

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

Институт физики высоких технологий
Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология
Кафедра общей химии и химической технологии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
«Исследование применения золошлаковых материалов в строительстве»

УДК 691.33:662.613.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ5В	Ширей-Седлецкий Роман Валерьевич		

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	Меньшикова Е.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:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОХХТ	Ан В.В.	к.т.н.		

Томск – 2017 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

Код результ ата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р1	Применять <i>глубокие</i> естественно-научные, математические и инженерные <i>знания</i> для создания <i>новых</i> материалов	Требования ФГОС (ПК-2, 10, 12, 22, 23), Критерий 5 АИОР (п.1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р2	Применять <i>глубокие знания</i> в области современных технологий химического производства для решения <i>междисциплинарных</i> инженерных задач	Требования ФГОС (ПК-2, 4-7, ОК-4), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р3	Ставить и решать <i>инновационные</i> задачи <i>инженерного анализа</i> , связанные с созданием материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов химической технологии	Требования ФГОС (ПК-2, 17, 20), Критерий 5 АИОР (пп.1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р4	Разрабатывать химико-технологические процессы, <i>проектировать</i> и использовать <i>новое</i> оборудование для создания материалов, конкурентоспособных на <i>мировом</i> рынке	Требования ФГОС (ПК-1, 17-21), Критерий 5 АИОР (п.1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р5	Проводить теоретические и экспериментальные <i>исследования</i> в области создания <i>новых</i> материалов, современных химических технологий, нанотехнологий	Требования ФГОС (ПК-14-16, ОК-2-6), Критерий 5 АИОР (п.1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р6	Внедрять, <i>эксплуатировать</i> современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать	Требования ФГОС (ПК-1, 10), Критерий 5 АИОР (п.1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

	правила охраны здоровья и безопасности труда на химическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды	
<i>Универсальные компетенции</i>		
P7	Использовать <i>глубокие знания по проектному менеджменту</i> для ведения <i>инновационной инженерной деятельности</i> с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС (ПК-3 8, 13), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	<i>Активно</i> владеть <i>иностраным языком</i> 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. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве <i>члена и руководителя группы</i> , состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность <i>следовать корпоративной культуре</i> организации	Требования ФГОС (ПК-9, ОК-4, 5), Критерий 5 АИОР (п. 1.6, 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Демонстрировать <i>глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов</i> инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах <i>устойчивого развития</i>	Требования ФГОС (ПК-5, 6, 10), Критерий 5 АИОР (п. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	<i>Самостоятельно</i> учиться и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-11, ОК-1, 2, 6), Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

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

<i>Профессиональные компетенции выпускника – 100 кредитов ECTS</i>							<i>Универсальные компетенции выпускника – 20 кредитов ECTS</i>				
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»**

Институт физики высоких технологий
 Направление подготовки 18.04.01 «Химическая технология»
 Кафедра общей химии и химической технологии

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

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

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
4ГМ5В	Ширей-Седleckому Роману Валерьевичу

Тема работы:

«Исследование применения золошлаковых материалов в строительстве»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	От 08.12.2016 № 10498/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

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

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент кафедры МЕН, к.ф.н., Меньшикова Екатерина Валентиновна
Социальная ответственность	Доцент кафедры ЭБЖ, к.т.н., Волков Юрий Викторович
Раздел на иностранном языке	Доцент кафедры ИЯФТ, к.ф.н., Устюжанина Анна Константиновна

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

- 1.1 Переработка угля
- 1.2 Классификация ископаемых углей
- 1.3 Сжигание твердого топлива
- 1.5 Радиоактивность золы
- 1.6 Применение золошлаковых материалов
- 1.7 Применение золошлаковых отходов при производстве бетонов
- 2 Экспериментальная часть
 - 2.1 Характеристика объекта исследования
 - 2.2 Методика проведения эксперимента
 - 2.3 Результаты исследований

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ5В	Ширей-Седлецкий Р.В.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 124 с., 11 рис., 43 табл., 50 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: золошлаковый материал, золоотвалы, проблемы золоотвалов, строительные растворы, утилизация отходов.

Объектом исследования является золошлаковый материал Северской теплоэлектростанции.

Цель работы – исследование возможности применения золошлаковых материалов в строительстве.

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

В результате исследования получены составы строительных растворов с содержанием цемента в сухой смеси 15, 20, 25 % масс., получена зависимость влияния срока выдержки образцов в воздушно-влажной среде и количества цемента в смеси на прочность на сжатие.

Степень внедрения: отсутствует.

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

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

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

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

Оглавление

Введение	15
1 Литературный обзор	17
1.1 Переработка угля	17
1.2 Классификация ископаемых углей	18
1.3 Сжигание твердого топлива	20
1.4 Золошлаковые отходы	22
1.5 Радиоактивность золы	25
1.6 Применение золошлаковых материалов	31
1.7 Применение золошлаковых отходов при производстве бетонов	34
2 Экспериментальная часть	36
2.1 Характеристика объекта исследования	36
2.2 Методика проведения эксперимента	36
2.3 Результаты исследования	39
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	45
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	45
3.2 Инициация проекта	54
3.3 Планирование управления научно-техническим проектом	56
3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	70
4 Социальная ответственность	74
4.1 Введение	74
4.2 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	76
4.3 Анализ опасных факторов производственной среды	81
4.4 Охрана окружающей среды	85
4.5 Защита в чрезвычайных ситуациях	86
4.6 Правовые вопросы обеспечения безопасности	88
4.7 Расчет освещения	89
Заключение	95
Список публикаций студента	96

Список использованных источников

97

Приложение А

102

Введение

Отвалы золошлаковых материалов занимают большие площади, а их содержание требует значительных эксплуатационных затрат, которые влияют на повышение себестоимости производства энергоносителей. Они являются источником загрязнения окружающей среды, представляют опасность для здоровья населения и угрозу растительному и животному миру близлежащих районов. Особую опасность представляют золоотвалы, расположенные вблизи водных бассейнов (рек и озер), из-за возможного прорыва дамб.

На данный момент в Томске располагается два золоотвала: старый золоотвал ГРЭС-2 (был введен в эксплуатацию в 1973 году и находится в долине Ушайки (в районе конца ул. Сибирской), и в настоящее время не используется. На нём накоплено 450 тыс. тонн золошлаковых отходов на площади 35,8 га) и новый (золоотвал в долине Малой Киргизки (в районе станции Томск - Северный) введен в эксплуатацию в 1986 году, и сейчас на его площади в 60,9 га накоплено 1251 тыс. тонн отходов)

Что же сдерживает широкое использование ЗШМ в промышленности, строительной индустрии и сельском хозяйстве? В числе главных причин, которые определяют низкий уровень утилизации ЗШМ и сдерживают дальнейшее повышение уровня их использования до среднеевропейского на всей территории России, является отсутствие в стране технической политики и системного подхода при решении указанной проблемы и, следовательно, отсутствие экономической заинтересованности отраслей народного хозяйства.

Проблема утилизации золошлаковых отходов (ЗШО), в которые переходит от 10 до 15 % перерабатываемых углей, образуемых при эксплуатации тепловых электростанций, муниципальных и производственных котельных, работающих на твердом топливе, вызывает серьезную озабоченность органов исполнительной власти субъектов РФ и муниципальных образований.

Фактически в настоящее время эта проблема не решается, степень утилизации этого вида отходов крайне низка.

В основном технологический процесс утилизации ЗШО ограничивается производством стеновых шлакоблоков и тротуарной плитки.

Общеизвестно, что ЗШО являются источником повышенной экологической опасности, и оказывают негативные воздействия на население (здоровье человека) и окружающую среду, а также являются причиной отчуждения земель, которые практически безвозвратно изымаются из полезного использования. В тоже время ЗШО обладают определенными физико-химическими свойствами, в том числе и вновь приобретенными, которые, при определенных технологических возможностях, можно реально и экономически целесообразно использовать в народном хозяйстве. По сути ЗШО являются вторичными ресурсами сырьевого значения, т.е. их можно рассматривать как техногенные месторождения полезных ископаемых (ТМПИ).

Таким образом, целью данной магистерской работы является исследование возможности применения золошлаковых материалов в строительстве, поскольку это является наиболее перспективной и обширной областью для применения данного вида отходов.

Задачи: провести литературный обзор, определить гранулометрический состав, подобрать состав строительных растворов на основе ЗШМ, получить образцы растворов и исследовать их прочностные характеристики при нормальном и ускоренном твердениях, исследовать водоудерживающую способность образцов.

1 Литературный обзор

1.1 Переработка угля

Уголь – горная порода, состоящая из множества компонентов. Данный вид ископаемых получается в результате биохимического и физико-химического превращения исходного растительного материала. Изменения органического вещества твердых горючих ископаемых (ТГИ) в разнообразных геологических условиях их формирования способствуют существованию в природе многочисленных типов, классов и разновидностей ископаемых углей, состав и свойства которых варьируют в широком диапазоне [1].

На современном уровне развития промышленности уголь широко используется как в топливном, так и в нетопливном направлениях, что делает необходимым разработку научно-обоснованной классификации углей с целью их рационального использования.

Уголь является альтернативным источником сырья для промышленности, в том числе, химической, а также одним из основных энергоносителей органического происхождения.

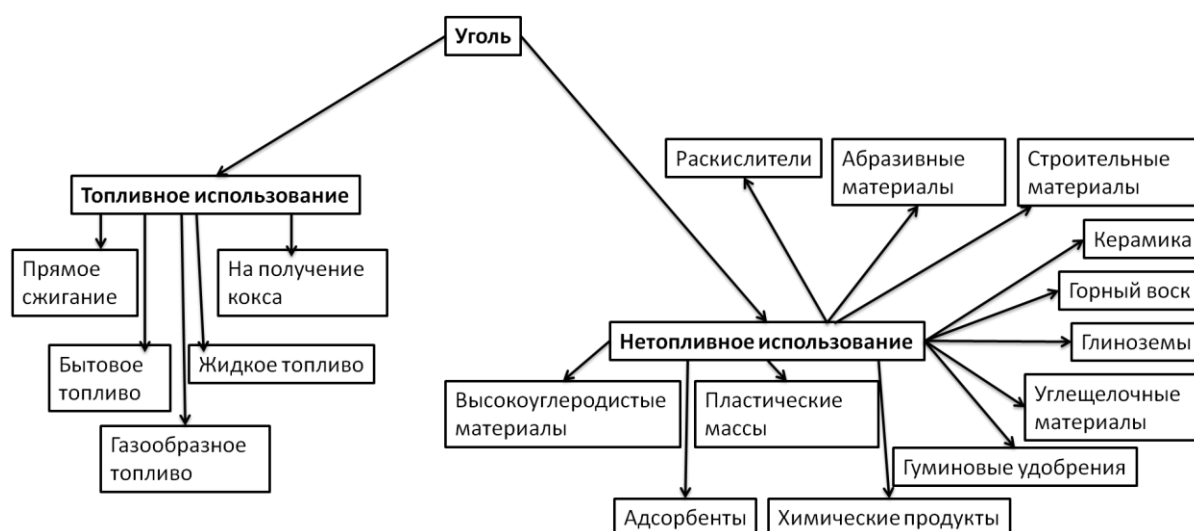


Рисунок 1.1 - Основные направления топливного и нетопливного использования углей

Угли обладают различной структурой и имеют множество свойств, что определяет перед учеными круг научных исследований, направленных на процессы переработки углей топливного и нетопливного назначения.

В то же время любая разработка процесса должна быть обоснована теоретическими знаниями как о самом процессе, так и о том сырье, которое подвергается переработке, и тех превращениях, которые оно претерпевает на всех стадиях процесса. В связи с этим основные задачи теоретических исследований сводятся к установлению взаимосвязи структуры и свойств углей, выявлению закономерностей изменения свойств углей в ряду метаморфизма, научно-обоснованной интерпретации результатов физико-химических исследований молекулярной структуры и надмолекулярного строения на базе современных представлений о строении вещества, формулировке химических терминов, что имеет определяющее значение для развития углехимии в целом [2].

1.2 Классификация ископаемых углей

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

Одна из классификаций углей – это степень обуглероженности. По этому параметру бурые угли являются лидером среди остальных. Состав органической массы бурых углей различных месторождений имеет широкий диапазон значений содержания различных компонентов, %: углерод – от 65 до 78, водород – от 4,3 до 6,3, кислород – от 6 до 27, азот – от 0,6 до 1,7, сера – от 0,2 до 2,7. Они весьма разнообразны по внешнему виду, цвет их меняется от бурого до черного. Бурый уголь в природе обладает весьма рыхлой структурой, вследствие чего они легко поддаются деформации. В результате сжигания образуется очень много летучих веществ, что может создавать дополнительные затраты на производствах. Бурые угли обладают низкой теплотой сгорания рабочей массы беззольного угля (менее 24 МДж/кг), они характеризуются высокой влажностью, пониженным содержанием углерода и повышенным содержанием кислорода [3].

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, 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 %.

При сжигании они спекаются (нелетучий остаток). Часть каменных углей, с выходом летучих более 35 % (длиннопламенные) и менее 17 % (тощие), не спекаются, а имеют слипшийся остаток.

Внешний балласт в каменных углях колеблется от 12 до 20 %, а теплота сгорания рабочей массы беззольного топлива каменных углей составляет 24 МДж/кг и более. Низкая температура плавления золы способствует образованию жидкого топлива, заливающего колосниковую решетку и ухудшающую тягу при сжигании каменных углей в слоевых топках и топках низкотемпературного кипящего слоя, а низкая температура начала размягчения золы – шлакованию топок низкотемпературного кипящего слоя и, следовательно, прекращению его кипения.

Полуантрациты занимают промежуточное положение между антрацитом и тощими каменными углями и содержит в горючей массе 90-94 % углерода, 3-4 % водорода и 1,5-5 % кислорода. Выход летучих веществ 6-9 % от массы горючей массы. В полуантрацитах содержится 5-6 % влаги. Низшая теплота сгорания горючей массы составляет 33-34 МДж/кг.

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.

Антрацит тяжелее каменных и бурых углей, его плотность равна 900-1000 кг/м³.

Антрациты имеют абсолютно черный с металлическим блеском цвет. Они очень тверды и зажигаются с большим трудом (температура их воспламенения составляет 700 °С). Поэтому, для облегчения розжига топок низкотемпературного кипящего слоя, рекомендуется применять высокорекреационные каменные угли после достижения температуры около 500 °С, и включения после достижения температуры 700 °С.

Содержание внешнего балласта в антраците составляет 12-25 %. Низшая теплота сгорания антрацитов ниже, чем у полуантрацитов.

По фракционному составу угли делятся на следующие классы с размером кусков, мм:

- Плитный (П) >100
- Крупный (К) 50-100
- Орех (О) 25-50
- Мелкий (М) 13-25
- Семечко (С) 6-13
- Штыб (Ш) <6
- Рядовой (Р) <300 [3].

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; циркулирующий кипящий слой.

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.

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:

1. Основная масса топлива сгорает в слое, поддержание высоты и равномерности распределения которого по решетке является одним из основных элементов регулирования процесса горения.
2. Значительная зависимость эффективности использования топлива от его фракционного состава.
3. Трудность сжигания рядовых несортированных, неспекающихся углей с большим содержанием мелочи и низкая эффективность сжигания спекающихся и отсевов тощих углей, а также антрацитовых штыбов.
4. Высокие температуры, развивающиеся при горении топлива в слое (1200-1400 °С), приводят к спеканию шлака в конгломераты.
5. Зависимость конструкции топки от качества сжигаемого топлива.
6. Значительные выделения оксидов азота и серы.
7. Невозможность сжигания высокозольного топлива [3].

1.4 Золошлаковые отходы

Зола, образующаяся при сжигании топлива, уносится из котла дымовыми газами и частично выпадает в нижнюю часть топки.

Дымовые газы очищаются от золы-уноса в золоуловителях. Спекшаяся или сплавленная минеральная масса, образующаяся в результате расплавления золы при высоких температурах, называется шлаком. Зола и шлак объединяют под общим названием золошлаковые материалы. В основу золошлаковых материалов входят оксиды кремния, алюминия, железа (II), (III), кальция и магния. Небольшая доля приходится на сульфаты кальция, магния и железа, также присутствуют фосфаты и оксиды щелочных металлов K_2O , Na_2O [4].

В нормативных документах и практических рекомендациях используют деление зол на два фундаментальных класса: кислые и основные. Применительно к возможности использования золы в качестве активной минеральной добавки к цементу или бетону учитывают, способна ли зола в зависимости от состава проявлять гидравлические или пуццоланические свойства [5].

Основным критерием, определяющим способность золы и шлака проявлять вяжущие свойства, является наличие кальция в свободном или связанном виде.

Кремнистая (кислая) зола-уноса – тонкодисперсная пыль, состоящая в основном из сферических частиц с пуццолановскими свойствами. Состоит в основном из реакционноспособных диоксида кремния SiO_2 и оксида алюминия Al_2O_3 . Остаток содержит оксид железа Fe_2O_3 и другие соединения. Массовая доля реакционноспособного оксида кальция CaO в применяемых золах-уноса – менее 10 %, а массовая доля свободного оксида кальция $CaO_{св}$ – не более 1 %. Массовая доля реакционноспособного SiO_2 – не менее 25 %.

Основная зола-уноса – тонкодисперсная пыль с гидравлическими и/или пуццолановскими свойствами. Она состоит в основном из реакционноспособных оксида кальция CaO , диоксида кремния SiO_2 и оксида алюминия Al_2O_3 . Остаток содержит оксид железа Fe_2O_3 и другие соединения. Массовая доля реакционноспособного оксида кальция в применяемых золах-уноса – не менее 10 %.

Богатые известью золы-уноса с содержанием реакционноспособного CaO от 10 до 15 % по массе содержат не менее 25 % реакционноспособного SiO₂ [6,7].

В настоящее время [8] и [9] определили требования к химическому составу ЗШМ, применяемых для производства различных видов бетонов и строительных растворов. Нормируется содержание оксидов – CaO, MgO, SO₃, Na₂O и K₂O:

- Оксида кальция CaO – 10 %, чтобы обеспечить равномерность изменения объёма при твердении, свободного CaO – 5 %;
- Оксида магния MgO – не более 5 %;
- Верхний предел сернистых соединений и сернокислых соединений в пересчете на SO₃ по требованиям сульфатостойкости – 3-6 % (в зависимости от вида исходного топлива);
- Суммарное содержание щелочных оксидов Na₂O и K₂O – 1,5-3 % (в зависимости от вида сжигаемого топлива) во избежание деформаций при их реакции с заполнителями.

Частицы большинства зол имеют сферическую форму и гладкую остеклованную фактуру поверхности. Однородность частиц различна. Более однородны частицы, состоящие полностью из стекла. Имеются частицы, внутренняя часть которых не расплавилась и состоит из мельчайших минеральных и коксовых зерен. Встречаются и полые шарики в результате вспучивания стекла в момент образования частицы. Размер частиц – от нескольких микрон до 50-60 микрон. Могут также образовываться стекловидные частицы неправильной формы. У некоторых частиц поверхность губчатая из-за различного количества пузырьков. Они также могут содержать во внутренней части большое количество кристаллических веществ [10].

На основании исследований [11] золошлаковых отходов многих электростанций, сжигающих топливо различных месторождений, все золошлаки в зависимости от состава делятся на три группы: активные, скрытоактивные, инертные.

К первой группе отнесены золошлаковые материалы эстонского сланца, углей Канско-Ачинского бассейна, ангреновского угля, некоторых видов торфа. Эти золошлаковые материалы характеризуются общим содержанием CaO в пределах 20...60 % и $\text{CaO}_{\text{св.}}$ до 30 %. Золошлаковые материалы указанных топлив обладают свойством самостоятельного твердения. Такие золошлаки могут применяться для возведения дамб золошлаковоотвалов без специальных мероприятий (введение вяжущих средств), а также для производства изделий на их основе, преимущественно автоклавного твердения.

Ко второй группе отнесены золошлаковые материалы с общим содержанием CaO в пределах 5...20 %, а $\text{CaO}_{\text{св.}}$ не превышает 2 %. К этой группе, характеризующейся меньшей активностью, чем первая, относятся золошлаковые материалы львовско-волинского, райчихинского, богословского, азейского и других углей. Основное направление использования золошлаков этой группы – производство изделий, твердеющих при тепловой обработке с активизаторами.

В третью группу включены золошлаковые материалы углей: экибастузского, подмосковного, кузнецкого, донецкого, карагандинского. Они характеризуются высоким содержанием SiO_2 и Al_2O_3 и низким содержанием CaO и MgO . Максимальное содержание $\text{CaO}_{\text{св.}}$ не превышает 1 %. В связи с этим основным направлением использования золошлаковых материалов третьей группы являются дорожное строительство, производство кирпича, зольного гравия [11].

1.5 Радиоактивность золы

Уникальная зола. Главным образом, сдерживающим применение некоторых зол, является их неоднородность, как по химическому составу, так и по дисперсности. Другим недостатком, является несгоревший уголь, оставшийся в золах. Повышенное содержание углерода в них приводит к замедлению твердения зольного бетона (за счет уменьшения скорости гидратации цемента) и может вызывать снижение его морозостойкости [12].

Также, негативным фактором является наличие опасных примесей в составе золы. Перечисленных недостатков лишена зола-уноса Рефтинской ГРЭС, полученная при сжигании Экибастузских каменных углей. Именно эта зола преимущественно использовалась в зольных технологиях, получивших распространение на территории Свердловской области.

По химическому составу зола Рефтинской ГРЭС на 90 % состоит из оксидов кремния и алюминия и является кислотной, которая представлена в таблице 1.1. В сравнении с другими золами она содержит повышенное количество SiO_2 и минимальное количество щелочей и SiO_3 . Кроме того, рефтинская зола практически не содержит несгоревших частиц (углерода), а ее химический состав близок к среднему составу земной коры.

Таблица 1.1 – Химический состав золы-уноса Рефтинской ГРЭС [13]

Месторождения углей	Содержание, масс. %						
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	$\text{CaO}+\text{MgO}$	SO_3	R_2O	$\Delta m_{\text{прк}}$
Требование ГОСТ 25818	≥ 45			≤ 10	≤ 2	≤ 3	≤ 5
Подмосковные	45,8	33,8	9,1	4,6	1,8	0,9	3,5
Кузнецкие	54,0	23,5	7,0	9,5	0,6	4,1	1,2
Канско-ачинские	31,0	13,0	17,0	5,0	-	1,0	1,0
Восточно-сибирские	71,4	11,8	4,7	3,4	0,3	-	8,2
Экибастузские	62,0	30,0	5,0	2,0	0,1	0,7	1,0
Среднее содержание элементов в земной коре	61,2	15,4	6,6	5,7	0,1	5,0	

Безопасна ли зола? Этот вопрос возникает каждый раз, когда сравниваются продукты, изготовленные на золе, с аналогичной продукцией на природном материале (песок, глина и другие). Противники зольных материалов чаще всего на первый план выносят проблему их радиоактивности. Попробуем разобраться являются ли золы и изделия на их основе радиоактивными. Радиоактивность – это способность химических элементов самопроизвольно излучать α - и β - частицы и (или) γ - кванты вследствие радиоактивных превращений (радиоактивный распад, деление ядер атомов). Радионуклидом называют радиоактивный атом с данным массовым числом и атомным номером, для которого характерны спонтанные радиоактивные радионуклиды (ЕРН) (природные, существовавшие в природе изначально), так и искусственные (техногенные). К естественным радионуклидам относят три радиоактивных семейства: урана-радия, тория и актиния. Каждое из семейств образует цепочку радионуклидов, в которой последующий нуклид становится продуктом распада предыдущего (рисунок 1.2). У каждого из них есть родоначальник и конечный продукт распада [14].

Радиоактивность любого изотопа характеризуется числом распадов атомов в секунду. Единица радиоактивности получила название Беккерель. Радиоактивность, отнесенную к массе вещества, называют удельной активностью радионуклида (A). Для оценки радиоактивности строительного материала используют удельную эффективную активность ЕРН ($A_{эф}$), представляющую собой суммарную удельную активность ЕРН (A) с учетом их влияния на организм человека. В соответствии с ГОСТ 30108 $A_{эф}$ определяется по формуле

$$A_{эф} = A_{Ra} + 1,31A_{Th} + 0,085A_k, (1.1)$$

где A_{Ra} , A_{Th} , A_k – удельная активность радия, тория, калия соответственно, Бк/кг.

Вид излучения	Нуклид	Период полураспада	Вид излучения	Нуклид	Период полураспада
α	Уран-238	4,47 млрд. лет	α	Свинец-214	26,8 минут
β	Торий-234	24,1 сут	β	Висмут-214	19,7 минут
β	Протактиний-234	17 минут	β	Полоний-214	0,000164 секунды
α	Уран-234	245 000 лет	α	Свинец-210	22,3 лет
α	Торий-230	8 000 лет	β	Висмут-210	5,01 сут
α	Радий-226	1 600 лет	β	Полоний-210	138,4 сут
α	Радон-222	3,823 сут	α	Свинец-206	Стабильный
α	Полоний-218	3,05 минут			

Рисунок 1.2 – Пример цепочки распада изотопа U-238 (семейство урана-радия)

Уголь всегда содержит природные радиоактивные вещества уранового, актиноуранового и ториевого рядов, а также радиоактивный изотоп ^{40}K [14].

Однако, содержание этих элементов в угле меньше, чем их среднее содержание в земной коре. Из указанных радионуклидов калий быстро выводится из организма человека (т.е. не накапливается), поэтому его не считают опасным. Торий способен накапливаться в костях скелета и костном мозге человека и практически не выводится из организма. Период его полувыведения (уменьшение содержания на 50 % после однократного поступления) составляет десятки лет. Уран выводится заметно быстрее. Период его полувыведения составляет 450 суток. При сгорании угля радионуклиды конденсируются на поверхности золы, вследствие этого зола становится более радиоактивной, чем уголь. Так, например, содержание урана в золе по отношению к углю увеличивается от 2,5 до 6 раз [13]. В некоторых случаях радиоактивность золы может превышать допустимые значения. В частности, при сжигании подмосковных углей образуется зола, характеризующаяся радиоактивностью более 370 Бк/кг (отдельных пробах до 520 Бк/кг). При этом отмечается, что не все золы одинаково радиоактивны.

Например, при сжигании кузбасских углей радиоактивность получаемой золы не превышает 40 Бк/ГК [14].

Радиоактивность ЗШМ зависит от используемого на ТЭС топлива, так как угли разных месторождений отличаются по концентрации радионуклидов из-за геологических причин. Связано это с глубиной их залегания (чем глубже величина залегания, тем вероятнее более высокие значения радиоактивности), а также с возможным окислением углей. В природных условиях уголь довольно часто окисляется, и поэтому у него появляется способность к химическим взаимодействиям. Например, если подземные воды содержат уран, то в угле будет происходить его накопление и со временем концентрация урана повысится.

Кроме этого, на радиоактивность золы оказывает влияние степень очистки отходящих газов тепловых электростанций. На угольных ТЭС России средняя эффективность их очистки не превышает 95 % (в Европе 99 %) [13]. Загрязнение золы радиоактивными элементами повышается с увеличением её дисперсности [14]. Высокодисперсные частицы не улавливаются очистными системами и выбрасываются в атмосферу. В работе [15] сообщается о том, что наиболее опасные элементы, включая ртуть, концентрируются как раз в той фракции зольных частиц, которая не улавливается электрофильтрами. По этой причине не все опасные элементы из угля попадают в золу.

В таблице 1.2 приведена информация о радиоактивности зол, полученных при сжигании углей разных месторождений [16]. Показано, что зола-уноса Рефтинской ГРЭС, полученная при сжигании Экибастузского угля, по сравнению с другими золами характеризуется наименьшими значениями показателей удельной активности ЕРН. Показано, что зола-уноса Рефтинской ГРЭС, полученная при сжигании Экибастузского угля, по сравнению с другими золами характеризуется наименьшими значениями показателей удельной активности ЕРН. Всестороннее изучение радиоактивности Экибастузских зол с использованием радиохимических, калориметрических и γ -спектрометрических методов показали, что данные золы могут использоваться без ограничений при производстве строительных материалов и изделий.

Рефтинская зола является экологически чистой в радиационном отношении [17].

Таблица 1.2 – Результаты радиологического исследования углей разных месторождений и золы-уноса, получаемой при их сжигании

Месторождения углей	Удельная активность, Бк/кг						Удельная эффективная активность золы, $A_{эф}$, Бк/кг
	^{40}K		^{226}Ra		^{232}Th		
	уголь	зола	уголь	зола	уголь	зола	
Интинское	52	20	5	9	8	7	123
Райчихинское	37	99	8	9	4	0	240
Нерюнгринское	7	80	8	42	5	60	365
Харанорское	1	04	4	3	9	7	204
Лучегорское	7	34	1	9	0	0	209
Экибастузское	0	41	9	9	5	0	94

Необходимо отметить, что радиоактивностью обладают все без исключения строительные материалы, произведенные на основе природных материалов (таблица 1.3). Наиболее опасен в этом отношении гранит. Высокие показатели по радиоактивности имеет и глиняный кирпич. Это связано со способностью некоторых горных пород, в том числе и глин, накапливать радиоактивные вещества. Радиоактивность, исходящая от строительных материалов, составляет лишь малую долю в сравнении с другими источниками (например, от радона, поступающего из грунта) [13].

Даже при увеличенной радиоактивности золы-уноса в несколько раз, относительно существующих норм, она не может оказывать заметного влияния на здоровье человека, так как «разбавляется» другими материалами. В этом случае радиоактивность остается сравнимой с уровнем естественного фона при необходимом проветривании помещения [17].

Таблица 1.3 – Удельная эффективная активность ЕРН $A_{эф}$ строительных материалов [18]

Вид строительного материала	Удельная активность $A_{эф}$, Бк/кг
Известняк, мрамор	40-45
Гипсовый камень	43-55
Кирпич силикатный	40-66
Газозолобетон	70-90
Портландцемент	80-120
Песок, гравий	183
Кирпич глиняный	150-350
Плитка керамическая	200-360
Гранит	150-420
Глинозем	496

1.6 Применение золошлаковых материалов

Зола-унос используется в производстве строительных материалов без дополнительной обработки (помола, просеивания и т.п.). Нелетучая зола и шлаки используются в гранулированном виде в дорожном строительстве для изготовления основания участков парковки автомобилей, велосипедных дорожек, дорог, набережных, полигонов твердых бытовых отходов.

Летучую и нелетучую золу можно использовать в качестве инертного наполнителя в асфальтах.

Главной областью применения топливных шлаков является производство строительных материалов. Их используют самостоятельно как теплоизолирующую засыпку и как компонент для производства цемента, газобетона, керамзитобетона, зольного гравия, глиняного и силикатного кирпича. При использовании шлакозольных вяжущих получают бетоны с прочностью на сжатие до 40МПа.

Топливные шлаки жидкого удаления можно использовать в производстве отделочной керамической плитки при содержании в смеси до 30 % шлаков плитка имеет отличные физико-механические свойства и хороший внешний вид.

Зола-унос сухого улавливания может использоваться при строительстве автомобильных дорог, для укрепления грунтов, в качестве самостоятельного медленно твердеющего вяжущего, а также в сочетании с цементом и известью. Возможно использование такой золы при выполнении гидротехнических работ – для производства сборного железобетона, изготовления бетонных растворов, при строительстве плотин, дамб и других гидротехнических сооружений [19].

Отвалы ТЭС в России занимают значительные территории (около 200 тыс. га), являются источником загрязнения воздушного и водного бассейнов и увеличивают минерализацию грунтовых вод. Если учесть, что около 70 % всей электроэнергии в стране вырабатывается при сжигании твердого топлива, то рост золошлаковых отходов будет продолжаться и, следовательно, возрастет их отрицательное воздействие на экологию. Таким образом, утилизация золошлаковых отходов становится уже не столько вопросом экономии материальных ресурсов, сколько проблемой безопасности населения страны. Научные исследования и практика дорожного строительства показали, что золы и шлаки от сжигания твердых видов топлива представляют собой материалы, пригодные для применения во многих отраслях народного хозяйства:

- в сельском хозяйстве - как удобрение;
- в металлургии - как шихта для получения алюминия и концентрат для получения железа;
- в строительной индустрии золошлаковые смеси и золы сухого улавливания - как сырье для цементов и бесклнкерных вяжущих, бетонов (тяжелых, легких, ячеистых), пористых заполнителей, силикатных, керамических, теплоизоляционных и других материалов.

В дорожном строительстве золы и золошлаковые смеси используются при сооружении земляного полотна, для устройства укрепленных оснований, в качестве заполнителя и минерального порошка в асфальтобетонах. Золы сухого улавливания можно применять в качестве самостоятельного вяжущего, а также как активную добавку к неорганическим и органическим вяжущим веществам [20].

Золошлаковые материалы, которые согласно [21] являются техногенными грунтами, можно использовать для возведения земляного полотна автомобильных дорог. Однако необходимо учитывать, что некоторые свойства этого материала (неоднородность состава, способность к набуханию и морозному пучению, наличие несгоревших частиц топлива) могут оказать негативное влияние на его долговременную безаварийную работу. Поэтому следует разработать специальные конструктивные и технологические мероприятия, чтобы исключить (или по крайней мере смягчить) такое воздействие.

Существует два направления использования отвальных золошлаковых смесей гидроудаления: обработка цементом или известью и применение в качестве конструктивных слоев дорожных одежд; как добавка к вяжущим в целях их экономии при укреплении грунтов.

Отвальные золошлаковые смеси можно использовать в качестве однокомпонентного заполнителя в мелкозернистых бетонах (без природного песка и крупного заполнителя), а также в различных бетонах в сочетании с природными или искусственными заполнителями.

Содержание в золошлаковой смеси зерен мельче 0,315 мм должно составлять 20-50 % по массе. Расход цемента повышается на 10-20 % по сравнению с бетонными смесями традиционного состава

Мелкозернистый бетон на заполнителе из золошлаковой смеси обладает прочностью 50-500 кгс/см², морозостойкостью 15-150 циклов, теплопроводностью 0,87-0,93 Вт/(м°С).

При приготовлении тяжелого бетона золошлаковая смесь может частично или полностью заменить песок. Целесообразно вводить золошлаковую смесь вместо мелкозернистого песка, требующего повышенного расхода цемента. Золошлаковая смесь улучшает зерновой состав и укладываемость бетонной смеси при экономии дорогостоящих заполнителей, а в отдельных случаях и цемента

Золошлаковые смеси нашли применение в виде пористых зольных заполнителей в керамзитобетоне, в бетонах на глиноземном керамзите, на зольном аглопоритовом гравии, на безобжиговом зольном гравии [20].

1.7 Применение золошлаковых отходов при производстве бетонов

Таблица 1.4 – Виды бетонов [22]

Направление использования	Вид золошлаковых отходов	Эффект использования — технический
Тяжелый бетон (в т. ч. гидротехнический)	Зола ТЭС и ЗШС заменитель части цемента	Экономия цемента 15 - 30 %; улучшение удобоукладываемости бетонной смеси; повышение коррозионной стойкости бетона; снижение тепловыделения при твердении
Легкие бетоны на пористых заполнителях	Зола ТЭС — мелкий заполнитель	Экономия 10 - 20 % цемента; снижение плотности бетона на 100 - 300 кг/м ³ по сравнению с керамзитобетоном на кварцевом песке
Ячеистый бетон	Зола ТЭС — заменитель песка и компонент смешанного вяжущего	Снижение расхода электроэнергии; уменьшение толщины стен по сравнению с кирпичными в 1,5 - 2 раза
Плотный силикатный	Зола ТЭС —	Экономия извести на 10 - 20

бетон	заменитель песка и компонент смешанного вяжущего	%, песка – на 20 – 30 %; снижение средней плотности изделий на 150 - 300 кг/м ³
Строительные растворы	Зола ТЭС — заменитель части цемента, извести и песка	Снижение расхода цемента или извести на 30 – 50 кг/м ³ , песка — на 200 - 300 кг; повышение удобоукладываемости; уменьшение водоотделения
Портландцемент (с минеральными добавками, пуццолановый; шлакопортландцемент)	Золы и шлаки ТЭС - активные минеральные добавки	Экономия клинкера 15 - 60 %; снижение расхода топлива на 30 - 40 %, электроэнергии — на 10 - 15 %; повышение коррозионной стойкости цемента; снижение тепловыделения при твердении
Известковые вяжущие вещества	Золы и шлаки – как компоненты вяжущего взамен песка	Снижение расхода извести на 30 - 60 %, топлива — в 2 - 2,5 раза, электроэнергии на 50 – 60 %
Цементный клинкер	Зола ТЭС — взамен глинистого компонента сырьевой смеси	Сокращение расхода топлива на 10 - 15 %; снижение расхода основных сырьевых материалов на 20 - 30 %
Обжиговый глинозольный керамзит	Золы и шлаки ТЭС – основное сырье	По сравнению с керамзитовым гравием сокращается расход топлива на 60 - 70 %, электроэнергии на 10 - 15 %
Безобжиговый зольный гравий	Золы и шлаки ТЭС — основной компонент сырьевой смеси	По сравнению с керамзитовым гравием сокращается расход топлива на 60 - 70 %, электроэнергии на 10 - 15 %
Керамический кирпич	Зола ТЭС — отошающая и выгорающая добавка	Экономия глинистого сырья на 15 - 50%; сокращение расхода топлива на 90 - 100 кг/тыс. шт. кирпича; повышение марки изделий; улучшение внешнего вида; сокращение срока сушки кирпича; снижение средней плотности

2 Экспериментальная часть

Помимо основной цели работы – применения в строительстве золошлаковых материалов, задачами исследований являются определение химического и гранулометрического состава ЗШМ Северской теплоэлектростанции.

2.1 Характеристика объекта исследования

При проведении экспериментов в качестве объекта исследования был использован золошлаковый материал (ЗШМ) Северской теплоэлектростанции (ТЭЦ). ЗШМ был предварительно подвергнут рассеиванию на ситах и отобрана фракция < 2 мм. Был определен гранулометрический состав ЗШМ.

2.2 Методика проведения эксперимента

Для проведения серии экспериментов были приготовлены 3 смеси с содержанием цемента в сухой смеси 15, 20 и 25 % масс. соответственно. Сухая смесь была разбавлена водой до достижения нужной консистенции. В итоге опытным путем была получена влажность готового раствора 25,7 %.

Следующим этапом были приготовлены образцы кубической формы 49*49*49 мм постепенным наполнением полимерной формы на вибростолу в целях удаления пузырьков воздуха из готового продукта.

Основные свойства затвердевшего раствора по [23]:

- Прочность на сжатие;
- Водоудерживающая способность;
- Средняя плотность.

При необходимости устанавливаются дополнительные показатели по [24].

В ходе исследований были получены данные по прочности на сжатие и средней плотности растворов, твердевших до достижения проектного возраста и при пропаривании (ускоренном твердении) на основании серии из трех измерений, а также водоудерживающая способность свежеприготовленных растворов.

Прочность определялась на пневматическом прессе. Результат был в мВ, поэтому был выполнен расчет прочности по следующей формуле 2.1:

$$R = \frac{K \cdot \mu}{S}, \quad (2.1)$$

где R – прочность на сжатие, кгс/см². Был осуществлен пересчет в МПа:
1 кгс/см² = 0,0981 МПа

K = 38,2 кг/мВ;

S – площадь сечения куба, см².

Плотность затвердевшего раствора определялась по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (2.2)$$

где ρ – плотность затвердевшего раствора, кг/м³;

m – масса одного куба затвердевшего раствора, кг;

V – объём куба затвердевшего раствора, м³.

При ускоренном твердении образцов необходимо установить переводной коэффициент для получения истинной прочности образцов, которая могла быть получена при достижении проектного возраста [25].

Помимо прочности на сжатие целью работы является определение водоудерживающей способности, которая была определена на приборе, схема которого показана на рисунке 2.3.

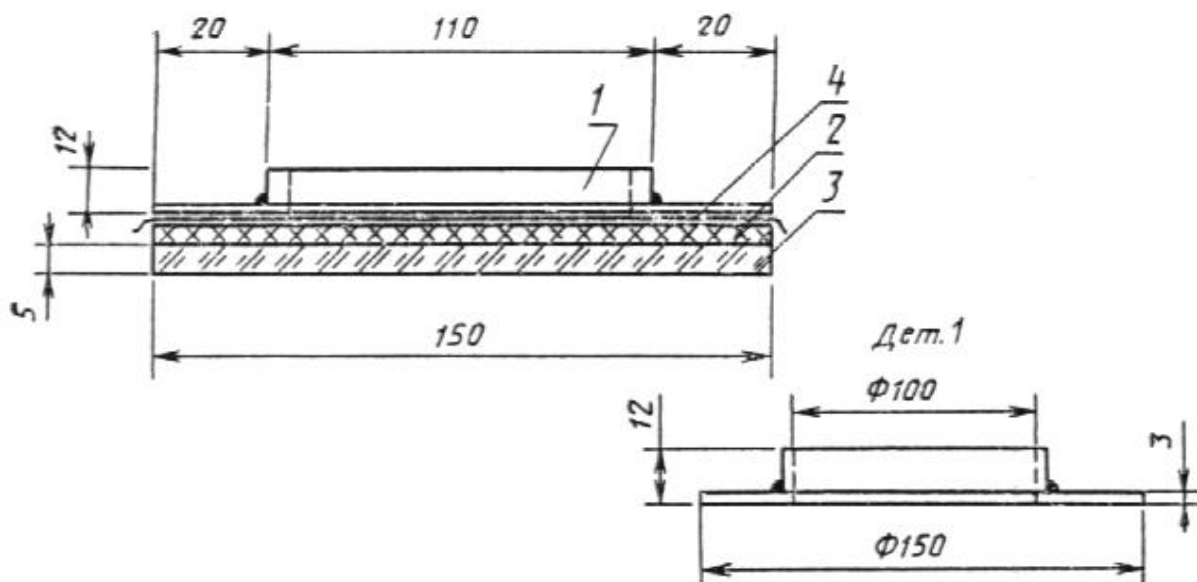


Рисунок 2.3 - Схема прибора для определения водоудерживающей способности растворной смеси: 1 — металлическое кольцо с раствором; 2 — 10 слоев промокательной бумаги; 3 — стеклянная пластина; 4 — слой марлевой ткани

Перед испытанием 10 листов промокательной бумаги взвешивают с погрешностью до 0,1 г, укладывают на стеклянную пластинку, сверху укладывают прокладку из марлевой ткани, устанавливают металлическое кольцо и еще раз взвешивают. Тщательно перемешанную растворную смесь укладывают вровень с краями металлического кольца, выравнивают, взвешивают и оставляют на 10 мин. Металлическое кольцо с раствором осторожно снимают вместе с марлей. Промокательную бумагу взвешивают с погрешностью до 0,1 г.

Водоудерживающую способность растворной смеси определяют выраженным в процентах содержанием воды в пробе до и после эксперимента по формуле (2.2):

$$V = \left(100 - \frac{m_2 - m_1}{m_4 - m_3} \cdot 100 \right), \quad (2.3)$$

где m_1 — масса промокательной бумаги до испытаний, г; m_2 — масса промокательной бумаги после испытания, г; m_3 — масса установки без растворной смеси, г; m_4 — масса установки с растворной смесью, г.

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

3.1.1 Введение

Целевым результатом проведенной исследовательской работы стало исследование возможности применения золошлаковых материалов в строительстве.

Отвалы золошлаковых материалов занимают большие площади, а их содержание требует значительных эксплуатационных затрат, которые влияют на повышение себестоимости производства энергоносителей. Они являются источником загрязнения окружающей среды, представляют опасность для здоровья населения и угрозу растительному и животному миру близлежащих районов. Особую опасность представляют золоотвалы, расположенные вблизи водных бассейнов, из-за возможного прорыва дамб.

Проблема утилизации золошлаковых отходов (ЗШО), в которые переходит от 10 до 15 % перерабатываемых углей, образуемых при эксплуатации тепловых электростанций, муниципальных и производственных котельных, работающих на твердом топливе, вызывает серьезную озабоченность органов исполнительной власти субъектов РФ и муниципальных образований.

Фактически в настоящее время эта проблема не решается, степень утилизации этого вида отходов крайне низка. В основном технологический процесс утилизации ЗШО ограничивается производством стеновых шлакоблоков и тротуарной плитки.

Общеизвестно, что ЗШО являются источником повышенной экологической опасности, и оказывают негативное воздействие на население (здоровье человека) и окружающую среду, а также являются причиной отчуждения земель, которые практически безвозвратно изымаются из полезного использования.

В тоже время ЗШО обладают определенными физико-химическими свойствами, в том числе и вновь приобретенными, которые, при определенных технологических возможностях, можно реально и экономически целесообразно использовать в народном хозяйстве. По сути ЗШО являются вторичными ресурсами сырьевого значения, т.е. их можно рассматривать как техногенные месторождения полезных ископаемых.

3.1.2 Потенциальные потребители результатов исследования

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

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

Основные сегменты рынка потребления золошлаковых материалов показаны на рис 3.1

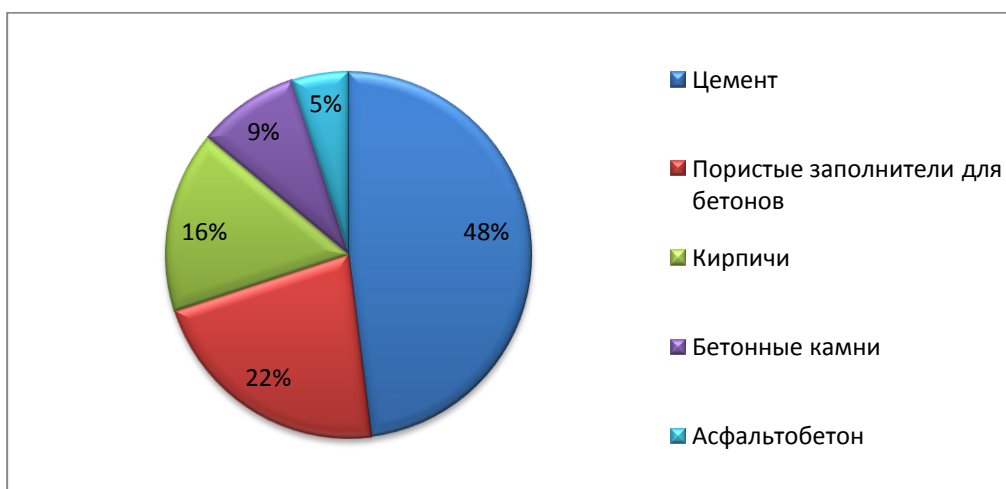


Рисунок 3.1 – Карта сегментирования рынка применения золошлаковых материалов

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 [29].

3.1.3 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 [30]. К предприятиям-конкурентам в области строительной отрасли можно отнести «Строительные Технологии Сибири» (Новосибирск) и «Haiyuan Group» (Казань).

В таблице 3.1 приведена оценочная карта, включающая конкурентные технические разработки в области обогащения полезных ископаемых.

Таблица 3.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
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. Надежность	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. Прочность на сжатие	0,25	4	5	3	1,2	1,5	0,9
8. Вододерживающая способность	0,15	4	5	3	1,2	1,5	0,8
9. Безопасность	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
Итого	1	43	38	32	5,5	5,24	3,82

Б_ф – продукт проведенной исследовательской работы;

Б_{к1} – «Строительные Технологии Сибири»;

Б_{к2} - «Haiyuan Group».

3.1.4 Диаграмма Исикавы

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

Область применения диаграммы:

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

Сначала формулируется существенная проблема или дефект качества. Главные категории потенциальных причин – это оборудование, материалы, человек, процессы, менеджмент, измерительные средства и т.д [31]. Для каждой главной категории на диаграмму наносятся все вероятные причины проблемы. Диаграмма Исикавы представлена на рис. 3.2.

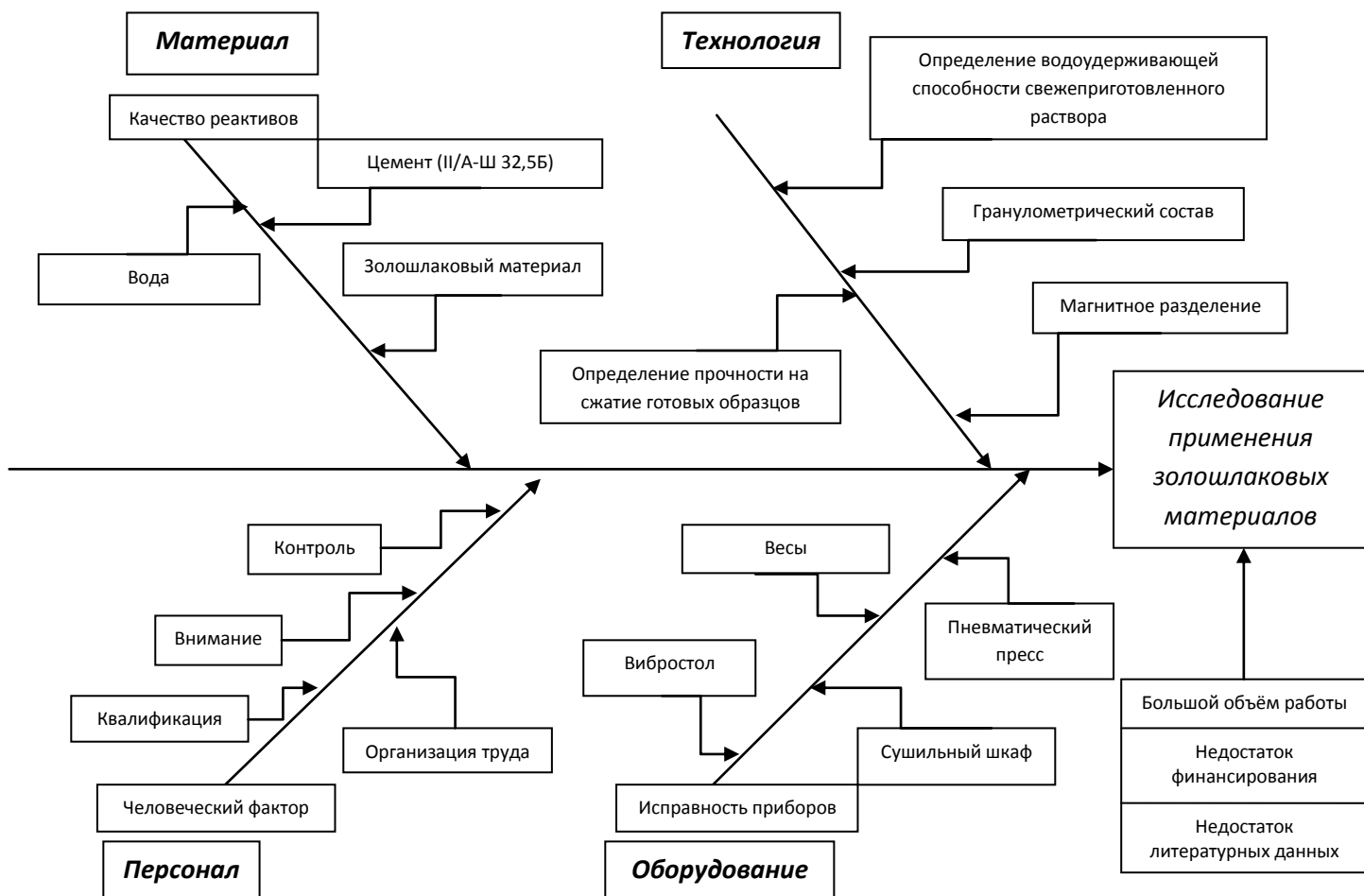


Рисунок 3.2 – Диаграмма Исикавы

3.1.5 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта [32].

Таблица 3.2 - SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии</p> <p>С2. Экологичность технологии</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями</p> <p>С4. Наличие бюджетного финансирования</p> <p>С5. Квалифицированный персонал</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров</p> <p>Сл2. Отсутствие инженеринговой услуги, способной обучить работать в рамках проекта</p> <p>Сл3. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца</p> <p>Сл4. Большой срок поставок материалов и комплектующих, используемых при проведении научного исследования</p>
--	---	---

<p>Возможности: В1.Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2.Появление дополнительного спроса на новый продукт В3. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях В4. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>СиВ: 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: Для проведения экспериментов по данной теме требуется дорогостоящее оборудование. Процесс длительный и трудоемкий. Поиск инвесторов для финансирования научной работы.</p>
<p>Угрозы: У1.Отсутствие спроса на новые технологии производства У2.Развитая конкуренция технологий производства У3.Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции</p>	<p>СВиУ: 1. Создание конкурентных преимуществ готового продукта 2.Привлечение заинтересованных сторон в финансировании новых разработок</p>	<p>СЛиУ: 1.Приобретения необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца 2.Сокращение поставок или смена поставщика 3. Продвижение программы с целью создания спроса 4.Сертификация и стандартизация продукта</p>

3.1.6 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 3.3.

Таблица 3.3 – 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	4	5
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	5
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	4
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	5
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	3
15	Проработан механизм реализации научного проекта	2	4
	ИТОГО	50	61

При проведении анализа по табл. 3.3 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 (3.1):

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i, \quad (3.1)$$

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

B_i – балл по i -му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Так, значение $B_{\text{сум}}$ получилось от 50 до 61, 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.

3.1.7 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.

3.2 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 [33].

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

Устав научного проекта магистерской работы:

3.2.1 Цели и результат проекта

Информация о заинтересованных сторонах проекта представлена в таблице 3.4.

Таблица 3.4 - Заинтересованные стороны проекта

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

В таблице 3.5 представлена информация об иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 3.5 - Цели и результат проекта

Цели проекта:	Исследование возможности применения золошлаковых материалов в строительстве
Ожидаемые результаты проекта:	Обосновать возможность использования полученных в ходе исследований данных для использования золы в строительной области
Критерии приемки результата проекта:	Результат должен технологически, экономически и экологически обоснован
Требования к результату проекта:	Требование:
	Проблема проекта должна быть актуальной, имеющей технологическое, экономическое и экологическое значение
	Решить проблему истощения минеральных ресурсов и снизить негативное воздействие производственной деятельности предприятия на окружающую среду.

3.2.2 Организационная структура проекта

Организационная структура проекта представлена в таблице 3.6.

Таблица 3.6 - Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо-затраты, час.
1	Горлушко Д.А.	руководитель проекта	Отвечает за реализацию проекта, координирует деятельность участников проекта.	838
2	Меньшикова Е.В.	эксперт	Консультирует по вопросам финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения	64
3	Волков Ю.В.	эксперт	Консультирует по вопросам безопасности жизнедеятельности	64
4	Устюжанина А.К.	эксперт	Консультирует по части английского языка	18
5	Ширей-Седлецкий Р.В.	исполнитель	Выполняет отдельные работы по проекту	2634
Итого:				3618

3.2.3 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а так же «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта [34].

Таблица 3.7 - Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1 Бюджет проекта	699510 рублей
3.1.1 Источник финансирования	Госкорпорация «Росатом»
3.2 Сроки проекта:	01.10. 2015 г. – 31.05. 2017 г.
3.2.1 Дата утверждения плана управления проектом	01.06.2017 г.

3.3 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.

3.3.1 Иерархическая структура работ проекта

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

На рис. 3.3 представлен шаблон иерархической структуры работ по проекту.

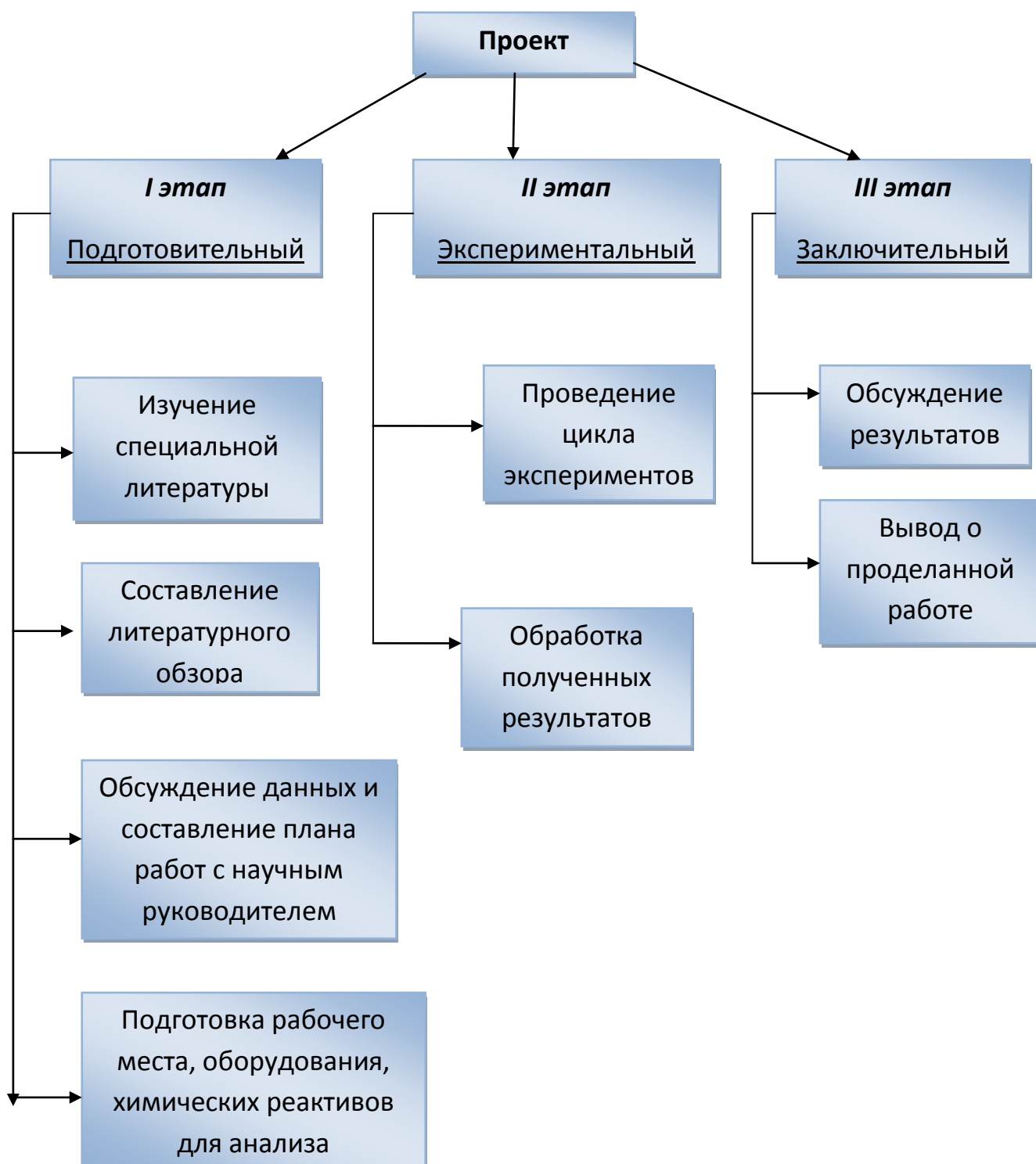


Рисунок 3.3 - Иерархическая структура работ проекта

3.3.2 Контрольные события проекта

Контрольные события проекта представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Литературный обзор по теме проекта	Сентябрь – октябрь, 2015 г.	Литературный обзор в ВКР
2	Постановка цели и задач	Октябрь, 2015 г.	Раздел цели и задачи в ВКР
3	Разработка плана экспериментальных работ	Ноябрь, 2015 г.	План работ
4	Определение водоудерживающей способности свежеприготовленного раствора	Декабрь 2015 – Апрель 2016 г.	Результаты экспериментов, представленных в ВКР
5	Определение прочности на сжатие готовых образцов	Май – Октябрь 2016 г.	Результаты экспериментов, представленных в ВКР
6	Определение водоудерживающей способности свежеприготовленного раствора	Ноябрь 2016 – Январь 2017 г.	Результаты экспериментов, представленных в ВКР
7	Определение прочности на сжатие готовых образцов	Январь – Февраль 2017 г.	Результаты экспериментов, представленных в ВКР
8	Обсуждение результатов Доработка экспериментальной части ВКР	Март, 2017 г.	Результаты экспериментов, представленных в ВКР
9	Оформление ВКР	Апрель – июнь 2017 г.	Результаты экспериментов, представленных в ВКР

3.3.3 План проекта

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

Линейный график представляется в виде таблицы (табл. 3.9).

Таблица 3.9 – Календарный план проекта

Код работ ы (из ИСП)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Составление технического задания	13	01.09.15	15.09.15	Горлушко Д.А., Ширей- Седлецкий Р.В.
2	Изучение литературы	87	16.09.15	27.12.15	Горлушко Д.А., Ширей- Седлецкий Р.В.
3	Выбор направления исследования	18	12.01.16	31.01.16	Горлушко Д.А., Ширей- Седлецкий Р.В.
4	Теоретические и экспериментальные исследования	229	02.02.16	29.01.17	Горлушко Д.А., Ширей- Седлецкий Р.В.
5	Обобщение и оценка результатов	21	01.02.17	26.02.17	Горлушко Д.А., Ширей- Седлецкий Р.В.
6	Разработка технической документации и проектирование	51	29.02.17	29.04.17	Горлушко Д.А., Ширей- Седлецкий Р.В.
7	Оформление комплекта документации	20	04.05.17	27.05.17	Ширей- Седлецкий Р.В.
Итого:		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 3.10.

Таблица 3.10 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Код работ ы (из ИСР)	Вид работ	Исполнители	Тк, кал дни	Продолжительность выполнения работ																																							
				2015												2016						2017																					
				сен.			окт.			нояб.			дек.			янв.		фев.		март		апр.		май			ию			янв.			фев.			март			апр.			май	
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2			
1	Составление технического задания	Руководитель	13	■																																							
2	Изучение литературы	Руководитель, дипломник	87	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
3	Выбор направления исследования	Руководитель, дипломник	18															■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
4	Теоретические и экспериментальн ые исследования	Руководитель, дипломник	229																																								
5	Обобщение и оценка результатов	Руководитель, дипломник	21																																								
6	Разработка технической документации и проектировани е	Руководитель, дипломник	51																																								
7	Оформление комплекта документации	Дипломник	20																																								

■ - руководитель; ■ дипломник.

3.3.4 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.

3.3.4.1 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 3.11 – 3.15.

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 3.11 – Материальные затраты на оборудование

Наименование	Количество, шт	Стоимость с НДС, руб/шт	Сумма, руб.	Срок эксплуатации, лет	Амортизация, руб (за 15 месяцев)
Вибростол	1	21900	21900	10	2745
Сушильный шкаф	1	35000	35000	10	4380
Весы аналитические	1	44600	44600	10	5580
Пневматический пресс	1	93500	93500	10	11685
Итого:			24390 рублей		

Таблица 3.12 – Материальные затраты на реактивы

Наименование	Масса, кг	Стоимость с НДС, руб/кг	Сумма, руб
Цемент П/А-Ш 32,5Б	10	12	120
Итого:			120

Таблица 3.13 – Материальные затраты на лабораторную посуду

Наименование	Количество, шт	Стоимость с НДС, руб/шт	Сумма, руб
Чашка фарфоровая	1	700	700
Мерный цилиндр, 100 мл	1	250	250
Стакан мерный, 250 мл	1	50	50
Фильтровальная бумага	1	170	170
Итого:			1170

Таблица 3.14 – Материальные затраты на средства защиты

Наименование	Количество, шт	Стоимость с НДС, руб/шт	Сумма, руб
Халат	2	1000	2000
Перчатки	2	100	200
Итого:			2200

Таблица 3.15 – Общие материальные затраты на научно-технические исследования

Вид затрат	Сумма, руб
Материальные затраты на реактивы	120
Материальные затраты на лабораторную посуду	1170
Материальные затраты на средства защиты	2200
Материальные затраты на оборудование	24390
Итого:	27880

3.3.4.2 Основная заработная плата

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

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

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (3.2)$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (3.3)$$

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:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (3.4)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

F_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 258 рабочих дней. Баланс рабочего времени исполнителей представлен в таблице 3.16.

Таблица 3.16 - 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:

$$Z_m = Z_б \cdot (k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (3.5)$$

где $Z_б$ – базовый оклад, руб.;

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

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

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

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

$$Z_{м} = Z_{б} \cdot k_{р}, \quad (3.6)$$

где $Z_{б}$ – базовый оклад, руб.;

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

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

Согласно информации сайта Томского политехнического университета должностной оклад (ППС) доцента кандидата наук в 2016 году без учета РК составил 26300 руб., консультанта – 20800 руб., исполнителя – 14100 руб. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 3.17.

Таблица 3.17 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{б}$, руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$, руб	$Z_{дн}$, руб.	$T_{р}$, раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	26300	-	-	1,3	34190	1140	140	159600
Ассистент (инженер)	20800	-	-	1,3	27040	901	30	27030
Инженер дипломник	14100	-	-	1,3	18330	611	439	268229

3.3.4.3 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:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (3.7)$$

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

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

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

В таблице 3.18 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 3.18- Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Ассистент (инженер)	Инженер (дипломник)
Основная зарплата	159600	27030	268229
Дополнительная зарплата	23940	4055	40234
Итого по статье $C_{\text{зп}}$	183540	31085	308463

3.3.4.4 Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (3.8)$$

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

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

3.3.4.5 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 выполнении темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (3.9)$$

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

Электроэнергия на оборудование:

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

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

Пневматический пресс = $6 \cdot 20 \cdot 3,0 \cdot 5,8 = 5220$ 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 3.19.

Таблица 3.19 – Смета затрат на выполнение НИР

Статьи затрат	Затраты, руб.
Сырье и материалы	3490
Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	24390
Фонд заработной платы	523088
Отчисления на социальные нужды	141234
Накладные расходы	7308
Итого	699510

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.

3.3.4.6 Матрица ответственности

Для распределения ответственности между участниками проекта формируется матрица ответственности (таблица 3.20).

Таблица 3.20 - Матрица ответственности

Этапы проекта	Горлушко Д.А., руководитель проекта	Меньшикова Е.В., эксперт	Волков Ю.В., эксперт	Устюжанина А.К., эксперт	Ширей-Седлецкий Р.В., исполнитель
Составление технического задания	О				
Изучение литературы					И, О
Выбор направления исследования	О, И				И, О

Теоретические и экспериментальные исследования	О, И				И, О
Обобщение и оценка результатов	О, И				И, О
Разработка технической документации и проектирование	О				И, О
Оформление комплекта документации	О, С	О, С	О, С	О, С	И, О

Степень участия в проекте может характеризоваться следующим образом:

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

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

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

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

3.3.4.7 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта. План управления коммуникациями приведен в таблице 3.21.

Таблица 3.21 - План управления коммуникациями

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

3.3.4.8 Реестр рисков проекта

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

Возможные риски проекта приведены в таблице 3.22.

Таблица 3.22 - Реестр рисков

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

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

Эффективность научного ресурсосберегающего проекта включает в себя социальную эффективность, экономическую и бюджетную эффективность.

Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические последствия осуществления инвестиционного проекта как для общества в целом, в том числе непосредственные результаты и затраты проекта, так и затраты и результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты.

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

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

Кроме выше перечисленных видов эффективности можно выделить ресурсный эффект (характеризуется показателями, отражающими влияние инновации на объем производства и потребления того или иного вида ресурса), научно-технический (оценивается показателями новизны и полезности) и другие [35].

3.4.1 Оценка сравнительной эффективности исследования

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (таблица 3.23). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}}, \quad (3.10)$$

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

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

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

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

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

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p, \quad (3.11)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 3.23.

Таблица 3.23 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

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

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,4 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 = 4,6$$

$$I_{p-исп2} = 3 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,4 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,15 = 3,4$$

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

Список публикаций студента

1. Седлецкая В.В., Ширей Р.В. Определение содержания свободного оксида кальция в золошлаковых материалах Северской теплоэлектростанции// XIX Международный научный симпозиум студентов и молодых ученых имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» 13 секция, 1 подсекция, Россия, Томск, 6-10 апреля 2015 г.

2. Ширей-Седлецкий Р.В., Ширей-Седлецкая В.В. Исследование возможности применения в строительстве золошлаковых материалов Северской теплоэлектростанции// XVII Международная научно-практическая конференция студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулева «Химия и химическая технология в XXI веке» секция 1, Россия, Томск, 17-20 мая 2016 г.

3. Ширей-Седлецкая В.В., Ширей-Седлецкий Р.В. Определение качественных показателей золы тепловых электростанций// XXI Международный научный симпозиум студентов и молодых ученых имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» 15 секция, Россия, Томск, 3-7 апреля 2017 г.

4. Ширей-Седлецкий Р.В., Ширей-Седлецкая В.В. Исследование применения золошлаковых материалов в строительстве// XXI Международный научный симпозиум студентов и молодых ученых имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» 15 секция, Россия, Томск, 3-7 апреля 2017 г.

5. Ширей-Седлецкая В.В., Ширей-Седлецкий Р.В. Определение качественных показателей золы тепловых электростанций// XVIII Международная научно-практическая конференция студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулева «Химия и химическая технология в XXI веке», 1 секция, Россия, Томск, 29 мая -1 июня 2017 г.