорания угля. Зольность зависит от наличия в угольной массе влаги и посторонних примесей в виде различных смол. Их содержание может быть различным в зависимости от месторождения, на котором добывается уголь. Таким образом, например, уголь Бородинского месторождения отличается высоким уровнем влажности и зольности, которая в отдельных случаях может достигать 20 % и более.

*Сфера применения.* В зависимости от конкретного сочетания вышеперечисленных свойств, применение бурого угля возможно в самых разных сферах хозяйственной деятельности. Прежде всего, низкая себестоимость делает его привлекательным с точки зрения владельцев частных домов, где отопление строится на работе твердотопливных котлов. Наибольшей популярностью в данном сегменте пользуется добываемый в Красноярске балахтинский уголь, который характеризуется умеренной влажностью (20-22 %) и зольностью (от 5 до

8 %), а также высокой теплотой сгорания. При таких показателях он идеально подходит для сжигания в стандартных твердотопливных котлах.

С этой точки зрения сравниться с балахтинским может только черноморский каменный уголь. Его главное достоинство – низкое содержание примесей, а также влажность, которая не превышает 7 %, а в некоторых разновидностях черноморского угля составляет всего 3 %. Соответственно, зольность такого топлива колеблется на уровне 7-8 %, а удельная теплота сгорания находится в пределах 7800-8200 кКал/кг.

Так же бурый уголь может использоваться в небольших котельных и на тепловых электростанциях, где топливо должно соответствовать особым требованиям. Применение каменного угля, а тем более, антрацита в данном случае нерентабельно из-за высокой стоимости. А вот бурый уголь подходит для таких целей практически идеально. В Красноярске, например, для подобных целей используют, главным образом, шарыповский и бородинский бурый уголь.

Таким образом, свойства и применение бурого угля довольно широки, что отмечено в «Энергетической стратегии России на период до 2020 года». В указанном документе подчеркивается несомненная важность данного вида топлива для энергетической независимости страны. Бурый уголь в целом характеризуется высокой теплотой сгорания при относительно низкой себестоимости. Но при этом большое количество посторонних примесей в виде различных смол, а также высокая влажность снижают эффективность бурого угля как топлива. Конкретные рекомендации по его использованию зависят от характеристик выбранной разновидности. Для отопления частных домов с помощью твердотопливных котлов идеально подходит балахтинский, а если используются установки автоматического или полуавтоматического типа, то лучшим решением станет черноморский каменный уголь, который характеризуется низкой влажностью и зольностью. А вот для работы небольших котельных и ТЭЦ подходят менее качественные виды топлива, с более высоким содержанием примесей и влаги, например, бородинский или шарыповский.

### 1.1.3 Сжигание твердого топлива

Современные способы сжигания твердого топлива можно разделить на две большие группы: сжигание в слое и камерах. В слое сжигают только твердое топливо, которое с помощью различных способов подается на решетки разнообразных конструкций. При этом основная масса топлива сгорает в слое.

Если рассматривать данный вид сжигания, то можно отметить следующие способы его осуществления:

- В неподвижном слое на неподвижной решетке (с неподвижными горизонтальными или слегка наклоненными решетками);
- В движущем слое на неподвижной решетке (с циклонно-переталкивающими решетками, шурующей планкой с нижней подачей топлива);
- В принудительно подвижном слое на движущейся решетке (с горизонтальными или слегка наклонными решетками прямого и обратного хода).

В последние годы все более широкое применение находит способ сжигания низкосортного топлива в кипящем слое:

- Высокотемпературный, на слегка наклоненных решетках прямого и обратного хода;
- Низкотемпературный, на беспровальных и провальных решетках различного типа;
- Аэрофонтанных предтопках;
- С циркулирующим слоем и предварительной подготовкой исходного топлива;

Анализ технико-экономических показателей, применяемых в настоящее время топочных устройств для слоевого сжигания углей на колосниковых решетках показывает, что такой метод сжигания обладает некоторыми существенными недостатками:

- Основная масса топлива сгорает в слое, поддержание высоты и равномерности распределения которого по решетке является одним из основных элементов регулирования процесса горения.

- Значительная зависимость эффективности использования топлива от его фракционного состава.
- Трудность сжигания рядовых несортированных, неспекающихся углей с большим содержанием мелочи и низкая эффективность сжигания спекающихся и отсевов тощих углей, а также антрацитовых штыбов.
- Высокие температуры, развивающиеся при горении топлива в слое (1200-1400 °С), приводят к спеканию шлака в конгломераты.
- Зависимость конструкции топки от качества сжигаемого топлива.
- Значительные выделения оксидов азота и серы.
- Невозможность сжигания высокозольного топлива [3].

Для эффективного сжигания в слое необходимы такие фракции топлива, чтобы обеспечивался подвод воздуха к поверхности каждого куска. Неоднородность по размерам ухудшает условия сгорания, так как время полного сгорания крупных и мелких кусков неодинаково. При слишком малых размерах частиц топлива возрастает аэродинамическое сопротивление слоя, воздух прорывается в отдельных местах с образованием так называемого «кратерного горения». При этом горение происходит только в районе «кратера», остальное топливо в горении не участвует и с большим содержанием горючих попадает в зольный бункер. Труднее всего сжигать на цепных решетках несортированные неспекающиеся угли с большим содержанием мелочи. Отсевы тощих углей и антрацитовые штыбы сжигаются на таких решетках крайне неэкономично.

Большое влияние на работу топок и экономические показатели сжигания, оказывает зольность топлива. С повышением зольности приходится чаще очищать от шлака неподвижную решетку или ускорять движение цепной решетки обратного хода, а угли с зольностью более 40% в серийных топочных устройствах сжигать практически невозможно. Сжигание таких углей затруднительно: КПД котельных установок нередко составляет 50 – 65 %, а фактическая производительность котла значительно ниже паспортной. Поэтому многие шахты испытывают острый дефицит тепла для нагрева воздуха, подаваемого в шахту, отопления, горячего водоснабжения и других целей. Проведенные специалистами



испытания по уточнению степени влияния зольности углей на экономичность электростанций показали, что КПД паровых котлов снижается до 0,39 % на каждый 1 % увеличения зольности.

#### **1.1.4 Угольные месторождения**

Кузнецкий угольный бассейн (Кемеровская область) является одним из самых крупных угольных месторождений мира. По качеству угли разнообразны и относятся к числу лучших углей.

Канско-Ачинский угольный бассейн находится в Красноярском крае, бассейн обладает наиболее значительными запасами энергетического бурого угля, добывающегося в основном открытым способом.

Экибастузский угольный бассейн расположен в Республике Казахстан. Является одним из самых значительных по запасам и занимает первое место в мире по плотности угля: на площади 62 км<sup>2</sup> запасы угля оцениваются в 13 миллиардов тонн или 200 тонн на один квадратный метр. А по добыче угля открытым способом является одним из наиболее перспективных районов в мире. Зольность каменных углей, поступающих в Россию на предприятия энергетики, достигает 40 – 50 %. Основные потребители угля из этого бассейна находятся на Урале и в Республике Казахстан. Среди них: ТОО «AES Экибастуз», ТЭС АО «ЕЭК», ОАО «Станция ЭГРЭС-2», Алматинская ТЭЦ-2, Алматинская ТЭЦ-3, Карагандинская ТЭЦ-3, Павлодарская ТЭЦ-1, Павлодарская ТЭЦ-3, Петропавловская ТЭЦ-2, Троицкая ГРЭС, Омская ТЭЦ.

В зависимости от вида угля, его месторождения, места и способа сжигания на выходе получается совершенно разная зола. Итак, основной состав каменноугольной золы:

- легкие алюмосиликатные микросферы (1 – 2 %);
- микросферы (основной состав SiO<sub>2</sub>) (60 %);
- микросферы (содержащие муллит) (25 %);
- кокс (1 – 7 %);
- магнетит в сферической форме (3 – 5 %);
- прочие минералы (2 %) [4].

### 1.1.5 Характеристика углей, используемых на ТЭС

Основными угледобывающими регионами России в настоящее время являются Кузнецкий и Канско-Ачинский угольные бассейны. Запасы и вклад в угледобычу других месторождений угля значительно ниже.

По некоторым данным [5] на Сибирский регион приходится порядка 30% мировых запасов угля. В топливо-энергетическом комплексе страны значимость угля определяется его качеством, объёмами запасов, физико-химическими и техническими показателями, географией месторождения и т.д.

В Кузнецком бассейне преобладают каменные угли практически всех известных марок, в том числе высококалорийные сорта — тощий уголь и антрацит, а также длиннопламенный и слабоспекающийся. Бурый уголь встречается только в сопутствующих месторождениях. Характеристика кузнецких углей [4] приведена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Характеристика углей Кузнецкого бассейна

Марка угля		Длиннопламенный (Д)	Газовый (Г)	Слабоспекаю - щийся (СС)	Тощий (Т)
Влажность, %		11-12	6,5-9,5	6-9,5	6-7,5
Зольность, %		15-20	16-21	13-30	14-22
Летучие, %		39-41	37-41	13-32	11-12
Содержание серы, %		0,4-0,5	0,4-0,5	0,3-0,5	0,4-0,7
Теплотворная способность, МДж/кг		21-23	21-25	22-28	25-28
Плавкость зола, °С	Начальная	1130 – 1170	1150– 1180	1140 – 1280	1140– 1260
	При спекании	1280 – 1310	1280– 1410	1220 – 1500	1270– 1450
	Полная	1350 – 1420	1340– 1410	1280 – 1500	1350– 1500

В сибирской электроэнергетике (СЭА) используют угли различных месторождений (рисунок 1.1) с зольностью от 6 до 43%.

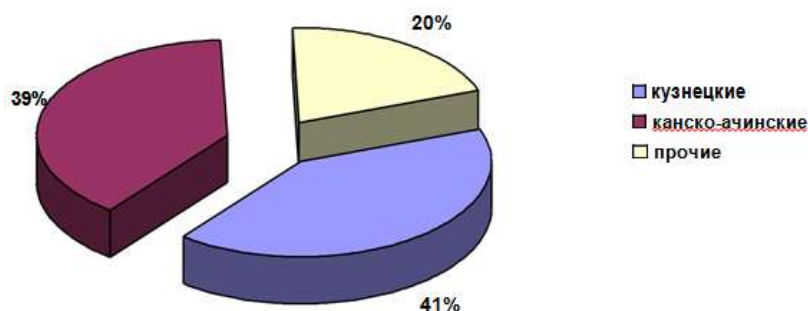


Рисунок 1.1 - Соотношение используемых углей на ТЭС в структурных подразделениях генерирующих предприятий, входящих в состав СЭА

Большую часть (от 40 до 42%) от используемого объема, составляют угли Кузнецких месторождений с зольностью 8-12%. От 38 до 40% занимают Канско-Ачинские угли с зольностью 6-11%. Остальные 19-20% представляют угли из различных месторождений, таких как Азейского, Мугунского, зольность у которых 14-18%; Жеронского, с зольностью 17-18%; Черемховского, с зольностью 27-37%; Гусинского, Харанорского и прочих мелких месторождений, а также импортируемые из Казахстана угли Экибастузских разрезов, зольность которых достигает рекордного показателя 43% и выше [6].

## 1.2 Золошлаковые материалы тепловых электростанций

### 1.2.1 Образование золошлаковых материалов при сжигании углей

При сжигании топливного угля образуются высоконагретые дымовые газы, несущие в себе тепловую энергию, которая далее преобразуется в механическую или электрическую. Формы и размеры камер сгорания рассчитываются инженерами-теплотехниками относительно параметров, соответствующих главным характеристикам, среди которых тепловая мощность, объём и состав продуктов сгорания (механический и химический недожог снижают КПД топки). На современных ТЭС для сжигания угля используют слоевые топки, топки с кипящим слоем, а также камерные (факельные) топки [3].

В результате сжигания топливного угля в этих топках при температурах порядка 1200-1700 °С образуются твёрдые минеральные отходы в виде шлака и

летучей золы (схема 1). Более мелкие и лёгкие частицы, удельная поверхность которых составляет 1500-3000 см<sup>2</sup>/г уносятся из топки дымовыми газами и осаждаются золоулавливающими устройствами (в циклонах и электрофильтрах). Остальная часть золы слипается в процессе размягчения в объёме топки и выпадает в виде капель шлама на под топки, откуда удаляется, стекая через ленту в шлаковый бункер, заполненный водой [7].

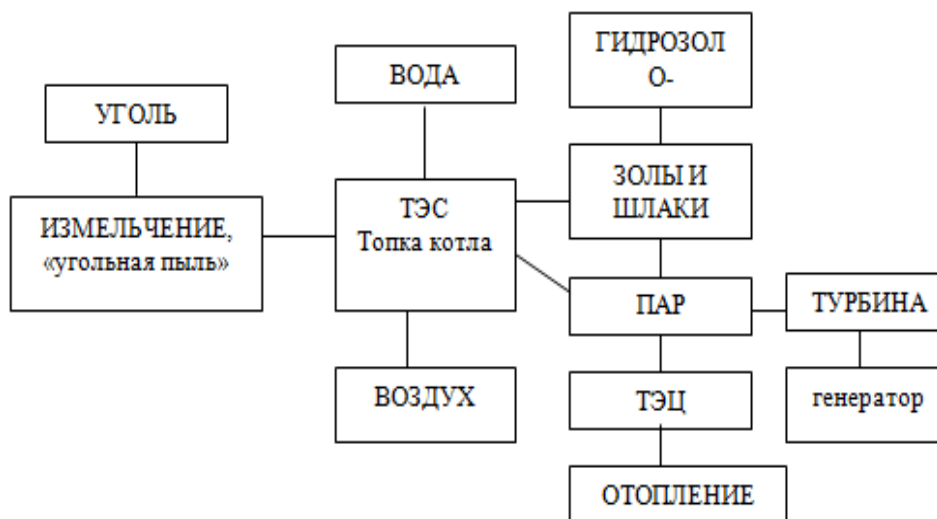


Схема 1.1 - Общая схема образования зол ТЭС

Также, при горении выделяются летучие вещества, выход которых зависит от вида топлива, характеризующегося геологической историей месторождения. Так, при сгорании антрацита выделяется от 2 до 8% летучих веществ, каменного угля – от 12 до 45%, бурого угля – до 55%, горючих сланцев – 85%.

Рабочая масса топлива включает в себя влажность, зольность и горючую массу. Основу горючей массы составляет углерод [8]. После выделения летучих веществ из угля остаётся твёрдая часть – кокс. При горении неспекающегося угля кокс представлен в виде порошка и мелких частиц, при спекающемся угле образуется пористый и прочный цельнокусковой кокс. Такой крупнокусковой кокс способствует уменьшению уноса мелких частиц (до 6 мм) в трубу, что повышает экономичность отопления. Наилучшая спекаемость соответствует углям, содержащим 20-30% летучих веществ. При большем содержании топливо быстрее сгорает, при меньшем – труднее загорается.

Существенное значение имеет температура плавления золы. Её состав влияет на температурный уровень перехода минеральной части топлива из твёрдого состояния в жидкое. Так, различают легкоплавкую золу (менее 1200 °С), золу средней плавкости (1200-1400 °С) и тугоплавкую (более 1400 °С). Однако при 1500 °С топливо почти не образует шлак. Плавкость минеральной составляющей также зависит от среды. Так, при полном отсутствии кислорода и содержащихся  $\text{CO}_2$  и восстановителей  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$  и  $\text{H}_2$  она переходит из твёрдого состояния в жидкое при температуре на 100-300 °С ниже, чем в присутствии избыточного количества кислорода [7].

Горение топлива в топке характеризуется нагревом топлива с последующим испарением влаги, выделением и сгоранием горючих летучих веществ, и наконец, горением кокса. Для наиболее полного сгорания топлива необходимо разогреть его до температуры воспламенения, что составляет для антрацита 700 °С, каменного угля – 470 °С, бурого угля – 370 °С, а также подвести достаточно количество воздуха - 30 - 40% от теоретического. Для полного сгорания летучих частиц температура поддерживается в пределах 500-650 °С. При недостаточной температуре горючие вещества, не успевая сгорать, будут осаждаться на стенках топки в виде сажи. Для поддержания необходимой температуры огонь в топке должен быть светлым, а топливо распределить по всей колосниковой решетке равномерным слоем, толщиной 100-150 мм.

Увеличение действенности процессов сжигания твёрдого топлива, а также использование многозольных видов углей в тепловой энергетике способствовали развитию перспектив применения топок с жидким шлакоудалением. В результате быстрого охлаждения минеральной расплава водой образуются гранулированные шлаки. Жидкое шлакоудаление обеспечивается подогревом воздуха до температуры порядка 700 °С, а также добавлением к минеральной составляющей флюса при снижении температуры плавления. Гидравлический способ имеет большее распространение, при этом способе золы и шлаки смешиваются [9].

## 1.2.2 Общая характеристика золошлаковых отходов тепловых электростанций

Механизм образования золошлаковых отходов зависит от ряда показателей, таких как вид топлива; способ сжигания и температура факела; способы золоудаления, сбора и хранения золы. На основании этого выделяют следующие виды золошлаковых отходов [10]:

- *Зола-унос* – уносится с дымовыми газами и осаждается в золоуловителях – циклонах и электрофильтрах, с последующим накоплением в силосных башнях;
- *Топливные шлаки* – при плавлении кокса и осаждении расплавленной части на под топки котла с последующей грануляцией расплава водой;
- *Золошлаковая смесь* – совместное мокрое удаление золы-унос и топливных шлаков, образующихся в котле с последующей транспортировкой полученной пульпы в золоотвал.

Золошлаковая смесь по плотности шлакового состава подразделяется на смеси с плотным шлаком (средняя плотность зёрен больше  $2,0 \text{ г/см}^3$ ) и с пористым шлаком (средняя плотность зёрен до  $2,0 \text{ г/см}^3$ ). Шлаковая часть золошлаковой смеси включает в себя шлаковый щебень (более 5мм) и шлаковый песок (0,315-5 мм).

Зерновой состав золошлаковых смесей подразделяется на крупнозернистые, среднезернистые и мелкозернистые фракции (таблица 1.2)

Таблица 1.2 - Характеристика зернистости золошлаковой смеси

Наименование показателя	Значение показателя для различных типов золошлаковых смесей		
	Крупнозернистая (К)	Среднезернистая (С)	Мелкозернистая (М)
Максимальный размер зерен шлака, мм, не более	40	20	5
Содержание шлаковой составляющей в ЗШС, % по массе	от 50 до 90	от 10 до 50	от 0 до 10
Содержание шлакового щебня в шлаковой составляющей, % по массе	св. 20	до 20	-
Примечание – в ЗШ различных типов содержание зерен шлака, превышающих максимальный размер зерен, должно быть не более 10% по массе.			

В таблицах 1.3 и 1.4 согласно методическим рекомендациям [11] приведены характеристики кальциевого состава и дисперсности золы-уноса.

Таблица 1.3 - Характеристика кальциевого состава золы-уноса

Вид	Разновидность	Содержание элементов, % по массе, в расчеты на оксиды			
		CaO+MgO	SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +FeO +R <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
I Высококальциевые	Высокосульфатные (I-A)	не менее 20	-	-	не менее 5
	Низкосульфатные (I-B)				менее 5
II Низкокальциевые	Кислые (II-A)	менее 20	не более 70	не менее 10	-
	Сверхкислые (II-B)		более 70	менее 10	

Таблица 1.4 - Степень дисперсности золы-уноса

Степень дисперсности	Величина удельной поверхности (по воздухопроницаемости), м <sup>2</sup> /кг	Остаток на сите № 008, % по массе, не более
Низкодисперсная (Нд)	менее 150	30
Среднедисперсная (Сд)	от 150 до 300	20
Высокодисперсная (Вд)	более 300	15

### 1.2.3 Золошлаковые отходы как многофункциональное сырье

В составе промышленных отходов можно выделить группу, которая носит название золошлаковые отходы. Золошлаковые отходы также называют золошлаковыми смесями. Они представляют собой, как понятно из названия, смесь шлака и золы. По статистике в России каждый год образуется примерно 27 миллионов тонн этих отходов. Образуются они в результате сжигания угля или торфа, то есть в энергетической промышленности. Соотношение зола – шлак в рассматриваемых отходах составляет около 80: 20, то есть золошлаковые отходы примерно на 80 % состоят из золы и на 20 % из угольного шлака. Они относятся к практически неопасным отходам, это 5 класс опасности. Эти отходы являются подходящим сырьем для производства бетона и различных строительных материалов.

Происхождение шлакозольных остатков. Рассмотрим подробно этот процесс: на объекте по производству электрической энергии, то есть на теплоэлектростанциях, сырье – уголь измельчают и смешивают с мазутом. Это делается для улучшения горючих свойств материала. В процессе горения маленькие частицы золы отделяются от основной массы и уносятся вместе с дымом, такая зола носит название «зола уноса». Размеры частиц золы составляют примерно 5 – 150 микрометров. Уголь сжигается с образованием летучих и твердых остатков. Из органической горючей части угля образуется дым и пар, а из минеральной – зола и шлак. Зола представляет собой легкую пылевидную массу около серого цвета. Из установок для сжигания отходы удаляются различными способами. Зола уноса удаляется золоуловителями. Если же рассматривать более тяжелую золу, она оседает на подтопки и далее сплавляется в куски. Шлаки измельчают. В конечном итоге шлак и зола уноса удаляются, образуя золошлаковые отходы. Они хранятся на специальных шлакоотвалах. Помимо шлака и золы в составе отходов также есть недожог. Недожог – это частицы несгоревшего угля [12].

Применение шлакозольных остатков. Как и другие виды отходов, эта группа может подвергаться переработке. Но на территории России эти объемы не такие, как хотелось бы. На самом деле, переработка золошлаковых отходов – выгодный бизнес.

Золошлаковые отходы используют для изготовления: тяжелого бетона, ячеистого бетона, силикатного бетона, строительных смесей, цементного клинкера, обжигового глинозольного керамзита, керамического кирпича, земляного полотна автомобильных дорог, изоляционного материала для полигонов ТБО. В результате использования золошлакового материала, происходит значительная экономия сырья для производства конечных материалов. К тому же наблюдается улучшение характеристик конечного продукта. К примеру, при использовании вторичного сырья для производства тяжелого бетона, на 15 – 30 % уменьшается объем используемого цемента. При этом улучшаются такие качества бетона, как укладываемость, антикоррозийность.



Кроме того уменьшается тепловыделение при твердении. Отходы могут заменить песок в процессе производства полностью или частично. Золошлаковые отходы можно применять в сельском хозяйстве. Они улучшают качественные свойства почвы: нейтрализуется кислотность, повышается пористость, улучшается состав. Конечно, для применения в сельском хозяйстве золошлаки должны быть безопасными. Для определения степени безопасности необходимо провести ряд исследований: определить степень радиоактивности, изучить состав и свойства. Добавив золошлаки в земляное полотно автодорог, снижается себестоимость выполняемых работ и улучшается качество грунта. На заметку, при сооружении насыпи трассы М4 было использовано 600 тысяч тонн золошлаковых отходов, произведенных на Каширской ГРЭС.

Утилизация шлакозольных отходов. В современном мире специализированные организации предоставляют услуги по утилизации таких отходов. Этот процесс является безотходным, безопасным для экологии и, что немаловажно, экономит ресурсы. На переработки принимаются следующие виды отходов: шлакозольные остатки мусоросжигательных заводов и ТЭС; отработки газоочистки; металлургические шлаки, в том числе свинцовые. В нашей стране функционирует более 170 ТЭС, которые работают на угле. На практике получается, что уже сейчас золоотвалы заполнены, а их расширение не происходит, так как этот процесс является затратным с финансовой точки зрения. На утилизацию направляется только 10 % всех золошлаковых отходов. Общеизвестный факт, что золошлаки являются доступным и практичным сырьем [12]. Сибирский федеральный округ лидирует по использованию золошлака. В 2014 году объем использованных отходов составил 3 миллиона тонн. Не все остаются в стороне от этого вопроса, энергетики Новосибирска выдвинули предложение по использованию золошлаков для ямочного ремонта автодорог и выравнивания рельефа. Хочется отметить, что подобное уже практикуется, с помощью остатков с близлежащих ТЭС выравнивали рельеф одного из поселков. Таким образом, можно выравнивать заброшенные территории и использовать их для застройки.

Можно даже поступить следующим образом, насыпать золошлаковые отработки, сверху перекрыть все грунтом и сделать из участка зеленую зону. Зарубежный опыт. В странах Европы хорошо развит промышленный симбиоз. В Дании и Германии золошлаки применяются в производстве стройматериалов. Причем для этого используются все шлакозольные отходы, то есть 100 %. Что интересно, в Германии запрещено организовывать шлакоотвалы. В Польше, Китае и США процент использования примерно равен 60 % [12].

#### **1.2.4 Проблема золоотвалов**

Уголь перед подачей в топку, как правило, обогащают по средствам удаления минеральных компонентов с целью снижения зольности и измельчают. Далее он попадает в топку, где температура сгорания колеблется от 1000 до 1600 °С. Органическая составляющая угля сгорает, минеральная (несгорающая) образует твердые остатки: шлак (размером частиц более 0,25 мм) и мелкодисперсную золу-уноса, которая продвигаясь по внутренним коммуникациям ТЭС, задерживается фильтрами (как правило, электрофильтрами) и попадает в золоборники. Далее сухая зола транспортируется в силос для выдачи потребителям с целью её дальнейшего промышленного использования (производство строительных материалов, дорожные работы и другие) либо смешивается с водой и вместе со шлаком в виде пульпы сбрасывается в золоотвал.

Климатические условия Томской области (среднегодовая температура – 20 °С, длительность отопительного сезона – 8 месяцев: с сентября по май) требуют значительных энергетических затрат. Расходы на теплоносители в годовом бюджете области составляют 44 % - более 1,4 трлн. рублей. Потребление – 5,5 млн. тонн условного топлива в год [13].

Золоотвал – это место складирования, хранилище золы тепловых электростанций, работающих на твердом топливе. Золоотвалы очень часто служат источниками загрязнения воздуха, подземных и поверхностных водоисточников.

Для разработки технологий утилизации необходима оценка запасов на выбранных для эксплуатации площадях, технико-экономическая

целесообразность извлечения компонентов. К сожалению, в настоящее время отсутствует экономический механизм, который бы стимулировал разработку техногенного сырья. Экономический фактор напрямую связан с экологическими, в виде ущерба наносимого природе за счет невыполнения комплексного использования техногенного сырья, а также за счет загрязнения окружающей среды (пыление поверхности золоотвалов, химическое загрязнение грунтовых вод, естественных водоемов сточными водами золоотвалов и т.д.).

Тема использования зол ТЭЦ в строительстве – хорошо известна. Некоторые электростанции продают свои отходы за небольшую цену строительным организациям, однако происходит это без отлаженной системы. Различие в качестве золошлаковых отходов снижает спрос на столь перспективное вторичное сырьё. Отсутствие стабильного качества не удовлетворяет интересы производства и применяемым технологиям.



Рисунок 1.2 – Золоотвал Северской ТЭЦ

## 1.2.5 Области применения золошлакового материала

### 1.2.5.1 Производство цемента

В России золошлаковые материалы часто применяются на цементных заводах в качестве алюмосиликатного компонента клинкера и добавки в цементе могут использоваться зола-унос, шлак и золошлаковая смесь, удовлетворяющие следующим требованиям:

- Влажность – не более 15 %;
- Удельная поверхность – не менее 200 м<sup>2</sup>/кг;
- В основной золе содержание свободного оксида кальция не должно превышать 10 %;
- Содержание хлорид-иона – не более 0,10 %;
- При использовании в качестве сырьевого компонента: потери массы при прокаливании в золошлаковые материалы должны быть не более 16 %; содержание в них щелочей (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O) – не более 4 %; сернистых соединений в пересчете на SO<sub>3</sub> – не более 4 %;
- При использовании в качестве минеральной добавки в цементе: потери массы при прокаливании золошлаковых материалов должны быть не более 5%; содержание в них щелочей (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O) – не более 2 %; в кислых и основных золошлаковых материалах содержание сернистых соединений в пересчете на SO<sub>3</sub> – не более 2 и 6 % соответственно;
- Конец схватывания известково-золяного теста – не позднее 7 суток;
- Образец известково-золяного камня после 3 суток твердения является водостойким;
- Цементы с добавкой золошлаковых материалов выдерживают испытание на равномерность изменение объема по ГОСТ 310.3-76 [14].

По новому стандарту на общестроительные цементы ГОСТ 31108-2003 в качестве минеральной добавки могут быть использованы топливные золы-унос кислого и основного состава, в портландцементе с минеральными добавками типа ЦЕМ II в количестве 6 - 20 %, композиционного портландцемента – не более 14 %, пуццоланового цемента типа ЦЕМ IV – от 21 до 35 % от массы цемента

[15]. Кроме того, зола-унос может использоваться в составе цементов, наряду с другими минеральными добавками, также в качестве вспомогательного компонента в количестве не более 5 % от массы цемента. Данный стандарт не предусматривает применение в качестве минеральной добавки отвальной золошлаковой смеси и топливного шлака.

ГОСТ 31108-2003 регламентирует требования к основным и вспомогательным компонентам цементов, в том числе к активным минеральным добавкам. Зола-унос тепловых электростанций, применяемая в качестве минеральной добавки, должна удовлетворять следующим требованиям по составу и свойствам:

- В кислой золе содержание реакционноспособного  $\text{SiO}_2$  должно быть не менее 25 %; реакционноспособного  $\text{CaO}$  – менее 10 %; количество свободного оксида кальция – не более 1 %. В основной золе содержание реакционноспособного  $\text{CaO}$  должно быть менее 10 %, а при количестве реакционноспособного  $\text{CaO}$  от 10 до 15 % содержание в ней реакционноспособного  $\text{SiO}_2$  – не менее 25 %;

- Потери массы при прокаливании в течение 1 ч – не более 5 %. Золоуносы, характеризующиеся потерями массы при прокаливании от 5 до 7 %, применяют при условии выполнения цементными бетонами и растворами требований к долговечности, особенно по морозостойкости, с учетом климатических факторов района их использования;

- Различие между пределом прочности при сжатии цемента с золой уноса и цемента с кварцевым песком (t-критерий Стьюдента) – не менее 2,07;

- Конец схватывания золоизвесткового теста – не позднее 7 суток;

- Водостойкость золоизвесткового камня не менее 3 суток.

Показатель t-критерий Стьюдента, конец схватывания золоизвесткового теста и водостойкость золоизвесткового камня определяют по ГОСТ 25094-94 [16].

### 1.2.5.2 Бетоны и растворы

При производстве бетонных смесей и строительных растворов в качестве минеральной добавки, частично заменяющей цемент, а также для частичной или полной замены мелкого заполнителя могут использоваться зола-унос и золошлаковая смесь, образующиеся на тепловых электроцентралях при пылевидном сжигании твердого топлива. Наиболее эффективно применение золы-уноса в бетонах, применяемых для строительства плотин, фундаментов, оснований. Количество золы колеблется от 30 до 90 кг на  $1\text{ м}^3$  бетонной смеси. Качество применяемой в бетонах и строительных растворах золы-уноса тепловых электроцентралей должно соответствовать требованиям ГОСТ 25818-91 [17], золошлаковой смеси – ГОСТ 25592-91 [18].

При производстве ячеистого бетона золу-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 СаО не менее 40 %; в том числе свободного СаО – не менее 16 %,  $\text{SO}_3$  – не более 6 %, сумму оксидов  $\text{K}_2\text{O}$  и  $\text{Na}_2\text{O}$  – не более 3,5 %. При использовании золы-уноса в качестве кремнеземистого компонента бетонной смеси она должна содержать не менее %  $\text{SiO}_2$ , не более 10 %  $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  и не более 3 %  $\text{SO}_3$ .

Таблица 1.5 - Требования к золам-унос ТЭС для строительных бетонов и растворов [17]

№ п/п	Наименование показателя	Вид угля	Значение показателя для вида золы			
			I	II	III	IV
1	Содержание оксида кальция, масс. %					
	Кислая зола, не более	Для всех	10	10	10	10
	Основная зола, более, в том числе свободного СаО, не более:	Бурый	10	10	10	10
	Кислая зола	Для всех	-	-	-	-
	Основная зола	Бурый	5	5	-	2
2	Содержание оксида магния, масс. %, не более	Для всех	5	5	-	5
3	Содержание сернистых соединений в пересчете на SO <sub>3</sub> , масс. %, 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 <sub>2</sub> O, масс. %, 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, масс. %, 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 <sup>2</sup> /кг, не менее:					
	Кислая зола	Для всех	250	150	250	300
	Основная зола	Бурый	250	200	150	300
7	Остаток на сите № 008, масс. %, не более:					
	Кислая зола	Для всех	20	30	20	15
	Основная зола	Бурый	20	20	30	15

Кислая зола-унос должна иметь стекловидных и оплавленных частиц не менее 50 %, потери массы при прокаливании для буроугольной и каменноугольной соответственно не более 3 и 5 %, удельную поверхность для буроугольной и каменноугольной соответственно не менее 400 и не более 500 м<sup>2</sup>/кг. Зола-унос должна выдержать испытания на равномерность изменения объема. По ГОСТ 26644-85 из шлаков от сжигания твердого топлива могут быть получены фракционированный щебень с размером зерен 5 - 10, 10 - 20 и 5-20 мм,

шлаковый песок с размером зерен до 5 мм, рядовой несортированный шлак с размером зерен до 20 мм.

В зависимости от насыпной плотности щебень из пористого шлака, применяемый для легкого бетона, подразделяют на марки 500, 600, 700, 800, 900 и 1000. Песок подразделяют на марки 600, 700, 800, 900, 1000 и 1100.

Потери массы при прокаливании в плотном шлаковом щебне и песке не нормируют, а в пористых каменноугольных и буроугольных шлаках они не должны превышать значений, соответственно, при использовании заполнителей бетоне 7 и 3 % в железобетонных изделиях – 5 и 3 %.

К золошлаковой смеси, используемой в качестве тонкомолотой добавки в бетонах на портландцементе жидком стекле, предъявляются следующие требования: тонкость помола должна быть не менее 50 % при просеивании через сито номер 008; содержание свободных CaO и MgO в сумме не должно превышать 3 %, а карбонатов – 2 %. При применении золошлаковой смеси в качестве заполнителя жаростойкого бетона ее химический состав должен удовлетворять следующим требованиям: общее содержание оксидов SiO<sub>2</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> должно быть не менее 75 %, в том числе оксида SiO<sub>2</sub> – не менее 40 %; количество сульфатов в пересчете на SO<sub>3</sub> – не более 3 %, сумма свободных CaO и MgO – не более 4 %, потери массы при прокаливании – не более 5 %. Золошлаковые смеси не должны быть загрязнены другими материалами, способными снизить эксплуатационные свойства или привести к разрушению бетона после нагрева (известняк, ранит, доломит, магнезит и другие).

Применяемые в России стандарты на золу-унос, шлак и золошлаковую смесь теплоэнергетики регламентируют требования к основным свойствам и учитывают особенности их химического состава при использовании в производстве строительных материалов и строительстве автомобильных дорог.

*Способ переработки.* Изобретение относится к способам переработки твердых промышленных отходов, в частности золы и/или шлака котельных и теплоэлектростанций. Способ включает флотацию и удаление легких и тяжелых частиц из водной суспензии золы и/или шлака. Переработку производят



комплексно в одном реакторе с получением ряда полезных продуктов в определенной последовательности. В реактор загружают золу-унос ТЭС и/или размолотый котельный шлак, заливают их водой и размешивают, получая водную суспензию и при необходимости добавляя в воду поверхностно-активные и изменяющие плотность воды вещества для регулирования долей легкой и тяжелой фракций. Затем удаляют из реактора всплывшие легкие частицы, вводят в реактор гидроксид натрия, в результате чего получают жидкое техническое стекло, которое выпускают из реактора. Оставшееся содержимое промывают водой, получая слабощелочной раствор, также выпускаемый из реактора. Затем по ступенно обрабатывают остаток реагентами при повышенных до 100 °С температурах, растворяя соединения металлов и получая электролиты, выпускаемые из реактора. При каждой вышеописанной операции золу и/или шлак перемешивают с добавляемыми реагентами, а в последнюю очередь выгружают из реактора нерастворенный остаток. Золошлаковые материалы сложны в использовании, для этого применяют золошлаковые смеси [19].

### **1.2.5.3 Строительство автомобильных дорог**

При строительстве автомобильных дорог золы-унос ТЭС используют для устройства укрепленных дорожных оснований и покрытий в качестве активной гидравлической добавки, т.е. активного компонента смешанного вяжущего в сочетании с цементом или известью, и самостоятельного медленноотвердеющего вяжущего, а золошлаковые смеси из отвалов ТЭС – материала для сооружения насыпей земляного полотна и малоактивной гидравлической добавки в сочетании с цементом при укреплении грунтов, на дорогах III–V категорий.

Целесообразность применения золы-уноса и золошлаковых смесей устанавливается в каждом отдельном случае на основе технико-экономического обоснования с учетом качества ЗШМ, дальности их перевозки и стоимости, экономии цемента и других факторов. Критерием оценки пригодности ЗШМ для возведения основания дорожного полотна является морозоустойчивость, характеризующаяся величиной их относительного морозного пучения,

представляющей собой отношение вертикальной деформации пучения при промораживании образца к его первоначальной высоте, выраженной в процентах.

Золошлаковые смеси и золы-унос, которые используются для возведения насыпей дорожного полотна, должны обеспечивать последним необходимую устойчивость и прочность. В зависимости от величины степени морозоустойчивости их классифицируют на непучинистые – менее 1%, слабопучинистые – 1-3 %, пучинистые – 3-10 %, очень пучинистые – более 10 % [20]. ЗШМ, величина относительного морозного пучения которых не более 3 %, применяют для возведения насыпей земляного полотна без ограничений, при величине морозного пучения от 3 до 10 % их допускают для отсыпки земляного полотна с обязательным осуществлением комплекса мероприятий по обеспечению его устойчивости. Золошлаковые смеси с величиной относительного морозного пучения более 10 % для возведения насыпей земляного полотна не используют.

Золы-уноса от сжигания на ТЭС бурого и каменного угля, торфа и сланцев, применяемые для укрепления грунтов в качестве самостоятельного вяжущего или активного компонента смешанного вяжущего, должны отбираться непосредственно от электрофильтров или циклонов и отвечать следующим требованиям (таблица 12). Содержание сернистых и сернокислых соединений в золах-унос горючих сланцев, применяемых в качестве самостоятельного медленнотвердеющего вяжущего, допускается как исключение в количествах, не превышающих 10 %. Зола-унос в составе смешанного вяжущего (20-30 % цемента и 70-80 % золы) должна выдерживать испытание на равномерность изменения объема. При устройстве оснований дорожных одежд на дорогах III–V категорий и покрытий на дорогах IV–V категорий допускается применять золы-унос с удельной поверхностью не менее  $160\text{ м}^2/\text{кг}$ , если содержание в них свободного СаО, сернистых и сернокислых соединений и потери массы при прокаливании соответствуют указанным требованиям.

Таблица 1.6 - Требования к золам-унос ТЭС для использования при строительстве автомобильных дорог

Нормируемые показатели	Требования к золе-унос		
	Самостоятельное медленно твердеющее вяжущее	Активный компонент смешанного вяжущего с	
		Цементом	Известью
Содержание свободного СаО, масс. %	Не менее 8	Не более 4	-
Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг	Не менее 300		
Содержание сернистых и сернокислых соединений (в пересчете на SO <sub>3</sub> ), масс. %	Не более 6	Не более 3	-
Потери массы при прокаливании, масс. %	Не более 5	Не более 10	Не более 10

При укреплении различных крупнообломочных и песчаных грунтов золами-унос, применяется в качестве самостоятельного вяжущего, содержание свободного СаО в золах допускается не более 15%, а при укреплении цементом песчаных и супесчаных грунтов, а также крупнообломочных грунтов неоптимального состава, допускается применять золу-унос или золошлаковую смесь, не отвечающие требованиям в таблице 1.6. При этом зола-унос и золошлаковая смесь должны содержать более 60 % частиц размером менее 0,071 мм и не более 5 % частиц размером крупнее 2 мм, а потери массы при прокаливании – не более 10 %. Удельная поверхность сланцевой золы для обработки грунтов при устройстве оснований дорожных одежд на дорогах II–III категорий должна быть не менее 200 м<sup>2</sup>/кг. При устройстве оснований на дорогах IV–V категорий или морозозащитных слоев и верхних слоев земляного полотна на дорогах всех категорий может быть использована сланцевая зола с удельной поверхностью не менее 120 м<sup>2</sup>/кг.

Золы-унос и золошлаковые смеси ТЭС могут использоваться также в качестве минеральных порошков в составе пористого, высокопористого и плотного асфальтобетона II и III марок [21]. При этом они должны удовлетворять следующим требованиям:

– зерновой состав, не менее: фракция менее 1,25мм – 95 %, фракция менее 0,315 мм – 80 %, фракция менее 0,071 мм – 60 %;

- пустотность – не более 45 %;
- водостойкость образцов из смеси золошлаков с битумом – не менее 0,6 %;
- показатель битумоемкости – не более 100 г;
- потери массы при прокаливании – не более 20 %;
- содержание активных CaO+MgO – не более 3 %;
- содержание водорастворимых соединений – не более 6 %

## **2 Методы исследований**

### **2.1 Определение гранулометрического состава**

Гранулометрический состав золошлаковых материалов имеет важное значение, он является важным показателем физических свойств и структуры естественного или искусственного материала.

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

Методы по определению гранулометрического состава:

- методы ситового анализа;
- оседание в гравитационном поле;
- весовые способы и приборы;
- оседание в поле центробежных сил;
- роторные центрифуги;
- турбидиметрические способы;
- методы седиментационного анализа.

Определение гранулометрического состава осуществлялось по методике [22] на ситах.

Ситовой анализ – один из старейших, наиболее простых и наглядных методов определения зернового состава. Принцип его состоит в нахождении количества материала, задерживаемого сеткой с отверстиями известного размера.

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 вибростоле 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.

## 2.2 Определение содержания свободного оксида кальция ускоренным методом

Определение содержания свободного кальция ускоренным методом проводилось по методике [23].

Для эксперимента были использованы следующие аппаратура, реактивы и растворы:

- 10 % - ный раствор сахарозы по ГОСТ 58 33;
- 0,1 н раствор соляной кислоты по ГОСТ 3118;
- 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  $500 \text{ см}^3$  и добавляют  $100 \text{ см}^3$  10 %-ного раствора сахарозы. Перемешивают в магнитной мешалке в течение 10 мин, после чего фильтруют в коническую колбу вместимостью  $500 \text{ см}^3$ . С помощью пипетки отбирают  $50 \text{ см}^3$  фильтрата и переносят в колбу вместимостью  $250 \text{ см}^3$ , 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,  $\text{см}^3$ ;

$V_1$  - объем исходного раствора,  $\text{см}^3$ ;

$V_2$  - объем аликвотной части раствора,  $\text{см}^3$ ;

0,002804 - количество оксида кальция, соответствующее 1 см<sup>3</sup> 0,1 н раствора соляной кислоты;  
m - масса навески пробы, г.

### 2.3 Определение влажности золы

Влажность золошлаковой смеси определялась в соответствии с методикой [24]. Влажность материала определялась путем сравнения массы золы в состоянии естественной влажности и после высушивания. Для анализа используют аналитические весы, сушильный шкаф и фарфоровую чашку.

Суть метода. Навеску массой 100 г золы насыпают в чашку и сразу же взвешивают, а затем высушивают в этой же чашке до постоянной массы. Влажность золы (W, %) вычисляют по формуле:

$$W = \frac{m - m_1}{m_1} \cdot 100, \quad (2.2)$$

где m - масса навески в состоянии естественной влажности, г;

m<sub>1</sub> - масса навески в сухом состоянии, г.



## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

#### **4.1.1 Введение**

Целевым результатом проведенной исследовательской работы стало определение качественных показателей золы тепловых электростанций. Развитие топливно-энергетического комплекса, строительной индустрии, строительство городов и новых населенных пунктов, экологические связанные с ними социальные проблемы прямо или косвенно зависят от утилизации твердых продуктов сгорания углей – зол-уноса и шлаков. В СССР их не разделяли и отправляли вместе гидротранспортом в золоотвалы, порождая золошлаковые отходы в огромном количестве в городской черте или в непосредственной близости.

Эта проблема приобретает особую остроту в России в связи с суровыми климатическими условиями, а также рассогласованием в сроках производства и потенциального потребления твердых продуктов от сгорания углей. В процессе деятельности предприятий электроэнергетики образуется много золошлаковых отходов.

Золошлаковые материалы по химическому и минералогическому составу во многом идентичны природному минеральному сырью. Использование их в промышленности, строительной индустрии и сельском хозяйстве – один из стратегических путей решения экологической проблемы в зоне работы 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 определение качественных показателей золы тепловых электростанций, то основной сегмент рынка, на

который будем ориентироваться – это компании по изготовлению строительных материалов.

Основные сегменты рынка потребления золошлаковых материалов показаны на рис 4.1

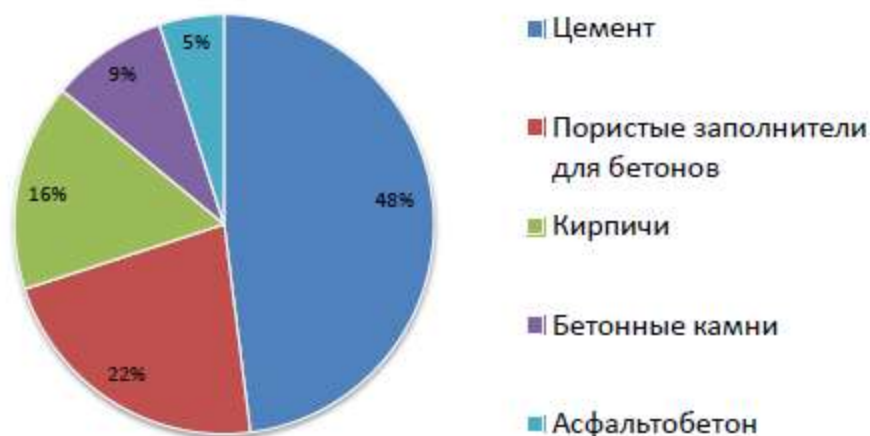


Рисунок 4.1 – Карта сегментирования рынка применения золошлаковых материалов

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 [25].

#### 4.1.3 Анализ конкурентных технических решений

При ведении собственного производства необходим систематический анализ конкурирующих разработок во избежание потери занимаемой ниши рынка. Периодический анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности позволяет оценить эффективность научной разработки по сравнению с конкурирующими предприятиями [26]. К предприятиям-конкурентам в области строительной отрасли можно отнести «Строительные Технологии Сибири» (Новосибирск) и «HaiyuanGroup» (Казань).

В таблице 4.1 приведена оценочная карта, включающая конкурентные технические разработки в области обогащения полезных ископаемых.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические оценки критериев ресурсоэффективности</b>							
1. Повышение Производительности труда пользователя	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,18	5	3	3	0,9	0,54	0,54
3. Надлежность	0,05	5	4	3	0,3	0,2	0,15
4. Простота эксплуатации	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
5. Влажность	0,05	5	4	5	0,3	0,2	0,25
6. Энергоэкономичность	0,02	5	5	4	0,1	0,1	0,08
7. Содержание свободного СаО	0,25	4	5	3	1,2	1,5	0,9
8.Безопасность	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>39</b>	<b>33</b>	<b>29</b>	<b>4,3</b>	<b>3,74</b>	<b>3,74</b>

**Б<sub>ф</sub>** – продукт проведенной исследовательской работы;

**Б<sub>к1</sub>** – «Строительные Технологии сибери»

**Б<sub>к2</sub>** - «НаiyuanGroup».

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ показал, что как технические, так и экономические критерии данного проекта на нынешний момент развития могут заинтересовать потенциальных покупателей, среди которых научные исследовательские институты, промышленные предприятия и сельскохозяйственная промышленность. Так же получилось определить критерии, которые нуждаются в дальнейшей проработке для наилучшего внедрения на рынок.

#### 4.1.4 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта [27].

Таблица 4.2 - SWOT-анализ

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии С2. Экологичность технологии С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями С4. Наличие бюджетного финансирования С5. Квалифицированный персонал	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца Сл2. Большой срок поставок материалов и комплектующих, используемых при проведении научного исследования
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В3. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях</p> <p>В4. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>СиВ:</p> <p>Разработка использования золошлакового материала в строительной промышленности с целью получения готового продукта с конкурентными преимуществами с оптимальной себестоимостью, высоким качеством и инжиниринговой услугой.</p>	<p>СлиВ:</p> <p>Для проведения экспериментов по данной теме требуется дорогостоящее оборудование. Процесс длительный и трудоемкий. Поиск инвесторов для финансирования научной работы.</p>

Угрозы: У1.Отсутствие спроса на новые технологии производства У2.Развитая конкуренция технологий производства У3.Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции У4.Рост цен на электроэнергию	СВиУ: 1.Создание конкурентных преимуществ готового продукта  2.Привлечение заинтересованных сторон в финансировании новых разработок	СЛиУ: 1.Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров 2.Приобретение необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца 3.Сокращение поставок или смена поставщика 4.Продвижение программы с целью создания спроса 5.Сертификация и стандартизация продукта
--	---	--

#### 4.1.5 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 4.3.

Таблица 4.3 – 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	5	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	4
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	5

## Продолжение таблицы 4.3

6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	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	3
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	4
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	5
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	5
15	Проработан механизм реализации научного проекта	2	4
	<b>ИТОГО:</b>	<b>51</b>	<b>63</b>

При проведении анализа по таблице 4.3 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 51 до 63, 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.

#### **4.1.6 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 [28].

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



#### 4.2.1 Цели и результат проекта

Информация о заинтересованных сторонах проекта представлена в таблице 4.4.

Таблица 4.4 –Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера	Исследование золошлакового материала с целью использования в строительной индустрии. Улучшение состояния окружающей среды. Уменьшение отходов производства. Научные открытия в области исследования золошлакового материала Написание научных статей

В таблице 4.5 представлена информация об иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 4.5 –Цели и результат проекта

Цели проекта	Исследовать качественные показатели золы
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
<i>Требования к результату проекта</i>	<i>Проблема проекта должна быть актуальной, имеющей технологическое, экономическое и экологическое значение</i>
	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 4.6

Таблица 4.6 –Рабочая группа проекта

<b>№ п/п</b>	<b>ФИО, основное место работы, должность</b>	<b>Роль в практике</b>	<b>Функции</b>	<b>Трудозатраты, час</b>
1	Горлушко Д. А.	Руководитель проекта	Отвечает за реализацию проекта, координирует деятельность участников проекта	838
2	Черепанова Н. В.	эксперт	Консультирует по вопросам финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения	64
3	Волков Ю. В.	эксперт	Консультирует по вопросам безопасности жизнедеятельности	64
4	Сотволдиев З. В.	исполнитель	Выполняет отдельные работы по проекту	2634
<b>ИТОГО:</b>				3600

### 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 рисунке 4.3 представлен шаблон иерархической структуры работ по проекту.

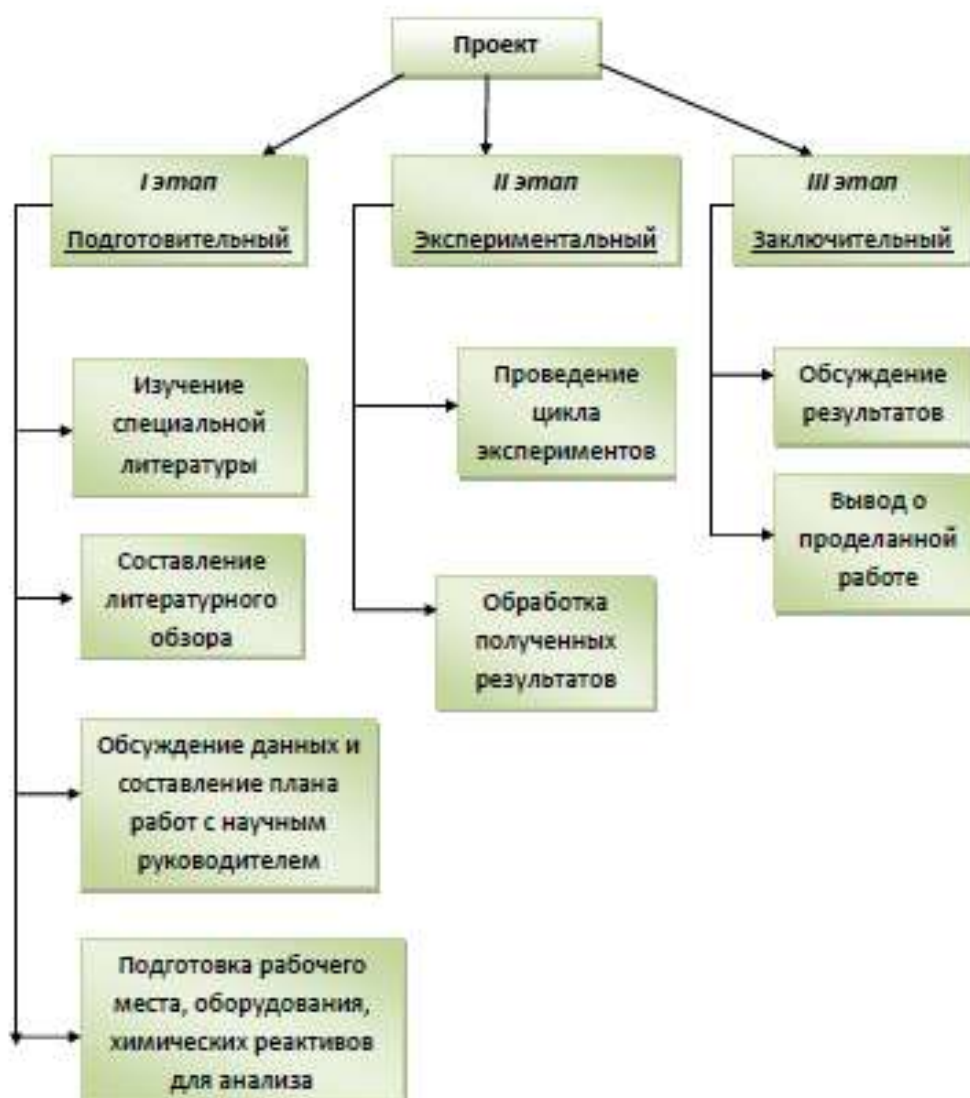


Рисунок 4.2 Иерархическая структура работ проекта

### 4.3.2 Контрольные события проекта

Контрольные события проекта  
представлены в таблице

Таблица 4.7 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Литературный обзор по теме проекта	Сентябрь-октябрь 2016	Литературный обзор ВКР
2	Постановка цели и задач	Октябрь 2016	План работы
3	Разработка плана экспериментальных работ	Декабрь 2016 – апрель 2017	Результаты экспериментов, представленных в ВКР
4	Проведение анализа на определение гранулометрического состава золы	Май-октябрь 2017	Результаты экспериментов, представленных в ВКР
5	Проведение анализа на определение свободного оксида кальция	Ноябрь 2017 – январь 2018	Результаты экспериментов, представленных в ВКР
6	Проведение анализа на определение гранулометрического состава золы	Январь-февраль 2018	Результаты экспериментов, представленных в ВКР
7	Проведение анализа на определение свободного оксида кальция	Март 2018	Результаты экспериментов, представленных в ВКР
8	Обсуждение результатов Доработка экспериментальной части ВКР	Апрель-июнь 2018	Результаты экспериментов, представленных в ВКР
9	Оформление ВКР		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 (таблица 4.9).

Таблица 4.8 Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работы	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Составление технического задания	13	01.09.2016	15.09.2016	Горлушко Д. А., Сотволдиев З. В.
2	Изучение литературы	87	16.09.2016	27.12.2016	Горлушко Д. А., Сотволдиев З. В.
3	Выбор направления исследования	18	12.01.17	31.01.2017	Горлушко Д. А., Сотволдиев З. В.
4	Теоретические и экспериментальные исследования	229	02.02.17	29.01.2018	Горлушко Д. А., Сотволдиев З. В.
5	Обобщение и оценка результатов	21	01.02.18	26.02.2018	Горлушко Д. А., Сотволдиев З. В.
6	Разработка технической документации проектирования	51	29.02.18	29.04.2018	Горлушко Д. А., Сотволдиев З. В.
7	Оформление комплекта документации	20	04.05.2018	27.05.2018	Горлушко Д. А., Сотволдиев З. В.
<b>ИТОГО:</b>		439			

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 4.10.



#### **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 4.11 – 4.15.

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 4.10 – Материальные затраты на оборудование

Наименование	Количество, шт	Стоимость с НДС, руб/шт	Сумма, руб	Срок эксплуатации, лет	Амортизация, руб (за 15 месяцев)
Ситовой анализатор	1	30 000	30 000	10	30 000
Сушильный шкаф	1	18 000	18 000	10	18 000
Аналитические весы	1	35 000	35 000	10	35 000
Технические весы	1	2 500	2 500	10	2 500
Магнитная мешалка	1	2 000	2 000	10	2 000
ИТОГО:					87 500

Таблица 4.11 Материальные затраты на реактивы

Наименование	Маса, кг	Стоимость с НДС, руб/кг	Сумма, руб
Соляная кислота	1	256	256
Фенолфталеин	0,1	200	20
Сахароза	1	70	70
ИТОГО:			346

Таблица 4.12 Материальные затраты на лабораторную посуду

Наименование	Количество, шт	Стоимость с НДС, руб/шт	Сумма, руб
Чашка фарфоровая	4	700	2800
Колба коническая	1	484	484
Мерный цилиндр, 500 мл	1	250	250
Пипетка	1	20	20
Стакан мерный, 250 мл	1	50	50
Дозатор пипеточный	1	2500	2500
Фильтровальная бумага	8	170	1360
ИТОГО:			7464

Таблица 4.13 – Материальные затраты на средства защиты

Наименование	Количество, шт	Стоимость с НДС, руб/шт	Сумма, руб
Халат	1	1000	1000
Перчатки	2	100	200
ИТОГО:			1200



Таблица 4.14 – Общие материальные затраты на научно-технические исследования

Вид затрат	Сумма, руб.
Материальные затраты на реактивы	346
Материальные затраты на лабораторную посуду	7 464
Материальные затраты на средства защиты	1 200
Материальные затраты на оборудование	87 500
ИТОГО:	96 100

#### 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.

$$C \quad \text{З} \quad \text{З} \\ \text{зп} = \text{осн} + \text{доп}, \quad (4.2)$$

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

$Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата.

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

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

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (4.4)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

$F_d$  – 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 251 рабочих дней. Баланс рабочего времени исполнителей представлен в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – 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:

$$Z_m = Z_b \cdot (k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (4.5)$$

где  $Z_6$  – 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:

$$Z_m = Z_6 \cdot k_p, \quad (4.6)$$

где  $Z_6$  – 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 33 600 руб., консультанта – 26 600 руб., исполнителя – 18 000 руб. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 3.17.

Таблица 4.16 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_6$ , руб.	$k_{пр}$	$k_д$	$k_р$	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб.	$T_р$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	33 600	-	-	1,3	43 680	1 456	140	203 840
Ассистент (инженер)	26 600	-	-	1,3	34 580	1 153	30	34 590
Инженер дипломник	18 000	-	-	1,3	23 400	780	439	342 420

#### 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:

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

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

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

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

В таблице 4.17 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 4.17- Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Ассистент (инженер)	Инженер (дипломник)
Основная зарплата	203 840	34 590	342 420
Дополнительная зарплата	30 576	5 189	51 363
Итого по статье $C_{\text{ЗП}}$	234 416	39 779	393 783

#### 4.3.4.4 Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

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

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

Отчисления на социальные нужды составляет 30,1 % 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:

Ситовой анализатор =  $6 \cdot 1 \cdot 0,25 \cdot 5,8 = 87$  руб.

Сушильный шкаф =  $6 \cdot 30 \cdot 1,5 \cdot 5,8 = 1566$  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 4.18.

Таблица 4.18 – Смета затрат на выполнение НИР

Статьи затрат	Затрат, руб.
Сырье и материалы	9 010
Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	96 510
Фонд заработной платы	580 850
Отчисления на социальные нужды	174 836
Накладные расходы	1 653
ИТОГО:	862 859

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

### **Список публикаций**

1 Сотволдиев З.В. Определение содержания свободного кальция ускоренным методом // XIX Международная научно-практическая конференция студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулева «Химия и химическая технология в XXI веке» секция 1, Россия, Томск, 21-24 мая 2018 г.