

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
 Отделение школы (НОЦ) Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛОШЛАКОВОГО МАТЕРИАЛА КРАСНОЯРСКОЙ ТЭЦ-2 ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТОВАРНОГО ПРОДУКТА

УДК 621.311.22:621.182.94/.95-049.7

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б6А	Сырбачев Дмитрий Борисович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	О.Ю.Ромашова	к.т.н., доцент		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	М.А.Вагнер	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Т. Г.	Доцент, к.э.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент отделения общетехнических дисциплин	О.А.Немцова	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.03.01Теплоэнергетика и теплотехника, доцент НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	А.М.Антонова	к.т.н., доцент		

Томск – 2020 г.

Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы бакалавриата, указанными в ФГОС ВПО по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные</i>	
Р1	Применять математические, естественнонаучные, инженерные, гуманитарные, социально-экономические знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа <i>теплоэнергетических и теплотехнических установок, автоматизированных систем управления, средств автоматизации и контроля.</i>
Р2	Формулировать задачи в области <i>теплоэнергетики и теплотехники, автоматизированных систем управления, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.</i>
Р3	Проектировать <i>теплоэнергетические и теплотехнические системы, автоматизированных систем управления и их компоненты.</i>
Р4	Планировать и проводить испытания и экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния <i>систем теплоэнергетики и теплотехники, автоматизированных систем управления, их оборудования, интерпретировать данные и делать выводы.</i>
Р5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области <i>теплоэнергетики и теплотехники, автоматизированных систем управления</i>
Р6	Применять практические знания принципов и технологий <i>теплоэнергетической и теплотехнической</i> отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
<i>Универсальные</i>	
Р7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>теплоэнергетики и теплотехники.</i>
Р8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>теплоэнергетики и теплотехники.</i>
Р9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области <i>теплоэнергетики и теплотехники.</i>
Р10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
Р11	Учитывать социальные, правовые и культурные аспекты, вопросы охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности при осуществлении комплексной инженерной деятельности в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i>
Р12	Непрерывно самообучаться и совершенствовать свои компетенции в области <i>теплоэнергетики и теплотехники.</i>

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

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
 Отделение школы (НОЦ) Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ А.М. Антонова
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Б6А	Сырбачеву Дмитрию Борисовичу

Тема работы:

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛОШЛАКОВОГО МАТЕРИАЛА КРАСНОЯРСКОЙ ТЭЦ-2 ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТОВАРНОГО ПРОДУКТА	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.02.2020, № 59-89/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	1 июня 2020 года
--	------------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Целью исследования является оценка возможности использования золошлаков Красноярской ТЭЦ-2, складированных на золоотвале, с целью производства товарного продукта. Объектом исследования в работе являются технологии утилизации золы с получением товарного продукта. Предметом исследования выступают факторы, определяющие возможность широкого применения технологий использования золошлаков, складированных на золоотвале №2 Красноярской ТЭЦ-2, для получения товарного продукта.</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Анализ существующей схемы золошлакоудаления. 2. Обзор возможного использования ЗШМ Красноярской ТЭЦ-2 с целью получения товарного продукта (по составу ЗШМ) 3. Описание технологической схемы производства ЗШМ Красноярской ТЭЦ-2 4. Техническая характеристика и обзор отдельных примеров 5. Расчет отдельного проекта. Расчет количества золы, поступающей на золоотвал №2. 6. Анализ проблем, связанных с реализации готовой продукции. <p>Заключение</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Чертеж технологической схемы переработки золы и шлака.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент</p>	<p>Т. Г.Трубченко, доцент ОСГН ШБИП</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>О.А.Немцова, ассистент отделения общетехнических дисциплин</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>01.12.20</p>
--	-----------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ</p>	<p>О.Ю.Ромашова</p>	<p>к.т.н., доцент</p>		<p>01.12.20</p>
<p>Ст. преподаватель НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ</p>	<p>М.А.Вагнер</p>	<p>-</p>		<p>01.12.20</p>

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>5Б6А</p>	<p>Сырбачев Дмитрий Борисович</p>		<p>01.12.20</p>

Реферат

Выпускная квалификационная работа 105 с., 11 рис., 28 табл., 40 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: золоотвал; зола; золошлакоматериалы; ЗШО; теплоэнергетика; экология; переработка золы и шлака; утилизация отходов ТЭС; ash dump; ashes; ash; thermal power plant.

Объектом исследования в работе являются технологии утилизации золы с получением товарного продукта.

Целью выпускной квалификационной работы является выполнение аналитического обзора литературных данных по использованию золошлаковых отходов, складированных на золоотвале №2 Красноярской ТЭЦ -2, с целью производства товарного продукта.

В процессе исследования проводился аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области.

В результате исследования разработана технологическая схема переработки золы и шлака в продукт для дальнейшего использования в отрасли производства строительных материалов.

Степень внедрения: частичная.

Область применения: в практике эксплуатации угольных тепловых электростанций.

Экономическая эффективность и значимость в работе: увеличение качества утилизации промышленных отходов ТЭС и использовании их в коммерческих целях.

Обозначения и сокращения.

ЗШО – отход «Золошлаковая смесь от сжигания углей практически неопасная», образующийся в результате работы станции (сухая зола из электрофильтров котлоагрегатов и осушенные золошлаки из золоотвала №1, складированные совместно по существующей схеме на золоотвале №2).

ВМР – отходы производства и потребления, образующиеся в народном хозяйстве, для которых существует возможность повторного использования непосредственно или после дополнительной обработки.

ЗШМ – «Материал золошлаковый, получаемый в результате деятельности Красноярской ТЭЦ-2.

Пульпа – смесь золы и шлаков, образованных в результате термохимических превращений неорганической части топлива (угли Бородинского разреза Канско-Ачинского угольного бассейна) при сгорании в топках котлов Красноярской ТЭЦ-2, с водой.

БГЗП – безобжиговый зольный гравий, продукт совместной переработки золы и шлака.

ШПУ – шлакоприемное устройство.

КТЭЦ-2 – Красноярская ТЭЦ-2

Оглавление

Введение.....	10
Раздел 1. Анализ существующей схемы золошлакоудаления	12
1.1 Общие положения	12
1.2 Общая схема золошлакоудаления Красноярской ТЭЦ-2.....	13
1.3 Схема золошлакоудаления золоотвала №1	15
1.4 Схема золошлакоудаления золоотвала №2.....	16
Раздел 2. Обзор возможного использования ЗШМ Красноярской ТЭЦ-2 с целью получения товарного продукта.....	18
2.1 Область применения ЗШМ	18
2.2 Получение бетонов и их растворы из ЗШО	22
2.3 Строительство автомобильных дорог	28
2.4 Применение в качестве минеральных удобрений для почвы.	30
Раздел 3. Описание технологических схем производства ЗШМ	34
3.1 Производство строительных материалов	34
3.2 Производство ЗШМ для дорожного строительства	38
3.3 Производство ЗШП для минеральных удобрений	39
Раздел 4. Оборудование для переработки ЗШО	42
4.1 Смесительно-грануляционное оборудование.....	42
4.2 Помольное оборудование	45
4.3 Смесительно-грануляционное оборудование	47
Раздел 5. Расчет проекта переработки ЗШО для Красноярской ТЭЦ-2....	48
5.1 Характеристика оборудования Красноярской ТЭЦ-2	48
5.2 Расчет дымовых газов	49
5.3. Расчет электрофильтров.....	50
5.4 Расчет готового продукта и его сопутствующих компонентов	55
Раздел 6. Анализ проблем, связанных с реализации готовой продукции..	57
6.1 Проблемы угольной энергетики	57
6.2 Тенденции развития отрасли переработки и реализации ЗШМ.	59

6.3 Основные задачи для внедрения продуктов переработки золшлаковых отходов на рынок производства строительных материалов.	61
Раздел 7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	64
Введение	64
7.1 Предпроектный анализ.....	64
7.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	64
7.1.2 Анализ конкурентных технических решений	65
7.1.3 SWOT-анализ	67
7.2 Инициация проекта	68
7.2.1 Цели и результат проекта.....	68
7.3 Планирование научно-исследовательских работ	69
7.3.1 Структура работ в рамках научного исследования	69
7.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ	69
7.3.3 Разработка графика проведения научного исследования	70
7.4 Расчет экономической эффективности	73
7.4.1 Расчет затрат на покупку оборудования	73
7.4.2 Расчет издержек предприятия	73
7.4.2.1 Расчет издержек на заработанную плату	74
7.4.2.2 Расчет издержек на расходные материалы	74
7.4.2.4 Расчет амортизационных отчислений	75
7.4.3 Расчет срока окупаемости проекта.....	76
7.4.3 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	77
Заключение по разделу	78
Раздел 8. Социальная ответственность.....	81
Введение	81
8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	82
8.2 Производственная безопасность	84
8.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов.....	84
8.2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия	85

8.2.2.1 Классификация средств защиты от производственной пыли	85
8.2.2.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте	86
8.2.2.3 Повышенный уровень вибрации	87
8.2.2.4 Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	88
8.2.2.5 Электробезопасность.....	88
8.3 Экологическая безопасность	89
8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	94
Заключение по разделу	95
Заключение	97
Список используемых источников.....	99
Приложение 1. Графический материал	104
Приложение 2. Спецификация к графическому материалу	105

Введение

В России функционируют около 172 угольные теплоэлектростанции, которые ежегодно сжигают более 123 млн тонн твердого топлива с получением конечных продуктов сгорания в виде золошлаковых отходов, складированных на открытых для окружающего мира сооружениях - золошлакоотвалах. Данные экологически опасные объекты, вследствие протекания процессов фильтрации и пыления под воздействием естественных явлений ветра, дождя и снеготаяния являются причиной повышенной опасности для здоровья людей, животного и растительного мира, почвы, атмосферного воздуха, водных источников [1].

Проблема огромного количества сооружений для складирования золы и шлака с уже имеющимися и ежегодно образующимися промышленными отходами, которые занимают более 28 тыс. га земель страны, касаются, как и экологической, так и экономической безопасности России. По данным на начало 2019 г. объем накопленных золошлаковых отходов в России превысил 1,5 млрд тонн. В будущем, с учетом ежегодного складирования ЗШО в границах 22– 23 млн тонн в год, к 2030 г. объем отходов может превысить 2 млрд тонн. По оценкам специалистов, вложения в строительство одного золоотвала, при выполнении всех регламентирующих требований, составляют ориентировочно в пределах от 2 до 10 млрд руб., ко всему прочему расходы на размещение 1 тонны отходов достигают порядка 5 - 7 % от себестоимости производства электрической и тепловой энергии [1].

Современные проблемы переработки золошлаковых отходов зачастую поднимаются на всех уровнях власти: на общегосударственном уровне, ведомственном и корпоративном. В феврале 2019 года Комитетом по энергетике Государственной думы РФ было устроено собрание на тему «Законодательное регулирование использования золошлаковых отходов угольных ТЭС». В ходе этого заседания было озвучено мнение, что несмотря на то, что актуальная проблема утилизации и полезного использования ЗШО, которая связана с экономикой и экологией страны, обсуждается уже почти 20

лет, проблема продолжает оставаться одной из животрепещущей в энергетической отрасли. Ситуация с переработкой и применением ЗШО в промышленности фактически не улучшается так, как использование золошлаков находится на минимальном уровне, а именно: меньше 2,5 млн тонн в год или не более 10 % от объема годового выхода отходов. В рамках брифинга было подчеркнуто, что лишь в ряде регионов: Новосибирской, Кемеровской и Иркутской областях уже имеются практические результаты по эффективной утилизации и переработке золы и шлака, их применению в качестве сырья и материалов в отраслях строительства, сельского хозяйства и изготовлении строительной продукции. Политики круглого стола выразили единогласное мнение, что обеспечение повышения случаев использования отходов ТЭС в правовом поле должно задевать, помимо ответственности энергетических компаний за эффективное сокращение накопленных отходов, еще и политику по продвижению комплекса мер по созданию условий устойчивого рынка сбыта, созданию регламентов, стандартов и научно-технической документации, а также стимулирование поставщиков ЗШО к увеличению их применения в промышленности. Использование этих мер в вопросе утилизации золошлаковых отходов позволит колоссально уменьшить их количество на золоотвалах и не допустить их дальнейшего складирования на сооружениях [2].

Предметом исследования выступают факторы, определяющие возможность широкого применения технологий использования золошлаков, складированных на золоотвале №2 Красноярской ТЭЦ-2 для получения товарного продукта.

Раздел 1. Анализ существующей схемы золошлакоудаления

1.1 Общие положения

Основным видом деятельности промышленного предприятия Красноярская ТЭЦ - 2 является производство, отпуск в сеть тепловой и электрической энергии в соответствии с диспетчерскими графиками электрических и тепловых нагрузок в энергосистеме «Красноярская генерация».

Красноярская ТЭЦ-2 состоит из двух промышленных площадок. Первая (основная) промышленная площадка предприятия находится в Свердловском районе г. Красноярска на правом берегу реки Енисей. Установленная электрическая мощность Красноярской ТЭЦ-2 – 465 МВт, установленная тепловая мощность 1 405 Гкал/ч. Основным топливом для Красноярской ТЭЦ-2 является уголь Ирша-Бородинского разреза. Осуществление технологического преобразование исходного сырья в ЗШМ и продукт переработки предполагается проводить с использованием ресурсов золоотвалов №1,2 Красноярской ТЭЦ-2.

Объект складирования отходов и продуктов переработки - золоотвал №2 расположен в Российской Федерации, Красноярская область, г. Красноярск, в 966 м от главной промышленной площадки № 1 Красноярская ТЭЦ-2, в отработанном карьере известняка «Цветущий лог», южнее эксплуатирующего золоотвала №1, в области северного склона Торгашинского хребта.

Золоотвал № 2 сооружен по рабочему проекту ««Резервное складирование золошлаков Красноярской ТЭЦ-2 в карьере «Цветущий лог» (в насыпь)», спроектированного проектно-изыскательным институтом «Красноярскгидропроект» в 1994 г.

В 2008 г. Красноярским филиалом «Красноярскгидропроект» ОАО «Сибирский ЭНТЦ» выполнена корректировка рабочего проекта «Резервное складирование золошлаков Красноярской ТЭЦ-2 в карьере «Цветущий лог» (в насыпь)». В проекте выполнено обоснование вывода золоотвала №2 из категории гидротехнических сооружений, предложена технология

складирования обезвоженных золошлаков и сухой золы, разработаны мероприятия по исключению их пыления.

Планируемым местом реализации намечаемой деятельности – производства ЗШМ и продуктов переработки, а также складирования переработанного материала являются территории, расположенные в границах промышленных площадок, действующих золоотвалов №1,2 Красноярской ТЭЦ-2 [3].

1.2 Общая схема золошлакоудаления Красноярской ТЭЦ-2

Существующая схема золошлакоудаления (рис. 1) Красноярской ТЭЦ-2 состоит из системы улавливания золы и удаления шлака, транспортировки золошлаков системой ГЗУ, сооружения для отвода и возврата осветленной воды в систему ГЗУ, золоотвал №1, золоотвал №2, включая разводящие золошлакопроводы и пульповыпуски, дренажные устройства [3].

Система внешнего золошлакоудаления Красноярской ТЭЦ-2:

- 1) Для котлов БКЗ-420-140 ПТ1 ст.№1, 2, 3 – гидравлическая, обратная, отдельная для золы и шлака.
- 2) Для котлов БКЗ-500-140 ст.№4, 5, 6 – гидравлическая, обратная, совместная для золы и шлака.

Котлы оборудованы двумя системами пылеприготовления, каждая система включает в себя бункер сырого угля, скребковый питатель типа СПУ-900/5000, молотковую мельницу ММТ2000/2590/730 с инерционным сепаратором, пылевой циклон, бункер пыли и мельничный вентилятор ВМ-

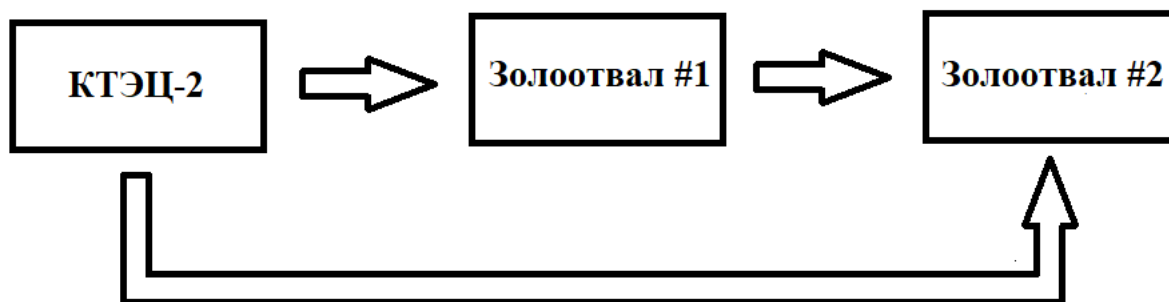


Рисунок 1 - Схема золошлакоудаления Красноярской ТЭЦ-2

160/850Ц. Очистка дымовых газов за котлом осуществляется в пятипольном электрофильтре типа ЭГА 2-76-12-6-4 с эффективностью улавливания 99%.

Сухая зола от котлов БКЗ-420-140 ПТ1 и БКЗ-500-140, уловленная в электрофильтрах котлоагрегатов, системой пневмозолоудаления транспортируется в бункер выдачи золы, откуда производится отгрузка в автомобильный транспорт с последующей транспортировкой на золоотвал №2 (рис. 2).

На рисунке 2 представлена план-схема общего золошлакоудаления при эксплуатации золоотвалов №1, 2 Красноярской ТЭЦ-2.

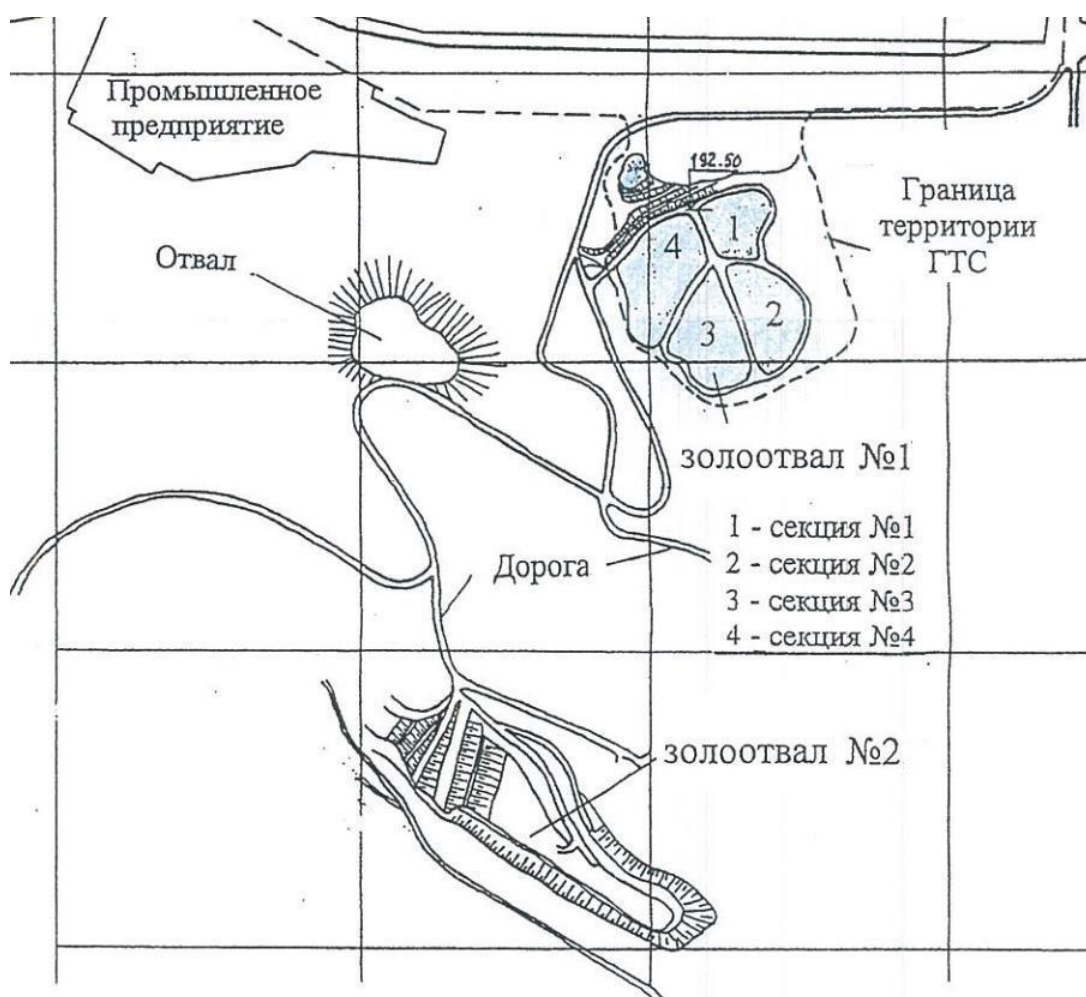


Рисунок 2 - План-схема золоотвалов №1, 2 Красноярской ТЭЦ-2 [3]

1.3 Схема золошлакоудаления золоотвала №1

Золоотвал №1 – гидротехническое сооружение II-го класса, овражного типа, расположенный в 400 м от промплощадки ТЭЦ-2, в пределах отработанного карьера.

Золоотвал состоит из четырех секции, которые поделены насыпными дамбами. Основными секциями являются вторая и третья, емкостями 83 тыс. м³ и 78 тыс. м³ соответственно, которые предназначены для постепенного заполнения золошлаками. Данный вид проектировки осуществляет цикл работы золоотвала в 1 год. Также, Золоотвал №1 включает в себя первую промежуточную секцию (объем секции – 51 тыс. м³), которая обеспечивает обратное водоснабжение системы ГЗУ при отключении из работы четвертой секции (объем секции – 51,3 тыс. м³) и бассейна осветленной воды.

Из основных секций по четырём трубам Д300 происходит слив воды в промежуточные секции, а оттуда вода уже направляется в бассейн осветленной воды. Далее, осветленная вода из бассейна самопроизвольно поступает по двум металлическим трубопроводам Д630, через два шахтных водосброса, в камеру переключений, которая расположена вначале дамбы. По металлической трубе диаметром 500 мм, через единичный шахтный водосброс, осуществляется слив воды из промежуточной секции. В завершении всего, по трем трубопроводам диаметром 500 мм вода из камеры направляется во следующую камеру переключений, где в конечном итоге вода подается на всос насосов в главный корпус.

Между дамбой и автодорогой расположен пруд осветленной воды. По трем трубопроводам Д500 вода из пруда через перемычки второй камеры переключений поступает в цех. В пруд профильтрованная вода поступает из трех источников: через дамбу, через дренаж осветленной воды диаметром 500 мм из первой камеры переключений, через аварийный перелив из бассейна осв. воды диаметром 630 мм. Пруд в системе золошлакоудаления золоотвала №1 является аварийной емкостью. С целью предотвращения попадания в емкости водосбросов посторонних предметов и золы пленки, вокруг них

предусмотрены плавающие запани. Расход осветлённой воды через водоводы составляет около 1000 м³/ч.

На золоотвал №1 поступление золы и шлака осуществляется по пульпопроводу. При помощи трех багерных насосных станций, расположенных в главной части КТЭЦ-2, происходит наполнение золоотвала. В каждой из станций работают по три багерных насоса типа ГРТ-800/71, в некоторых случаях установлены насосы типа ГраТ-900/71. Три золопровода внешним диаметром 400 мм обеспечивают трансфер золы от багерной насосной №2 на золоотвал. Такой же один пульпопровод проложен и от багерной №3. По двум шлакопроводам диаметром 340 мм происходит перекачивание шлаковой пульпы от багерной насосной №2 на шлакоприемное устройство, которое расположено у подножия дамбы. По аналогичной схеме, с помощью двух шлакопроводов, шлаковая пульпа перекачивается и от первой багерной №1.

С помощью трех насосов типа Д 630-90 и 1Д 630-90-УХЛ4 осуществляется откачка воды по трубопроводу Д340 и перемещается в бассейн секции №1, шлак отгружается потребителям. Существует возможность переключения работы шлакопроводов из багерной №1 на секции №2 или 3. Это осуществляется с помощью задвижек, которые установлены в помещении шлакоприемного устройства и реализуется одним шлакопроводом диаметром 390 мм.

От главного корпуса до ШПУ проложены по эстакаде все золошлакопроводы, и далее по дамбам между 2 и 3 секциями. В наиболее низких участках золошлакопроводов установлены лючки для слива воды для проведения монтажных работ [4-5].

1.4 Схема золошлакоудаления золоотвала №2

Когда произойдет заполнение рабочей секции золоотвала №1 золошлаковой пульпой, пульповыпуски переводят в очищенную резервную секцию. Впоследствии осушения резервной секции, осуществляется трансфер

золошлаковых отходов влажностью 80% на золоотвал №2. По существующим правилам трансфер проводится круглогодично. Цементация золошлаков при просыхании обеспечивает надежную защиту от ветровой эрозии. Высота яруса отсыпки не более 2 метров.

Золоотвал №2 оборудован дренажной системой. Вдоль ложа золоотвала по его центру на слой глины уложена дренажная труба Ду 219 мм. Дренажная труба заведена в зумпф (водосборный колодец). К зумпфу так же заведены две поперечные дренажные трубы Ду 219 мм. Водосборный колодец составляет подземную часть дренажной насосной станции.

Согласно рабочему проекту на золоотвале №2 предусмотрено экранирование дна и бортов. Однослойный экран дна золоотвала №2 выполнен водоупорным элементом, которым является слой уплотненного суглинистого грунта толщиной 1 м, защищенный сверху от повреждений слоем гравийно-песчаного грунта (фильтрующей подготовкой) толщиной 0,5 м, исполняющего роль прерывателя инфильтрационного потока. Экран бортов золоотвала №2 отсыпан суглинком, толщиной слоя 3 м. Оба экрана сопряжены между собой и препятствуют проникновению инфильтрата воды из золоотвала [5].

Раздел 2. Обзор возможного использования ЗШМ Красноярской ТЭЦ-2 с целью получения товарного продукта

2.1 Область применения ЗШМ

Опыт мировой науки и техники показал, что отходы топливно-энергетического комплекса можно использовать в различных направлениях (рис.2). Большинство количество исследований посвящено применению их в строительной индустрии, где отходы угольных ТЭС могут использоваться для производства строительных материалов, а также при реализации работ гражданского, инфраструктурного и промышленного строительства. Установлена возможность использования золошлаковых отходов в качестве минеральной добавки при изготовлении цементов. Они могут использоваться в качестве заполнителей при получении бетонов, а также при изготовлении керамических изделий, теплоизоляционных материалов. Золошлаковые отходы эффективно применяются в сельском хозяйстве с целью улучшения качества, структуры и состава почвы, для ее раскисления, а также широко распространено применение в производстве удобрений [6].

В 2015 году объем производства ЗШО в РФ составлял почти 30,4 млн тонн, несмотря на это, на рынок потребителям отгружалось всего около 4,2 млн. тонн ЗШО [7]. Наибольшее количество производства ЗШО среди российских регионов приходится на Сибирский федеральный округ (СФО), где

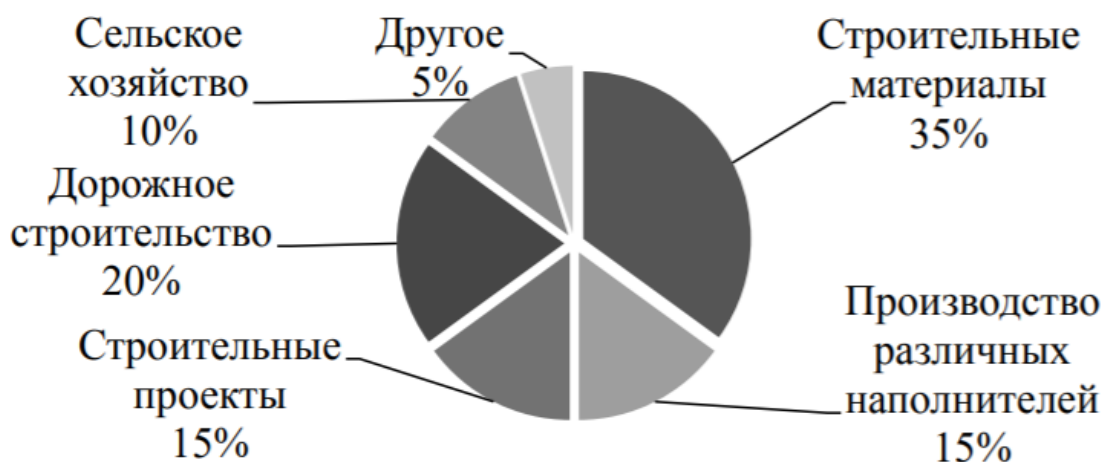


Рисунок 3 - Основные направления применения золошлаковых отходов в мире [6].

сконцентрировано 44% всей отечественной тепловой энергетики, и подавляющее большинство которой составляют угольные станции [7].

Следуя актуальным тенденциям и предопределяя перспективы, повышенный интерес, помимо представленных выше технологий сбыта ЗШО, представляет получение из золы и шлака ценных компонентов и соединений: микроэлементов, алюмосиликатных микросфер, редких металлов и других элементов [8]. Однако, для оценки направлений переработки и комплексного использования золошлаковых отходов необходимо изучить состав минеральной части сжигаемого угля, что и является одной из задач квалификационной работы. Направления использования ЗШО определяют в зависимости от их химического и вещественного состава, дисперсности, характеристик плавкости и других физико-химических свойств, технологических параметров сжигания (температура, время пребывания в зоне высоких температур и др.), а также от конструкции применяемых топочных устройств [7]. В табл. 1 представлен химический состав золы и шлака, полученных при сжигании угля Бородинского разреза на Красноярской ТЭЦ -2 [9]. В табл. 2 приведены физико – механические показатели ЗШО [3].

Таблица 1 - Химические показатели ЗШО [9]

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Значение
1	SiO ₂	%	51,0
2	Al ₂ O ₃	%	13,0
3	Fe ₂ O ₃	%	5,3
4	CaO	%	24,1
5	MgO	%	4,4
6	K ₂ O	%	0,4

Таблица 2 - Физико-механические показатели ЗШО [3]

№ п/п	Наименование показателя	Значение
1	Гранулометрический состав: - содержание фракций более 40 мм, % - содержание фракций более 30,0 мм, % - содержание фракций более 20,0 мм, % - содержание фракций 10,0 мм, % - содержание фракций 5,0 мм, % - содержание фракций 3,0 мм, % - содержание фракций 1,0 мм, %	28,0 2,0 8,0 10,0 18,0 24,0 10,0
2	Насыпная плотность, кг/м ³	880 -900
3	Коэффициент пористости	2,5 – 2,8
4	Коэффициент водонасыщения	0,33 – 0,41
5	Коэффициент фильтрации, м/сут.	8,9 – 9,5

В таблице 3 приведены технические показатели золы углей Бородинского разреза [9].

Таблица 3 - Технические показатели золы углей Бородинского разреза [9]

№ п/п	Наименование показателя	Значение
1	Марка	2Б
2	Зольность, %	8,9
3	Влага, %	32,3
4	Сера, %	0,31
5	Низшая теплота сгорания, ккал/кг	6860

В таблице 4 приведены подробные качественные показатели ЗШМ [3].

Таблица 4 - Качественные показатели ЗШМ [3]

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Значение
1	Нефтепродукты	мг/кг	< 1000
2	Хлорид-ион	мг/кг	< 0,02
<i>Валовые формы тяжелых металлов</i>			
3	Кадмий	мг/кг	< 0,5
4	Медь	мг/кг	< 33,0
5	Мышьяк	мг/кг	< 2,0
6	Цинк	мг/кг	< 2,0
7	Никель	мг/кг	< 20,0
8	Свинец	мг/кг	< 32,0
<i>Подвижные формы тяжелых металлов</i>			
9	Медь	мг/кг	< 3,0
10	Цинк	мг/кг	< 23,0
11	Никель	мг/кг	< 4,0
12	Свинец	мг/кг	< 6,0
<i>Радиология</i>			
13	Удельная эффективная активность естественных радионуклидов	Бк/кг	< 370,0
14	Удельная активность цезия-137	Бк/кг	< 0,1
15	Удельная активность стронция 90	Бк/кг	< 1,0
<i>Микробиологические показатели</i>			
16	Индекс БГКП	кл в 1 г	< 10
17	Индекс энтерококк	кл в 1 г	< 10
18	Патогенные бактерии, в т.ч. сальмонеллы	В 1 г	-

Зола и шлак представляют из себя гетерогенные смеси различных минеральных образований, которые состоят из кристаллических и стекловидных частей, т.е. отходы ТЭС не являются однородными химическими соединениями. В золе твердого топлива выделяются следующие классы минеральных примесей:

- 1) Биогенный класс (Mn, Co, Mo);
- 2) Сорбционный класс (Ca, Al, Mg, Fe);
- 3) Конкреционный класс (CaCO_3 , MgCO_3 , FeS_2 , $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$);
- 4) Терригенный класс (полевой шпат, кварц, глина, апатит, слюда, циркон);
- 5) Инфильтрационный класс (сульфиды металлов).

Исходя из особенностей химического состава золошлаковых отходов Красноярской ТЭЦ-2 можно сделать вывод, что доминирующая форма неорганических компонентов в низкосолевых бурых углях Канско-Ачинского бассейна (КАБ) Ирша-Бородинского разреза – органоминеральные соединения, в состав которых входит основное количество Si (51%) и Ca (24,1 %), свыше 13 % Al, значительное количество Fe (5,3 %) и Mg (4,4 %) [8].

2.2 Получение бетонов и их растворы из ЗШО

В практике применения золошлаковых отходов в строительстве используется следующая классификация:

1. Зола-уноса, которая образуется в результате сжигания углей в пылевидном состоянии. Данные золошлаковые отходы улавливаются электрофильтрами или другими устройствами золоулавливания.
2. Топливные шлаки, которые появляются при сжигании угля пылевидными способами (камерным или слоеным). В процессе сжигания протекает осаждение шлаков в нижней части топки и дальнейшая грануляция полученного расплава водой.

3. Золошлаковая смесь, которая образуется при одновременном мокром удалении уловленной золоулавливающими устройствами золы-уноса и топливных шлаков, образовавшихся в котле.

По содержанию оксида кальция золы классифицируются на основные и кислые. Основные золы – гидравлически активные золы, а кислые проявляют в большей степени пуццоланические свойства.

1. Основная зола – тонкодисперсная пыль, содержащая в своем составе оксид кальция CaO , в меньшем количестве диоксид кремния SiO_2 и оксид алюминия Al_2O_3 . Содержание оксида кальция больше 10%.

2. Кислая зола – тонкодисперсная пыль, состоящая в основном из диоксида кремния SiO_2 и оксида алюминия Al_2O_3 . Содержание оксида кальция до 10%.

В зависимости от области применения, ЗШО можно разделить на 3 группы: активные, скрыто активные и инертные. Этот показатель существенно влияет на вязкость строительного материала. Активные золы являются самостоятельными вяжущими веществами, что дает возможность не использовать дополнительные затвердевающие компоненты, а значит снизить расход строительного материала. Две оставшиеся группы зол нуждаются в дополнительных активаторах твердения. Как правило, такие золы кислые [13].

При $M_o > 1$ золошлаки основные – обладают вяжущими свойствами; при $M_o < 1$ золошлаки кислые – могут служить гидравлической добавкой [10].

Исследуем золу Красноярской ТЭЦ-2, рассчитаем модуль основности по формулам 1-3 [14]:

$$M_o = \frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3} = \frac{24,1 + 4,4}{51 + 13} = 0,44 \quad (1);$$

Рассчитаем модуль силикатный:

$$M_c = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3} = \frac{51}{13} = 3,92 \quad (2);$$

Рассчитаем коэффициент активности:

$$K = \frac{CaO + MgO + Al_2O_3}{SiO_2} = \frac{24,1 + 4,4 + 13}{51} = 0,81 \quad (3);$$

В результате расчета, золошлаковые отходы Красноярской ТЭЦ-2 являются скрыто активными (табл. 5). Золошлакоотходы – кислые.

Таблица 5 - Классификация ЗШО [10]

Химические свойства		ЗШО		
		активные	скрыто активные	инертные
Показатели качества	M_o – модуль основности	0,5 – 2,8	0,1 – 0,5	< 0,1
	M_c – модуль силикатный	1,5 – 7,8	1,4 – 3,6	1,3 – 3,2
	K – коэффициент активности	1,0 – 3,6	0,5 – 1,3	0,4 – 0,9
Формы кальция	$CaO_{общ}$, % диапазон	20,0 – 60,0	5,0 – 20,0	0,5 – 5,0
	$CaO_{своб}$, % диапазон	0,0 – 30,0	0,0 – 2,0	0,0 – 1,0
	$CaO_{сульф}$, % диапазон	0,5 – 9,0	0,2 – 2,0	0,1 – 1,6
	$CaO_{карб}$, % диапазон	15,0 – 45,0	5,0 – 15,0	0,0 – 5,0

При изготовлении бетонных смесей и строительных растворов золаунос и золошлаковая смесь, образующая на ТЭС при пылевидном сжигании, используется в качестве минеральной добавки, которая частично заменяет цемент, также возможен вариант использование золы для полной или частичной замены крупного и мелкого заполнителя. Весьма эффективно использовать отходы ТЭС в бетонах низких классов, особенно в бетонах, которые применяются для строительства фундаментов, оснований и плотин. Обычно, при производстве бетона, на 1 м³ бетонно смеси приходится от 30 до 90 кг золошлаковой смеси.

Для того, чтобы можно было применять отходы ТЭС в производство бетонов и строительных растворов необходимо, чтобы химические показатели

золы-унос удовлетворяли требования ГОСТ 25818–91 [11], золошлаковой смеси – ГОСТ 25592–91 [12].

Данный стандарт относится к золе-унос, применяемой в качестве одного из элементов для производства бетонов (ячеистых, тяжелых, легких) и строительных растворов. Также, золу-унос возможно применять в качестве мелкодисперсного элемента для изготовления жаростойких бетонов и вяжущего компонента.

По виду твердого топлива золу-унос классифицируют: буроугольные – при сжигании бурых углей; каменноугольные, которые образуются при сжигании каменного угля; антрацитовые, которые образуются при сжигании тощего каменного угля, антрацита и полуантрацита. Исследуя химический состав топлива, можно подчеркнуть, что кислая зола чаще всего приходится на каменные, бурые и антрацитовые угли, причем содержание оксида кальция по массе составляет до 10 %. Основные золы зачастую связаны с буроугольным топливом, в котором содержание оксида кальция составляет свыше 10 %.

Несмотря на это, данная классификация не отражает полной картины особенностей химического состава золы бурого угля с высоким содержанием CaO. Вследствие этого, для золы бурого угля с содержанием CaO более 40% вводят дополнительный тип золы-унос – высокоосновный.

Качественные показатели золы-унос подразделяют на 4 группы:

I группа – изделия из тяжелого и легкого бетона и железобетонные конструкции; II группа – изделия из тяжелого и легко бетона или строительных растворов и бетонные конструкции; III группа – изделия и конструкции из ячеистого бетона; IV группа – бетонные и железобетонные изделия и конструкций, которые применяются в области строительства [15].

Основные преимущества применения золы-унос для изготовления бетонов и строительных растворов: уменьшение расхода цемента и других крупных или мелких заполнителей бетонов, улучшение производственных свойств бетонных и растворных смесей, повышение качества конечного продукта. Использование кислых зол распространено в области производства

ячеистых бетонов в качестве кремнеземистых компонентов золошлаковой смеси. Также, главным преимуществом использования кислых зол является экономия цемента в неавтоклавных бетонах.

Применение основных зол с содержанием оксида кальция менее 30 %: в качестве минеральной добавки в цементе; при производстве вяжущего компонента для строительных бетонов; в качестве вяжущего компонента для замещения цемента или извести при производстве ячеистых бетонов автоклавного и неавтоклавного твердения.

Использование кислой золы в конструкционно-теплоизоляционных подразумевает частичную или полную замену пористых песков с целью снижения плотности бетона.

Оптимальное содержание золы в тяжелых, легких, ячеистых бетонах и строительных растворах устанавливаются в результате подбора составов на конкретных материалах при условии обеспечения требуемых показателей качества бетона и раствора в изделиях, конструкциях и коррозионной стойкости арматуры. В целях обеспечения коррозионной стойкости ненапрягаемой арматуры в железобетонных конструкциях, эксплуатируемых в неагрессивных средах, содержание кислой золы в бетоне не должно превышать по массе расход портландцемента. Возможность увеличения содержания золы в бетонах устанавливаются после проведения исследований по коррозионной стойкости арматуры, деформативным свойствам и долговечности бетонов, выполненных на конкретных материалах [15].

Физико-химические показатели золы-унос для изготовления строительных бетонов и растворов должны соответствовать параметрам, которые указаны в табл.5. Золы-унос в смеси с портландцементом должны обеспечивать равномерность изменения объема при кипячении в воде, основные золы III вида – в автоклаве.

Используя золошлаковую смесь в качестве заполнителя жаростойкого бетона, необходимо чтобы ее химические свойства соответствовали следующим требованиям: сумма оксидов SiO_2 и Al_2O_3 должна быть не менее

75 %, в том числе оксида SiO_2 – не менее 40 %; количество сульфатов в пересчете на SO_3 – не более 3 %, совокупность свободных CaO и MgO – не более 4 %, потери массы при прокаливании – не более 5 %. Исключено загрязнение золошлаковой смеси другими материалами, которые способны снизить эксплуатационные свойства или быть причиной разрушения бетона после нагрева (известняк, гранит, доломит, магнезит и др.) [15].

Таблица 6 - Требования к золам-унос ТЭС для строительных бетонов и растворов (ГОСТ 25818-91) [15].

№ п/п	Наименование показателя	Вид угля	Значение показателя для виды золы			
			I	II	III	IV
1	Содержание оксида кальция, масса, %	Бурый	10	10	10	10
2	Содержание оксида магния, масса, %, не более	Для всех	5	5	-	5
3	Содержание сернистых и сернокислых соединений в пересчете на SO_3 , масса, %, не более	Для всех	3	5	3	3
4	Содержание щелочных оксидов в пересчете на Na_2O , масса, %, не более:	Бурый	3	3	13	1,5
5	Потери массы при прокаливании, масса, %, не более:	Бурый	3	5	5	2
6	Удельная поверхность, $\text{m}^2/\text{кг}$, не менее:	Бурый	250	200	150	300
7	Остаток на сите № 008, масса, %, не более:	Бурый	20	20	30	15

Недостатками золы и шлака в составе бетонных смесей являются: негоревшие частицы твердого топлива, соединения серы, свободные оксиды кальция и магния (крупнокристаллическом или пережженном состоянии), оксиды щелочных материалов. Помимо этого, отрицательные воздействия на

свойства бетона оказывает наличие неустойчивых фаз в золошлаковых отходах, которые склоняют к разрушению частиц золы или гранул шлака из-за объемных изменений необожженного глинистого вещества, присутствующего в шлаках низкотемпературного сжигания. Глинозем другой разновидности (дегидратированный) способен к регидратации и вызывает объемные изменения шлака. Также, Вредное влияние на деформационные свойства строительных материалов и изделий на основе золошлаков оказывают сульфиды железа, окисляющиеся при совместном воздействии воздуха и воды [15].

2.3 Строительство автомобильных дорог

В сфере строительства автомобильных дорог золу-унос электростанций применяют для устройства укрепленных дорожных оснований и покрытий в виде активной гидравлической добавки, а именно: активного компонента смешанного вяжущего в сочетании с известью или цементом; самостоятельного вяжущего компонента с медленным твердением. Золошлаковые отходы из золоотвалов применяются: для укрепления грунтов в виде малоактивной гидравлической добавки в сочетании с цементом; компонента для строительства насыпей земляного полотна.

Целесообразность применения отходов ТЭС устанавливается в каждом отдельном случае исходя из технико-экономического обоснования, в которое входит качество золошлакового материала, экономия минерального сырья, стоимость продукта, места назначения и других факторов. Важным фактором оценки рационального использования ЗШМ для дорожного строительства является показатель морозоустойчивости, характеризующийся величиной относительного морозного пучения, который выражен в процентах и представляет собой отношение вертикальной деформации пучения при промораживании образца к его первоначальной высоте. Отходы ТЭС должны

обеспечивать необходимую устойчивость и прочность для использования ЗШМ в качестве возведения насыпей дорожного полотна.

В зависимости от величины морозоустойчивости ЗШМ классифицируют на: слабо-пучинистые – 1- 3 %, непучинистые – менее 1 %, очень пучинистые – более 10 %, пучинистые – 3-10 % [15]. Для возведения насыпей земляного полотна (без ограничений) используют золошлакоматериалы, величина относительного морозного пучения которых не превышает 3 %. Для ЗШМ со значениями морозного пучения от 3 до 10 % допускается применение в качестве отсыпки земляного полотна с осуществлением комплекса мер по поддержанию его устойчивости. Золошлаковые отходы с показателем морозного пучения свыше 10 % не используют для возведения насыпей земляного полотна.

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 (табл. 7). Наличие сернистых и сернокислых химических соединений в золе горючих сланцев, которые используются в качестве самостоятельного вяжущего с медленным твердением, допускается как исключение в количествах, не превышающих 10 %. Зола-унос в совокупности с вяжущими добавками (20 % цемента и 80 % золы) успешно выдерживает испытание на равномерность изменения объема. При обустройстве дорожных оснований на дорогах допускается применять золы-унос с удельной поверхностью не менее 160 м²/кг при условии, что содержание в них сернокислых и сернистых соединений, свободного оксида кальция и потери массы при прокаливании соответствуют указанным требованиям.

Таблица 7 - Требования к золам-унос ТЭС для использования при строительстве автомобильных дорог [15]

№ п/п	Нормируемые показатели	Требования к золе-унос
1	Содержание СаО, %	Не менее 8
н	Удельная поверхность, м ² /кг	Не менее 300
3	Содержание сернистых и сернокислых соединений, %	Не более 6
4	Потери массы при прокаливании, %	Не менее 5

При укреплении различных крупнообломочных и песчаных грунтов золами-унос, применяемыми в качестве самостоятельного вяжущего, содержание свободного СаО в золах допускается не более 25 %, а при укреплении цементом песчаных и супесчаных грунтов, а также крупнообломочных грунтов неоптимального состава, разрешается использовать золошлаковую смесь или золу-унос, которая не отвечает требованиям в табл. 7. Наряду с этим золошлаковая смесь и зола-унос необходимо содержать более 60 % частиц фракцией менее 0,071 мм и не более 5 % частиц фракцией больше 2 мм, к этому всему потери массы при прокаливании должны быть не более 10 %.

Золошлаковая смесь и золы-унос электростанций могут применяться в качестве минеральных порошков в составе асфальтобетона. При этом ЗШМ должны соответствовать следующим требованиям: по зерновому составу: содержание фракции менее 0,071 мм – 60%; пустотность – не более 45 %; водостойкость материалов из золошлаков – более 0,6; потери массы при прокаливании – менее 20 %; наличие водорастворимых соединений – менее 6%.

2.4 Применение в качестве минеральных удобрений для почвы.

Анализируя научные исследования в области применения золошлаковых отходов в качестве минеральных удобрений можно сделать

вывод, что что, для почвенных структур не существует губительных или пригодных элементов, однако существует критерии использования минеральных компонентов. Главным из этих критериев считается отсутствие радиоактивных и прочих вредных веществ, которые могут способствовать угнетению роста растений.

Другими словами - для того, чтобы продукт переработки золы и шлака был минеральным удобрением, а не источником загрязнения, содержание химических элементов должно быть ниже показателей предельно допустимых концентраций вредных веществ для почвы (табл. 7).

Повышенное содержание вредных примесей и радиоактивность является существенным критерием для запрета применения ЗШМ в сельском хозяйстве в области минеральных удобрений. Существует четыре показателя возможной опасности использования золы и шлака, складываемых на золоотвалах, в сельском хозяйстве, а именно: общесанитарный, токсикологический, водомиграционный и радиационный показатель. Рассмотрим их подробнее:

- Общесанитарный показатель вредности показывает содержание микробов в ЗШМ, которые вызывают ухудшение процесса самоочищения почвы.

- Токсикологический показатель дает информацию о степени вредного воздействия золы на почву.

- Водомиграционный показатель показывает количество токсичных компонентов золы в кислотных, ацетатаммонийных и водных вытяжках.

- Радиационный показатель дает информацию о наличии радиоактивных элементов в золе.

Рассматривая исследования, которые приведены в области использования ЗШМ в почве, можно сделать вывод о том, что применение компонентов золы и шлака в качестве минеральных удобрений улучшает качественные характеристики почвы, а именно: компоненты способствуют

пополнению микроэлементарного состава, нейтрализации повышенной кислотности почвы и улучшению ее пористости.

Российскими учеными подтверждено полезность применения золы Канско-Ачинского месторождения. Было установлено, что компоненты золы повышают урожайность сельскохозяйственных растений и культур. Ученые аргументировали этот факт тем, что зола способна к нейтрализующим свойствам для почвы, наличием в компонентах микро и макроэлементов (бор, марганец, молибден, калий, фосфор, стронций и др.), которые могут оставаться в сельскохозяйственных культурах и воздействовать на качество выращиваемых растений. Кроме этого, исследователи провели изучение валового содержания необходимых компонентов в золе Канско-Ачинских углей, вследствие этого выяснилось, что их содержание в не превышает ПДК для почвенных структур.

Чтобы оценить возможность использования золошлаковых отходов Красноярской ТЭЦ-2, опираясь на ПДК химических веществ в почве (табл. 8), нужно:

- определить радиоактивность ЗШМ;
- подробно изучить микроэлементный состав золы;
- изучить канцерогенные свойства;

Таблица 8 - Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве [16]

№ п/п	Вещество	Величина ПДК (мг/кг)	Показатель вредности
Подвижная форма			
1	Медь	3,0	Общесанитарный
2	Цинк	23,0	Транслокационный
3	Никель	4,0	Общесанитарный
4	Свинец	6,0	Общесанитарный
5	Фтор	2,8	Транслокационный

Продолжение таблицы 8

Валовая форма			
1	Серная кислота	160,0	Общесанитарный
1	Сера	160,0	Общесанитарный
1	Мышьяк	2,0	Транслокационный
1	Марганец	1500	Общесанитарный
1	Ванадий	150	Общесанитарный
1	Свинец	32,0	Общесанитарный

Вследствие анализа химических показателей ЗШМ, можно сказать, что ЗШО Красноярской ТЭЦ-2 удовлетворяет показателям ПДК для почвы. Химический состав золы удовлетворяет всем показателям возможного использования золы и шлака для отрасли сельского хозяйства.

Раздел 3. Описание технологических схем производства ЗШМ

3.1 Производство строительных материалов

В данном исследовании рассмотрена технология переработки золшлаковых отходов тепловых электростанций для производства строительных изделий [17].

В качестве самой перспективной технологии было рассмотрено изобретение, которое относится к области переработки отходов угольных электростанции с задачей их утилизации в качестве крупного и мелкого заполнителей бетонов и прочих компонентов при изготовлении строительных материалов, а также задачей изобретения является возможность безпылевого складирования продукта переработки на отвалы.

Технологический эффект изобретения заключается в полной или частичной утилизации вторичных продуктов сгорания угольных ТЭС. Данная технология переработки золы и шлака на ТЭС может осуществляться как при жидком шлакоудалении, так и при твердом. Технология переработки осуществляется по стадиям:

На первой стадии, жидкий шлак или расплавленный твердый шлак, который образуется в результате сжигания угля при температурах 1450 – 1750 °С, вытекает из угольной летки и переводится в твердый гранулированный продукт, основой которого являются сухие, аморфные сферические частицы. Для этого происходит моментальное охлаждения расплава шлака воздушно-водяными струями при аэрогидродинамическом распылении шлаковых отходов. Давления воды и воздуха на входе в распылительное устройство поддерживают равным 0,6-0,65 МПа и 0,5 Мпа соответственно. Гранулированный твёрдый продукт из шлакового расплава получают благодаря воздействию воздушно-водяных струй со звуковой скоростью 250 – 300 м/с. Распыляющая установка или гидромонитор имеет форму сопла Лавалья. Протекание процесса с точки зрения гидрогазодинамики: работа гидромонитора, непосредственно под топочной леткой, приводит к быстрому испарению воды, которая мгновенно образующимся паром разделяет расплав

шлака на мельчайшие частицы. В совокупности с температурным перепадом при дальнейшем охлаждении в вихревом паровоздушном потоке, частицы шлака начинают приобретать стекловидную форму в виде сфер диаметром от 0,1 до 1 мм. Образующиеся сухие частицы обладают свойствами сохранения фазового состава в твердом состоянии и активной структуры расплава, которая используется на второй стадии технологического процесса изобретения.

Пар, который образуется на первой стадии при распылении водовоздушной смеси, по паропроводу направляется в пропарочную камеру на стадию термической обработки гранул золы-уноса.

Продукт переработки первой стадии технологического процесса в виде гранулированного шлака может быть самостоятельно утилизирован в качестве наполнителя для производства строительных материалов.

Задачей второй стадии технологической схемы является производство шлаковязущего порошка для применения в совместной переработке с золой-уноса. Получение порошка происходит путем тонкого помола на мельничном устройстве осушенных частиц гранулированного шлака. Помол осуществляется одновременно с добавлением активаторов твердения в виде цементного клинкера или извести, которые пробуждают вяжущие свойства у конечного материала. Для кальцийсодержащих шлаков (от сжигания бурого угля) внедрение активаторов твердения не обязательно.

На третьей стадии из бункеров последних полей электрофильтров отбирается сухая зола-унос, которая в дальнейшем смешивается со шлаковязущим порошком при добавлении воды до получения 10 % влажности от массы золошлакового материала. В дальнейшем происходит грануляция материала в зерна размером до 5 -7 мм. При грануляции, соотношение смешиваемых материалов находится в пропорции: 10 % воды от массы ЗШМ, 70 % золы-унос от массы ЗШМ, 20 % шлаковязущего материала от массы ЗШМ. Также, допустимо добавление в золошлаковую смесь небольшого количества (около 0,5 %) ускорителей отвердения гранул при их дальнейшей термической обработки. В случае использования золы-уноса от сжигания

бурых углей: для проведения процесса гидратации оксида кальция в смесители первоначально подают золу и воду, а затем перемешивают ее со шлаковязущим компонентом и гранулируют полученную золошлаковую смесь. В этом случае количество направляемой на стадии гидратации золы воды зависит от массовой доли содержания оксида кальция в золе.

На четвертой стадии происходит непрерывный процесс термической обработки влажных гранул золы-уноса с помощью отдельных процессов пропаривания гранул и комплексного охлаждения готового золошлакового продукта. В камерах пропаривания может использоваться пар, который образовался на стадии распыления водо-воздушной смеси. Параметры пропарки и охлаждения необходимо определить экспериментальным путем, в зависимости от состава рабочего топлива ТЭС и получаемой скорости конечным материалом прочности, которая достаточна для штабелирования, хранения и применения в виде безобжигового гранулированного зольного песка (БГЗП).

По предлагаемому способу переработки отходов ТЭС на смесительно – гранулирующем и помольном оборудовании возможно перерабатывать всю массу шлака и золы уноса текущего выхода, что позволит перерабатывать в БГЗП до несколько сотен тысяч тонн золошлаковых отходов.

Продукт, получаемый по описанной выше технологии (на примере полной утилизации продуктов сгорания Канско-Ачинских углей, Иршабородинского разреза) имеет следующие технические показатели, соответствующие стандартам на данный продукт:

Таблица 9 - Характеристика конечного продукта

Показатель	Величина
Плотность насыпная	800 - 1000 кг/м ³
Плотность истинная	2200 - 2400 кг/м ³
Влажность при сухом хранении	до 5,0%
Прочность	4,0 МПа

На чертеже (рис. 4) представлена принципиальная технологическая схема изобретения: 1 - жидкий шлак; 2 - зола уноса; 3 - вода и воздух; 4 - пар; 5 - вода; 6 – сопутствующие компоненты; 7 - конечный продукт; 8 – процесс сухой грануляции шлакового расплава; 9 – процесс помола на мельничном устройстве; 10 – процесс грануляции и смешения; 11 – процесс термической обработки; 12 – процесс штабелирования; 13, 14 – процесс сепарации шлака и золы-уноса;

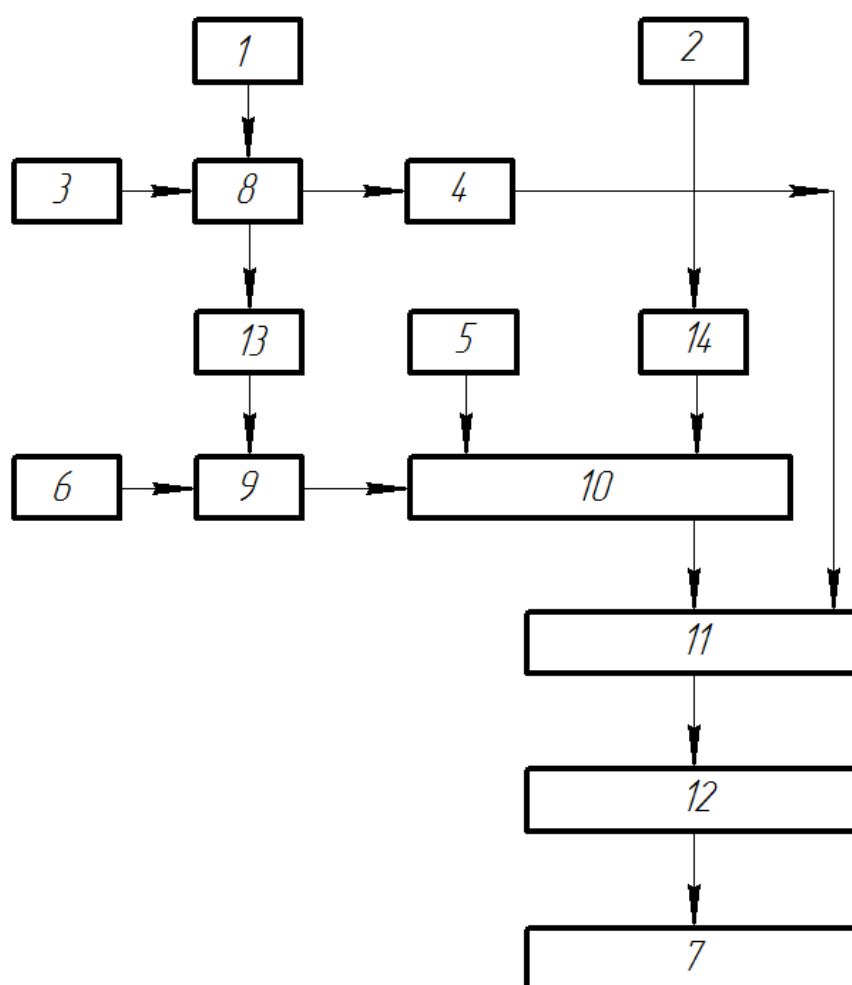


Рисунок 4 - Способ переработки золошлаковых отходов тепловых электростанций для производства строительных изделий

Получаемым результатом данной технологии переработки является обеспечение эффективной одновременной утилизации обоих побочных продуктов ТЭС - золы-уноса и всего шлака с возможным вариантом для полного отказа от их транспортировки в отвалы.

3.2 Производство ЗШМ для дорожного строительства

Производство продукта «Материал золошлаковый», получаемый в результате деятельности Красноярской ТЭЦ-2, осуществляется на площадке в пределах промышленной площадки действующего золоотвала №2 Красноярской ТЭЦ-2. Специфичной особенностью складирования золошлаков является их самоцементация при их хранении на золоотвале [3].

Преобразование ВМР в ЗШМ осуществляется в 3 этапа: перемещение ВМР на площадку производства ЗШМ, перемешивание и измельчение ВМР под давлением, транспортировка готового ЗШМ. При доведении показателей ВМР качества до требований [16] образуется ЗШМ.

Первый этап. Перемещение ВМР на площадку производства продукта в течение года осуществляется циклично, объемами 25,00 тыс. м³, при общем годовом объеме производства 100,00 тыс. м³. При этом высота навала при размещении ВМР на площадке производства продукта составит 1,65 м. При выполнении работ по перемещению ВМР на площадку производства продукта в золоотвале №2 предусматривается оставлять защитный экран для дамб (сохранные зоны) шириной 10-15 м. Границы участка разработки выделяются с помощью ограждающих устройств сплошного типа (натянутый шнур, трос и пр.). Также предусмотрено сохранение остаточного слоя ЗШО в ложе золоотвала не менее 3 м. Разработка данного слоя не предусматривается ввиду необходимости сохранения целостности экрана из суглинков.

Второй этап. Перемешивание и измельчение (усреднение) ВМР происходит под действием давления, оказываемого гусеничным бульдозером при ведении работ на площадке производства продукта. Выполнение данных работ предусмотрено с помощью гусеничных бульдозеров в количестве 2 ед.

После выполнения операций по перемешиванию и измельчению ВМР до требуемых параметров, осуществляется их контроль с целью определения соответствия произведенного материала предъявляемым к нему требованиям по физико-механическим показателям [16].

Третий этап. После подтверждения соответствия продукта установленным требованиям составляется паспорт для конкретной партии. На основании составленного паспорта производится погрузка ЗШМ с целью дальнейшей транспортировки к месту потребления. В освобожденную площадку производства продукта вновь осуществляется перемещение ВМР.

В отсутствие потенциальных потребителей производство ЗШМ не будет организовываться, и работа золоотвала №2 предусматривается в штатном режиме (размещение золошлаковых отходов) [3].

3.3 Производство ЗШП для минеральных удобрений

Рассмотрим технологию производства удобрений или мелиорантов из золошлаковой смеси (золы сухого отбора и золы-уноса) от сжигания каменного и бурого угля для химического удобрения и мелиорации почв.

Техническим результатом является расширение ассортимента удобрений и мелиорантов на основе золошлаковой смеси от сжигания твердого топлива, а также снижение себестоимости производства.

Задачей предлагаемого изобретения является создание продукта, который будет содержать в себе максимально возможное количество частиц золошлаковой смеси размером, не превышающим 1 мм, с нанесенным на поверхность этих частиц азотным удобрением, при этом конечный продукт должен представлять собой гранулированный материал крупностью 4-5 мм, обладающий механической прочностью, но при увлажнении быстро распадающийся до порошкообразного состояния [26].

Технологический процесс переработки золы и шлака:

Исходную золошлаковую смесь предварительно просеивают и сортируют по крупности. Отсев частиц крупнее 1 мм подвергают дроблению, а затем снова просеивают и сортируют. В качестве вяжущего вещества используют гипсовые производные. В случае использования в качестве источника гипсового вяжущего отходов дробления гипса, их дробят и размалывают до частиц не крупнее 1 мм. Подготовленные золошлаковую смесь и гипсовое вяжущее

смешивают в сухом состоянии в соотношении 3:2. Полученную сухую смесь затворяют 3%-ным водным раствором карбамида и тщательно перемешивают в течение 2-3 минут.

Полученную смесь, первоначально находящуюся в пластичном состоянии направляют на гранулирование. Процесс гранулирования представляет собой продавливание пластичной массы через экструдер с формующей головкой в течение 5-15 минут после смешивания порошка наполнителя с водным раствором азотного удобрения. Частота оборотов экструдера составляет 800-1000 оборотов в минуту. Диаметр отверстий формующей головки составляет 4-5 мм. Полученные гранулы досушивают на открытом воздухе в тени при температуре 15-25°C в течение 48 часов.

После контакта водного раствора азотного удобрения с частицами порошка наполнителя происходит реакция присоединения молекул воды к молекулам гипса. Часть воды при этом переходит в химически связанное состояние. Оставшаяся часть водного раствора интенсивно распределяется по поверхности частиц золошлаковой смеси. Проведение процесса грануляции обеспечивает уплотнение частиц, удаление излишков воздуха с целью придания им достаточной механической прочности для последующего внесения в почву.

При досушивании полученного удобрения большая часть воды раствора удобрения испаряется, оставшийся концентрированный раствор азотного удобрения равномерно распределяется по поверхности частиц золошлаковой смеси внутри гранул конечного продукта.

Сущность предлагаемого изобретения состоит в использовании мелкодисперсного порошка золошлаковой смеси в качестве стимулятора микробиологической активности почв, при этом он вносится в почву только в гранулированном виде (с целью дозирования вносимого количества) в процессе основной обработки.

Таким образом, получаемый продукт имеет высокое содержание золошлаковых частиц, шесть килограммов действующего вещества азотного

удобрения в 1 т гранулированного продукта. В естественно сухом состоянии гранулы размером 4-5 мм цилиндрической формы имеют прочность 5-7 МПа, дозируются и вносятся наиболее распространенными видами туковысевающих узлов серийных сельскохозяйственных орудий, вносятся на глубину 20-25 см, разрушаются до порошкообразного состояния в течение одного вегетационного периода, обеспечивают получение прибавки урожая зерновых 1-2 ц/га.

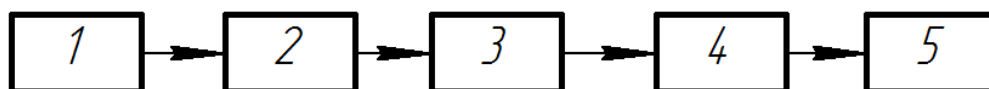


Рисунок 5 - Технологическая схема производства минеральных удобрений из ЗШО

На чертеже (рис.5) представлена технологическая схема производства минеральных удобрений из ЗШО: 1 – дробление и сортировка частиц ЗШО, 2 – смешение золошлаковой смеси с гипсом, 3 – смешивание сухой смеси с 3% раствором карбамида, 4 – гранулирование пластичной смеси, 5 – сушка гранулированного продукта.

Раздел 4. Оборудование для переработки ЗШО

4.1 Смесительно-грануляционное оборудование

В качестве оборудования для первого этапа переработки золы и шлака рассмотрим систему ОАО «ВНИИМТ», специалисты которой создали и успешно внедрили технологию грануляции различных расплавов [18]. Данная система оборудования позволит решить множество проблем, которые связаны с переработкой и утилизацией шлаков:

1. С целью наиболее эффективной вариации использования гранулированного шлака, в первую очередь как крупного или мелкого заполнителя для бетона, при работе оборудования существует возможность

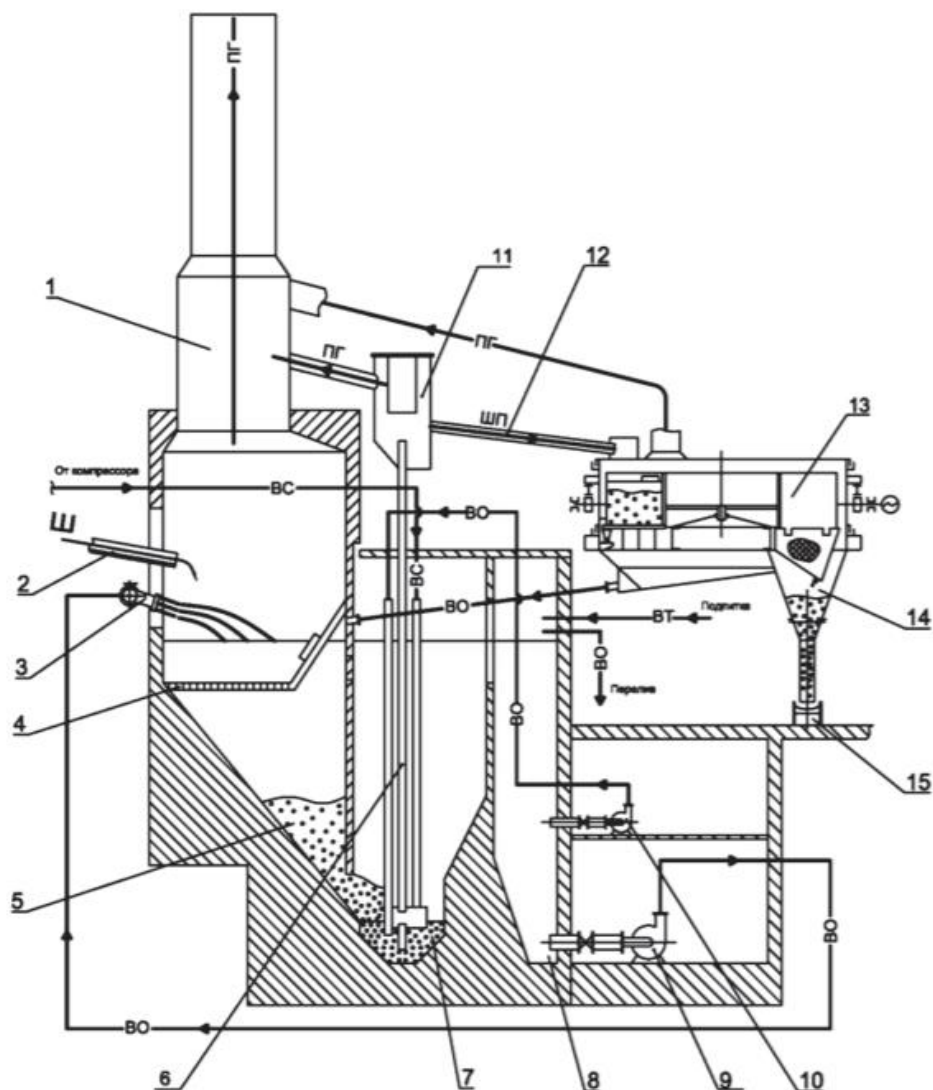


Рисунок 6 - Схема установки грануляции шлака [18]

задавать параметры (структура и фракционный состав) гранулированного шлака. Это возможно осуществить, благодаря водной технологии грануляции исходного шлака с высокой температурой расплава перед грануляцией.

2. Обеспечение максимального снижения влажности гранулированного шлака. Происходит это из-за откачки гранулированного шлака из бассейна в специальную камеру обезвоживателя при воздействии эрлифта.

Схема эксплуатации оборудования ОАО «ВНИИМТ»:

Шлак в расплавленном виде поступает по каналу 2 к сектору грануляции 3, где осуществляется процесс охлаждения шлака путем распыления его водными струями. Далее, разобщенный шлак в трехфазном состоянии подается в приемный бункер 5, который заполнен водой. В приемном бункере находится металлическая решетка, которая служит для задерживания негабаритных субстанций шлака. При погружении в воду частицы шлака охлаждаются и становятся твердыми. Образующийся в процессе грануляции пар поступает через трубопровод на следующий этап переработки (см. п 3.1.). Гранулированный шлак и вода направляются в отсек эрлифта 7 через проем в вертикальной стенке. Вода, поднимаясь по колодцу эрлифта, осветляется и переливается в камеру осветленной воды 8, в который вода подается к гидромонитору на очередной цикл грануляции с помощью специального грануляционного насоса 8. В случае блокирования проема гран шлаком, через верхнее переливное устройство, которое снабжено опускной трубой, вода направляется в колодец эрлифта. Трансфер конечного гранулированного шлака производится шлаковым эрлифтом 6, который представляет из себя вертикальную трубу, с футеровкой в виде каменного литья. Использование эрлифта для передвижения шлака аргументируется высокой надежностью оборудования, минимальной изнашиваемостью, а также обеспечение перекачки шлаковой пульпы с более высокой экономичностью, чем обычные насосы при перекачки горячей пульпы. На всасе эрлифта предусмотрен подвод воды, который необходим для взмучивания гранулированного шлака.

Отдельный насос 10 служит для забирания воды из камеры осветленной воды. Смесь воды с гранулированным шлаком, под действием вводимого в насадку эрлифта сжатого воздуха, поднимается в сепаратор 11, откуда далее следует по пульпопроводу 12 в обезвоживатель карусельного типа 13.

Основные характеристики оборудования представлены в табл. 10.

Таблица 10 - Основные характеристики установки [18]

Параметр	Ед. изм.	Величина
Максимальный выход шлака за год	Тыс. т/год	До 1400
Максимальный выход шлака за сутки	т/сут	До 3800
Количество выпусков шлака в сутки	шт	12
Объем шлака за выпуск максимальный	т	315
Расчетная производительность установки	т/ч	180
Максимальная производительность установки	т/ч	350
Расчетная производительность установки по гранулированному шлаку	т/ч	180

Обезвоживатель карусельного типа состоит из сварного корпуса цилиндрической формы, который осуществляет вращение. Корпус разделен на сегменты и снабжен поддоном и крышкой. Подача шлаковой пульпы от сепаратора эрлифта осуществляется через крышку, транспортировка паровоздушной смеси осуществляется в вытяжную трубу. Поддон служит для обеспечения сбора фильтрующей воды и ее направление в приемный бункер. Сухой гранулированный шлак из бункера (14) транспортируется по ленточному конвейеру (15) и отправляется на следующий этап переработки. Однако, при принятии решения о складировании гранулированного шлака рекомендуемый способ складирования – открытое пространство штабельного типа. Влажность граншлака возрастает по направлению к основанию штабеля. Рациональная транспортировка существенно снизит влажность шлака.

4.2 Помольное оборудование

Для размельчения гранулированного шлака (с добавлением клинкера) рассмотрим решение валковой мельницы немецкого производителя Loesche. Устройство, производительностью до 350 т/ч, предназначено для помола сырьевых материалов для производства цемента или его заменителя [19].

Принцип работы оборудования состоит в том, что исходный материал подается в мельницу через питатель 1 в центр вращающегося помольного стола 3. Перед питателем установлен магнитный сепаратор, который удаляет редкие металлические включения через отводящую трубу 2. Под действием центробежной силы материал перемещается по помольному столу и попадает под действие гидropневматических подпружиненных основных валков 4. Под ними происходит помол материала. Маленькие вспомогательные валки 5, которые располагаются перед основными, обеспечивают подготовку слоя измельчаемого материала путем его деаэрации и предварительного уплотнения. При накатывании валки поднимаются на слой материала, приходит в действие пневмогидравлическая система. Имеется ограничитель хода валков, предотвращающий металлический контакт помольного валка с помольным столом. Материал, обработанный основными валками при вращательном движении мольного стола, перемещается к внешнему краю помольного стола. С помощью жалюзийного кольца 6, которое окаймляет помольный стол, поступает горячий газ 7, подхватывающий перемолотый шлак и обеспечивает его трансфер к сепаратору 8. Из кольцевого канала скребки вычищают оставшуюся крупку шлака и подают ее в систему транспортировки. В зависимости от настройки сепаратора, происходит отсеивания помольного материала через принимающий конус 9, с помощью которого крупа шлака обратно возвращается на помольный стол для повторной обработки. Готовый продукт заданной тонины проходит через сепаратор и покидает мельницу с потоком газа 10. Желаемая температура на выходе из мельницы в пределах от 80°C до 130°C достигается уже в зоне помола. Мельница приводится в действие

с помощью планетарного редуктора 11 и электродвигателя 12. Упорный подшипник в верхней части редуктора принимает усилия валков.

Перед запуском мельницы её гидравлические валки поднимаются над помольным столом, тем самым обеспечивая пуск с минимальным пусковым моментом. Этим вертикальная мельница выгодно отличается от шаровой.

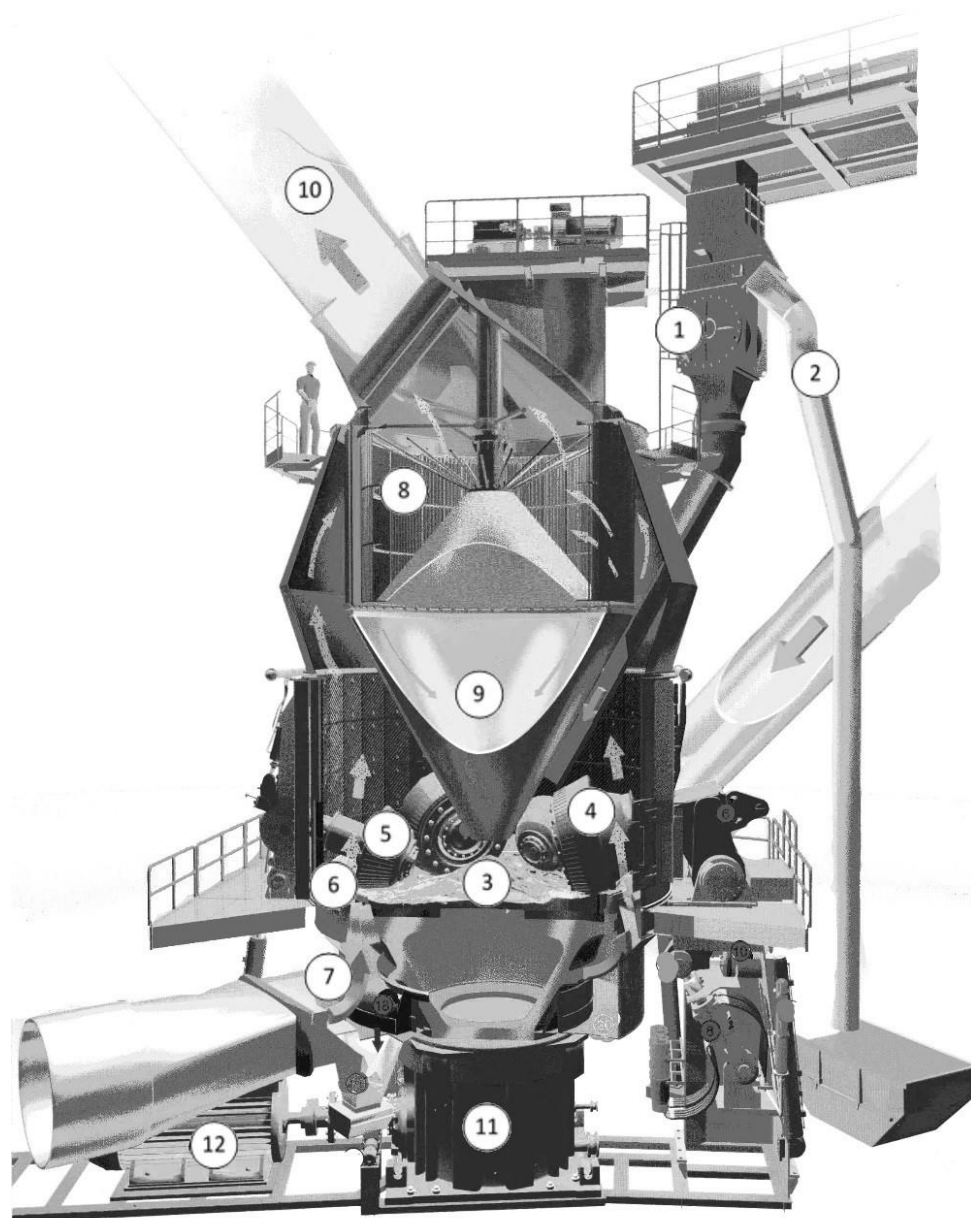


Рисунок 7 - Валковая мельница Loesche [19]

4.3 Смесительно-грануляционное оборудование

В ходе анализа оборудования, опираясь на научное исследование [20], была разработана технологическая схема (рис. 8) грануляции золошлаков ТЭС, преимущественно кислой золы-уноса в сочетании с вяжущим шлаком и пылью, образованной при дроблении горной породы, на предмет производства пористого заполнителя для конструкционных бетонов.

Грануляция золы производилась следующим образом. Зола-унос, вяжущее, пыль из расходных бункеров 5, 6, 25 через весовые дозирующие устройства 7, 8, 11 и питатель поступает в двухвальную лопастную смеситель 12. После увлажнения в смесителе она подается на тарельчатый гранулятор 17. Полученные зольные гранулы транспортируются в пропарочную камеру 20, а с нее – на барабанный 454 грохот 22 для отсева. Фракционные зольные гранулы поступают на хранение в силосные емкости 23, из которых возможна их отгрузка потребителям 24.

Подобный комплексный проект системы золошлакоудаления шлакоудаления предлагает ЗАО «ПрофЦемент-Вектор».

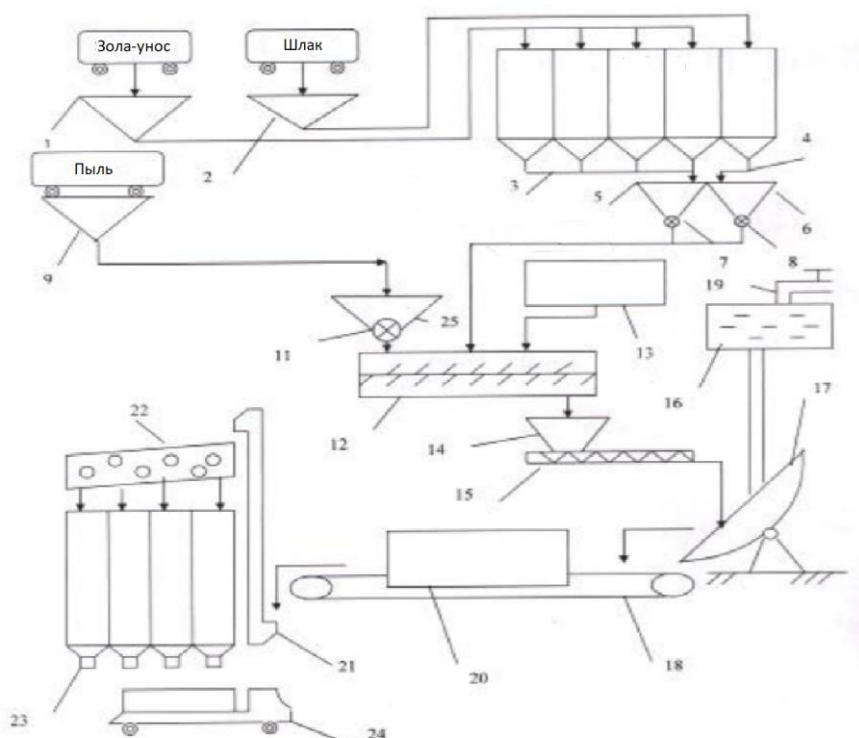


Рисунок 8 - Смесительно-грануляционный комплекс [20]

Раздел 5. Расчет проекта переработки ЗШО для Красноярской ТЭЦ-2

5.1 Характеристика оборудования Красноярской ТЭЦ-2

В состав турбоустановки КТЭЦ-2 входят четыре турбины: три турбины с теплофикационными отборами Т-110/120-130, одна турбина с теплофикационным и производственным отбором пара ПТ-135/165-130/15. Максимальная производительность теплофикационных отборов составляет соответственно 175 и 110 Гкал/ч..

Таблица 11 - Маркировки турбоагрегатов Красноярской ТЭЦ-2 [3]

Станционный №	Наименование турбоагрегата	Год ввода в эксплуатацию
1	Т-110/120-130	1979
2	Т-110/120-130	1980
3	Т-110/120-130	1982
4	ПТ-135/165-130/15	1984

В котельной части Красноярской ТЭЦ-2 эксплуатируется шесть паровых котлов, работающих на твердом угле: три котла БКЗ-420-140-ПТ1 производительностью по 420 т/ч и три котла БКЗ-500-140 производительностью 500 т/ч). Котлы объединены поперечными связями и вырабатывают пар давлением 13,5 МПа и температурой 555 °. В зимнее время года в пиковой котельной работают два пиковых водогрейных котла ПТВМ-180 максимальной производительностью по 135 Гкал/ч каждый

Таблица 12 - Маркировки котельных агрегатов Красноярской ТЭЦ-2 [3]

Станционный №	Наименование котельного агрегата	Год ввода в эксплуатацию
1	БКЗ-380-140	1979
2	БКЗ-380-140	1980
3	БКЗ-380-140	1982
4	БКЗ-500-140	1984
5	БКЗ-500-140	1985
6	БКЗ-500-140	2002

5.2 Расчет дымовых газов

Для Красноярской ТЭЦ-2 с электрической мощностью $N_э = 465$ МВт, тепловой мощностью $Q_т = 1405$ Гкал/ч, удельными расходами топлива на выработку электроэнергии и теплоты [22]:

$$b_{тэ} = 130,6 \frac{\text{кг у. т.}}{\text{Гкал}},$$

$$b_{ээ} = 276,8 \frac{\text{г у. т.}}{\text{кВтч}}.$$

Также, известны параметры: состав сжигаемого топлива (табл. 11), дисперсионный состав золы (табл. 2) и температура уходящих из котлов дымовых газов.

Таблица 13 - Расчетные характеристики топлива [23]

Месторождение	Марка	A ^R	S ^R	C ^R	H ^R	O ^R	N ^R	W ^R	Q _H ^P
Ирша- Бородинского	2Б	%	%	%	%	%	%	%	$\frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$
		7,4	0,2	42,6	3,0	13,2	0,6	33,0	15,28

Определяем расход условного топлива на выработку электроэнергии по формуле:

$$B_э = \frac{1000 * b_{ээ} N_э}{3600} = \frac{1000 * 465 * 276,8}{3600} = 35,73 \frac{\text{кг у. т.}}{\text{с}}.$$

Определяем расход условного топлива на выработку теплоты по формуле:

$$B_т = \frac{b_{тэ} Q_т}{3600} = \frac{1405 * 130,6}{3600} = 50,97 \frac{\text{кг у. т.}}{\text{с}}.$$

Суммарный расход условного топлива:

$$B_{у.т} = B_э + B_т = 35,73 + 50,97 = 86,7 \frac{\text{кг у. т.}}{\text{с}}.$$

Суммарный расход натурального топлива:

$$B = B_{у.т} * \frac{29,3}{Q_H^P} = 86,7 * \frac{29,3}{15,28} = 166,25 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Находим объем дымовых газов перед дымоуловителем по формуле:

$$V_{\text{дг}} = V_0^{\text{г}} B \frac{t_{\text{гд}} + 273}{273}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}},$$

где теоретическое количество сухого воздуха, необходимое для сгорания топлива:

$$\begin{aligned} V_0 &= 0,089(C^p + 0,375S^p) + 0,265H^p - 0,033O^p = \\ &= 0,089 * (42,6 + 0,375 * 0,2) + 0,265 * 3,0 - 0,033 * 13,2 \\ &= 4,157 \frac{\text{нм}^3}{\text{кг}}, \end{aligned}$$

теоретический объем азота:

$$V_{N_2O} = 0,79V_0 + 0,008N^p = 0,79 * 4,157 + 0,008 * 0,6 = 3,332 \frac{\text{нм}^3}{\text{кг}},$$

теоретический объем трехатомных газов:

$$\begin{aligned} V_{R_{O_2}} &= 1,866 * (C^p + 0,375S^p) 10^{-2} = 1,866 * \frac{(42,6 + 0,375 * 0,2)}{100} \\ &= 0,796 \frac{\text{нм}^3}{\text{кг}}, \end{aligned}$$

объем водяных паров:

$$\begin{aligned} V_{H_2O} &= 0,111H^p + 0,0124W^p + 0,0161V_0 + 0,016(\alpha - 1)V_0 = \\ &= 0,111 * 3,0 + 0,0124 * 33,0 + 0,0161 * 4,157 + 0,016 \\ &\quad * (1,4 - 1) * 4,157 = 0,835 \frac{\text{нм}^3}{\text{кг}}, \end{aligned}$$

удельный объем дымовых газов:

$$\begin{aligned} V_0^{\text{г}} &= V_0(\alpha - 1) + V_{N_2O} + V_{R_{O_2}} + V_{H_2O} = \\ &= 4,157 * (1,4 - 1) + 3,332 + 0,796 + 0,835 = 6,625 \frac{\text{нм}^3}{\text{кг}}. \end{aligned}$$

Тогда объем дымовых газов перед дымоуловителем:

$$V_{\text{дг}} = 6,625 * 166,25 * \frac{158 + 273}{273} = 1738,85 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

5.3. Расчет электрофильтров.

Определение средней напряженности электрического поля [24].

Из пункта 2.1 (табл. 1) определяем алюмосиликатный состав золы КТЭЦ-2:

$$\text{Si}_2\text{O}_3 = 51\%,$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 13\%.$$

Определим K_ϕ :

$$K_\phi = \frac{(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Si}_2\text{O}_3)A^r}{(W^r + 9 * H^r)S^r} = \frac{(13 + 51) * 27}{(33 + 9 * 3,0) * 0,2} = 144.$$

По справочным данным [24] определяем:

Скорость газа:

$$U_{\text{дг}} = 1,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Напряженность полей электрофильтров:

$$E = 240 \text{ кВт.}$$

Коэффициент ОК:

$$K_{\text{ок}} = 1,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Принимаемая пылеемкость:

$$m_0 = 1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}.$$

Количество электрофильтров Красноярской ТЭЦ-2:

$$z = 6.$$

Определяем расчетную площадь проходного сечения:

$$f_p = \frac{V_{\text{дг}}}{z * u_{\text{дг}}} = \frac{1738,85}{6 * 1,2} = 241,5 \text{ м}^2.$$

На Красноярской ТЭЦ-2 эксплуатируют электрофильтры типоразмера:

$$\text{ЭГА 2-76-12-6-4,}$$

$$f_{\text{спр}} = 249 \text{ м}^2.$$

Уточняем фактическую скорость дымовых газов:

$$U_{\text{дг}}^\phi = \frac{V_{\text{дг}}}{z * f_{\text{спр}}} = \frac{1738,85}{6 * 249} = 1,163 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Определяем скорость дрейфа частиц, параметр, эффективность электрофильтра:

$$v_1 = 0,25 * (K_{\text{ок}} * E)^2 * d_1 * 10^{-6} = 0,25 * (0,8 * 240)^2 * 1 * 10^{-6} = 0,0144 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$v_2 = 0,25 * (K_{OK} * E)^2 * d_2 * 10^{-6} = 0,25 * (0,8 * 240)^2 * 3 * 10^{-6} = 0,0432 \frac{M}{C},$$

$$v_3 = 0,25 * (K_{OK} * E)^2 * d_3 * 10^{-6} = 0,25 * (0,8 * 240)^2 * 5 * 10^{-6} = 0,072 \frac{M}{C},$$

$$v_4 = 0,25 * (K_{OK} * E)^2 * d_4 * 10^{-6} = 0,25 * (0,8 * 240)^2 * 10 * 10^{-6} = 0,144 \frac{M}{C},$$

$$v_5 = 0,25 * (K_{OK} * E)^2 * d_5 * 10^{-6} = 0,25 * (0,8 * 240)^2 * 20 * 10^{-6} = 0,288 \frac{M}{C},$$

$$v_6 = 0,25 * (K_{OK} * E)^2 * d_6 * 10^{-6} = 0,25 * (0,8 * 240)^2 * 30 * 10^{-6} = 0,432 \frac{M}{C},$$

$$v_7 = 0,25 * (K_{OK} * E)^2 * d_7 * 10^{-6} = 0,25 * (0,8 * 240)^2 * 40 * 10^{-6} = 0,502 \frac{M}{C};$$

$$K_{yH} = K_M K_{Эл} K_{BC} [1 - 0,25(u_{дг}^{\phi} - 1)]$$

$$= 1 * 0,625 * 1,7 * (1 - 0,25 * (1,163 - 1)) = 1,353;$$

$$K_M = \frac{7,5}{12} = 0,625,$$

$$K_{Эл} = 1,$$

$$K_{BC} = 1,7 \text{ (четырёхпольный).}$$

Примем расстояние между электродами равным 0,15м:

$$\Pi_1 = 0,2 K_{yH} \sqrt{\frac{v_1}{u_{дг}^{\phi}} \frac{nL_n}{T}} = 0,2 * 1,353 \sqrt{\frac{0,0125}{1,71} \frac{4 * 3,84}{0,15}} = 3,08,$$

$$\Pi_2 = 0,2 K_{yH} \sqrt{\frac{v_2}{u_{дг}^{\phi}} \frac{nL_n}{T}} = 0,2 * 1,353 \sqrt{\frac{0,0376}{1,71} \frac{4 * 3,84}{0,15}} = 3,52,$$

$$\Pi_3 = 0,2 K_{yH} \sqrt{\frac{v_3}{u_{дг}^{\phi}} \frac{nL_n}{T}} = 0,2 * 1,353 \sqrt{\frac{0,063}{1,71} \frac{4 * 3,84}{0,15}} = 4,56,$$

$$\Pi_4 = 0,2 K_{yH} \sqrt{\frac{v_4}{u_{дг}^{\phi}} \frac{nL_n}{T}} = 0,2 * 1,353 \sqrt{\frac{0,125}{1,71} \frac{4 * 3,84}{0,15}} = 6,42,$$

$$\Pi_5 = 0,2 K_{yH} \sqrt{\frac{v_5}{u_{дг}^{\phi}} \frac{nL_n}{T}} = 0,2 * 1,353 \sqrt{\frac{0,251}{1,71} \frac{4 * 3,84}{0,15}} = 9,10,$$

$$\Pi_6 = 0,2K_{\text{уН}} \sqrt{\frac{v_6}{u_{\text{дГ}}}} \frac{nL_n}{T} = 0,2 * 1,353 \sqrt{\frac{0,376}{1,71}} \frac{4 * 3,84}{0,15} = 11,14,$$

$$\Pi_7 = 0,2K_{\text{уН}} \sqrt{\frac{v_7}{u_{\text{дГ}}}} \frac{nL_n}{T} = 0,2 * 1,353 \sqrt{\frac{0,502}{1,71}} \frac{4 * 3,84}{0,15} = 12,87.$$

Проскок золы:

$$\varepsilon_1 = e^{-\Pi_1} = e^{-2,03} = 0,045,$$

$$\varepsilon_2 = e^{-\Pi_2} = e^{-3,52} = 0,0047,$$

$$\varepsilon_3 = e^{-\Pi_3} = e^{-4,56} = 0,001,$$

$$\varepsilon_4 = e^{-\Pi_4} = e^{-6,42} = 5,83 * 10^{-5},$$

$$\varepsilon_5 = e^{-\Pi_5} = e^{-9,10} = 1,02 * 10^{-6},$$

$$\varepsilon_6 = e^{-\Pi_6} = e^{-11,14} = 4,63 * 10^{-8},$$

$$\varepsilon_7 = e^{-\Pi_7} = e^{-12,87} = 3,4 * 10^{-9}.$$

Фракционная эффективность золоулавливания:

$$\eta_1 = 1 - \varepsilon_1 = 1 - 0,045 = 0,95,$$

$$\eta_2 = 1 - \varepsilon_2 = 1 - 0,0047 = 0,995,$$

$$\eta_3 = 1 - \varepsilon_3 = 1 - 0,001 = 0,998,$$

$$\eta_4 = 1 - \varepsilon_4 = 1 - 5,83 * 10^{-5} = 0,99,$$

$$\eta_5 = 1 - \varepsilon_5 = 1 - 1,02 * 10^{-6} = 0,99,$$

$$\eta_6 = 1 - \varepsilon_6 = 1 - 4,63 * 10^{-8} = 1,$$

$$\eta_7 = 1 - \varepsilon_7 = 1 - 3,4 * 10^{-9} = 1.$$

Полная эффективность электрофильтра:

$$\begin{aligned} \eta_{\text{зУ}}^{\text{эф}} &= \sum \eta_i \frac{\Phi_i}{100} = 0,95 \frac{10}{100} + 0,995 \frac{24}{100} + 0,998 \frac{18}{100} + 0,99 \frac{10}{100} \\ &+ 0,99 \frac{8}{100} + 0,99 \frac{2}{100} + 0,99 \frac{28}{100} = 0,994. \end{aligned}$$

Находим массу золы на выходе из котла по формуле:

$$M_3 = 10B \left(A^p + \frac{Q_H^p}{32,7} q_4 \right) \alpha_{\text{уН}} * \eta_{\text{зУ}}^{\text{эф}}$$

$$= 10 * 166,25 * \left(7,4 + \frac{15,28}{32,7} * 0,3 \right) * 0,8 * 0,994 = 9968,27 \frac{\Gamma}{\text{с}}$$

где:

$$q_4 = 0,3 \%,$$

$$\alpha_{\text{уН}} = 0,8.$$

Находим массу шлака на выходе из котла по формуле:

$$M_{\text{шл}} = 10B \left(A^p + \frac{Q_H^p}{32,7} q_4 \right) (1 - \alpha_{\text{уН}})$$

$$= 10 * 166,25 * \left(7,4 + \frac{15,28}{32,7} * 0,3 \right) * (1 - 0,8) = 2507,11 \frac{\Gamma}{\text{с}}$$

Общее количество золошлаков, подлежащих утилизации:

$$M_{\text{зш}} = M_{\text{шл}} + M_3 = 9968,27 + 2507,11 = 12475,38 \frac{\Gamma}{\text{с}}$$

Количество выброшенной в атмосферу золы:

$$M_{\text{уН}} = M_3 (1 - \eta_{\text{зУ}}^{\text{эф}}) = 9968,27 * (1 - 0,994) = 59,8 \frac{\Gamma}{\text{с}}$$

Концентрация золы на выходе из ЭФ:

$$C_{\text{вых}} = \frac{M_{\text{уН}} * 10^3}{V_{\text{дг}}} = \frac{59,8 * 10^3}{1738,85} = 34,39 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$$

Определение периода встряхивания полей

$$\tau_i = 16,7 \frac{A \cdot m_0}{M_3 * (1 - \sqrt[n]{1 - \eta_{\text{зУ}}^{\text{эф}}}) * \sqrt[n]{(1 - \eta_{\text{зУ}}^{\text{эф}})^{x-1}}}, \text{мин}$$

где: m_0 – пылеемкость, $n = 4$ – число полей, $A = 28480 \text{ м}^2$ – поверхность осаждения, тогда:

$$\tau_1 = 16,7 * \frac{28480 \cdot 1}{9968,27 * (1 - \sqrt[4]{1 - 0,994}) * \sqrt[4]{(1 - 0,994)^{1-1}}} = 51,8 \text{ мин},$$

$$\tau_2 = 16,7 * \frac{28480 \cdot 1}{9968,27 * (1 - \sqrt[4]{1 - 0,994}) * \sqrt[4]{(1 - 0,994)^{2-1}}} = 186,15 \text{ мин},$$

$$\tau_3 = 16,7 * \frac{28480 \cdot 1}{9968,27 * (1 - \sqrt[4]{1 - 0,994}) * \sqrt[4]{(1 - 0,994)^{3-1}}} = 668,84 \text{ мин},$$

$$\tau_4 = 16,7 * \frac{28480 \cdot 1}{9968,27 * (1 - \sqrt[4]{1 - 0,994}) * \sqrt[4]{(1 - 0,994)^{4-1}}} = 2403,19 \text{ мин}.$$

5.4 Расчет готового продукта и его сопутствующих компонентов

При использовании комплексной системы [17] для переработки золы и шлака в конечный продукт БЗГП, рассчитаем расход сопутствующих компонентов при эксплуатации установок, описываемых в п. 4.

В рассматриваемом примере на этапе первичной грануляции шлака (рис.4, поз.5) при использовании воздуха и воды с давлением 0,5 МПа и 0,6 МПа соответственно и при соотношении массы распыляемого воздуха к массе распыляемой воды примерно 1:4, рассчитаем расход воды распыляемый гидромонитором:

$$\Delta m_1 = \frac{\Delta h}{C + r},$$

где Δh - секундная скорость изменения энтальпии шлакового потока при его охлаждении (ккал/с); C - удельная теплоемкость воды; r - удельная теплота парообразования.

Количество воды, которое при грануляции испаряется в 1 секунду, необходимо для быстрого охлаждения шлака, можно в первом приближении вычислить, используя тепловой баланс в системе «вода-расплав шлака».

Принимая, что вода при контакте с жидким шлаком нагреется на 90 °С до температуры кипения и парообразуется за счет теплоты, полученной от охлаждения потока шлака, величину переданной воде теплоты можно рассчитать по удельной энтальпии шлака ΔH при температуре расплава (для шлака Ирша-Бородинского месторождения $T_{пл} = 1300$ °С [23]) и массовому потоку шлака из топки V_m (из расчета выхода шлака из котлов Красноярской ТЭЦ-2, п. 5.4), по формуле:

$$\Delta h = \Delta H * V_m = 319,55 * 2,507 = 801,11 \text{ ккал/с},$$

где

$$\Delta H = 2,09 * T_{пл} - 1380 = 2,09 * 1300 - 1380 = 1337 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} = 319,55 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}},$$

$$V_m = 2,507 \text{ кг/с}.$$

Приняв, что удельная теплоемкость воды $C = 1$ ккал/кг · °С и рассчитав удельную теплоту парообразования:

$$r = f(P) = f(0,6 \text{ МПа}) = 498,15 \text{ ккал/кг},$$

получим секундный расход воды, испаряемой при грануляции и охлаждении шлака, в соответствии с формулой:

$$\Delta m_1 = \frac{801,11}{1 + 498,15} = 1,6 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Тогда общая масса шлаковязущего материала составляет:

$$V_{\text{общ}} = V_m = 2,507 = 2,507 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Рассчитаем массу воды при смешивании сырьевых компонентов в смесительно-грануляционном комплексе. Сырье порционно дозируют, предпочтительно в соотношении 20 % шлаковязущего материала от общей массы ЗШМ и 70 % золы-уноса от общей массы ЗШМ, затем интенсивно смешивают на специальном смешивающем устройстве (рис. 4, поз.12) при постоянном равномерном увлажнении до влажности массы смеси не более 10 мас.%. Следовательно, масса воды составит:

$$\Delta m_2 = \frac{10 * 9968,27}{70} = 1424,03 \frac{\text{г}}{\text{с}}.$$

Общий расход воды:

$$\Delta m_{\text{общ}} = 1,6 + 1,4 = 3 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Рассчитаем количество готового продукта:

$$V_{\text{БЗГП}} = 9968,27 + 2500,8 = 12469,07 \frac{\text{г}}{\text{с}}.$$

Раздел 6. Анализ проблем, связанных с реализацией готовой продукции

6.1 Проблемы угольной энергетики

Выработка золошлаковых отходов в 2015 году в Российской Федерации составила 21,3 млн тонн*. На рынок потребителям было отгружено около 4 млн тонн ЗШМ, из них сухой золы-уноса не более 0,8 млн тонн, остальное в виде гидратированных золошлаковых смесей из золоотвалов идёт на проекты по рекультивации, ландшафтные работы и производство цемента. В золоотвалах имеются накопления по разным оценкам от 1,5 до 1,8 млрд тонн золошлаковых отходов. На 115 электростанциях объёмы существующих золоотвалов практически исчерпаны. Такая ситуация говорит о локальных экологических катастрофах и неэффективной работе с этой проблематикой в России.

12 сентября 2013 года Правительством РФ было принято решение о замораживании с 1 января 2014 года энерготарифов в Российской Федерации. В ноябре 2013 года принято решение о 4х-летней программе ежегодного снижения внутренних затрат предприятий энергетики с государственным участием на 10%. С 1 января 2015 года вступил в силу федеральный закон № 219-ФЗ, по которому с 01.01.2020 экологические платежи вырастут в 25–100 раз. Эти факторы повышают актуальность решения проблемы ЗШО на российских угольных ТЭС.

В настоящее время существует 2 проблемы, связанные с реализацией ЗШМ потребителям:

1. Исторически сложилось так, что энергетическая отрасль страны была ориентирована лишь на одну задачу: дать стране много дешёвой энергии. Вопросы работы с отходами производства шли на второй, зачастую забытый план. Это выражалось и в проектных решениях. Так, например, у самой большой угольной электростанции в России - Рефтинской ГРЭС, при производстве 5-6 млн тонн золы в год до 2013 года имелись только два силоса

вместимостью 3000 тонн каждый. И это были самые крупные силосы из всех угольных электростанций России.

Большинство электростанций вообще не имеют силосов для отгрузки золы потребителям, и, следовательно, системы работы с золой, направленной на её реализацию.

2. Отсутствуют веские стимулы, которые бы вынуждали энергетиков заниматься проблематикой реализации золы. Так, в Европейских странах либо вообще запрещены золоотвалы угольных электростанций, либо штраф за каждую направленную на золоотвал тонну золы составляет от 60 Евро (Финляндия) до 248 Евро в Чехии (см. рис. 9). В России этот штраф составляет 11,5 рублей за тонну (0,2 евро). При этом уровень утилизации в европейских странах стремится к 100 %, в России он расположен в диапазоне от 20 до 25 %.

В условиях системы регулирования тарифов и жесткой политики по ограничению их роста проекты, связанные с экологией и утилизацией отходов на ТЭС, не попадают в инвестпрограммы и не получают необходимого финансирования. Более того, станциям не выгодно реализовывать отходы, т.к. доходы от их продажи и связанное с этим сокращение затрат на золошлакоудаление уменьшают операционную составляющую тарифа и тем самым снижают его [20].

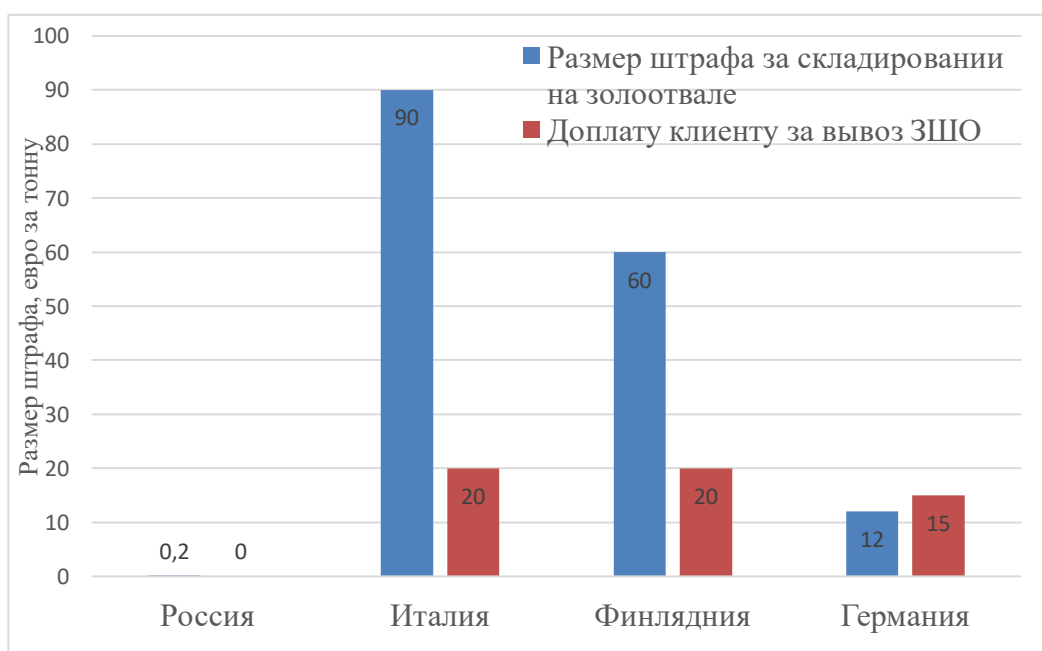


Рисунок 9 - Штрафы за складирование ЗШО [20]

3. Несовершенная технологическая политика Министерства энергетики РФ. В ряде стран ЕС и Азии применяются более жесткие экологические требования к модернизации и эксплуатации энергоблоков, что свидетельствует действующим законодательством в области природоохранных технологий в угольной теплоэнергетике (табл. 14).

Таблица 14 - Нормативные выбросов угольных ТЭС, мг/м³ [20]

Страна	Китай	ЕС		Россия	
		Новые	Действующие	Спроектированные после 2001 года	Спроектированные до 2001 года
Тип	Все станции				
Зола	5	2-5	2-18	200-250	900-1200
Оксид золы	35	10-200	10-360	1200-1400	3000 - 5800
Оксид азота	50	50-150	65-270	570-640	1000-2000

6.2 Тенденции развития отрасли переработки и реализации ЗШМ.

1. Идёт ужесточение природоохранного законодательства, стимулирующее вовлечение отходов производства в хозяйственный оборот и внедрение наилучших доступных технологий (НДТ), к которым относятся системы сухого золошлакоудаления. Внедряются в жизнь положения Федеральных законов № 219-ФЗ от 21.07.2014 и № 458-ФЗ от 29.12.2014.

В совокупности это требует от энергетиков искать пути сокращения издержек и повышения эффективности имеющихся активов, что приводит к повышению интереса собственников электростанций к инвестициям в системы производства золошлаковых материалов как продукта, поскольку это является одним из реальных путей повышения экономической эффективности и экологической безопасности угольной генерации.

2. В 2015 году значительно активизировалась работа Минпромторга, Минприроды, Минэнерго России совместно с производителями отходов по расширению разрешенных областей применения отходов производства в качестве вторичного сырья (Федеральный закон № 203-ФЗ от 29.06.2015, проект Федерального закона «О внесении изменений в Закон Российской Федерации «О недрах» и иные законодательные акты Российской Федерации»).

Рассмотрев проектные решения по переработке золы и шлака на Рефтинской и Березовской ГРЭС, можно сделать вывод, что данные комплексы ориентированы на оптимизацию складирования материалов на существующие отвалы, но не на производство и максимальную реализацию золошлаковых материалов. Так, на Рефтинской ГРЭС мощность созданного комплекса предполагает реализацию всего 25% золы. Не учитываются различные потребительские свойства золы, и технология предполагает смешение всех видов золы в одном силосе, что уничтожает потребительские свойства поставляемого на рынок продукта и значительно снижает эффективность продаж. Эти же проблемы существуют и на новых станциях на Дальнем Востоке, и на Берёзовской ГРЭС. Причина этого в том, что в России крайне мало профессиональных структур, способных проанализировать,

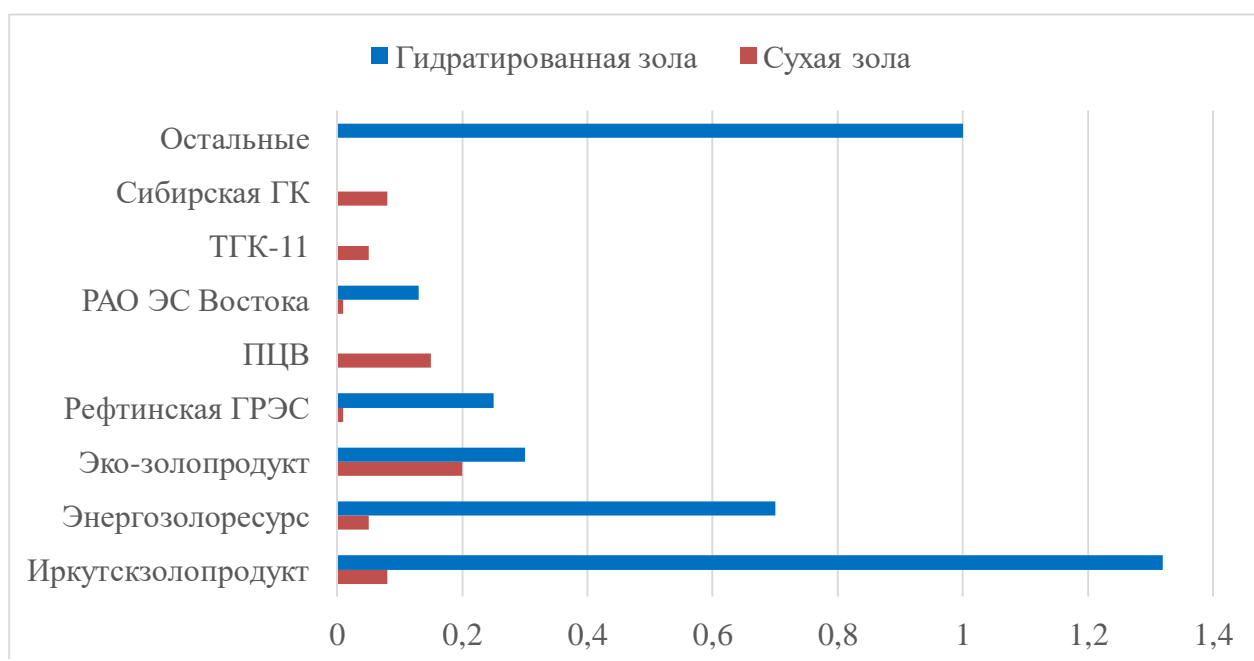


Рисунок 10 - Объемы реализации ЗШМ предприятиями (млн. тонн) [20]

спроектировать, построить и создать систему по всей проблематике работы с золой конкретной электростанции. На рис. 10 показаны основные объемы реализации ЗШМ крупными предприятиями энергетической и перерабатывающей отраслей за 2015 год.

По консервативным оценкам экспертов Консорциума «Феникс» потенциал рынка золошлаковых материалов (ЗШМ) России составляет около 35 млн тонн в год (см. табл. 15) [20].

Таблица 15 - Рынок сбыта ЗШМ [20]

Направление	Рынок строительных материалов	Рынок рекультивации	Рынок дорожного строительства	Рынок сельского хозяйства
Показатель	17 млн. тонн	5 млн. тонн	10 млн. тонн	3 млн. тонн

Объем рынка сбыта золошлаковых материалов оценивается в 35 млн. тонн продукта, что в 8 раз больше реализуемых ныне ЗШМ предприятиями энергетического комплекса.

6.3 Основные задачи для внедрения продуктов переработки золошлаковых отходов на рынок производства строительных материалов.

Опыт возможного применения золошлаковых отходов показала, что при применении золы в строительной отрасли и отрасли производства строительных материалов необходимо решать следующие вопросы:

- исследование физико-химического состава золы;
- проработка и регламентирование паспорта золы на ТЭС;
- создание режима сжигания топлива, чтобы была возможность дальнейшего использования золы и шлака в целях переработки;
- определение гранулированного состава золы;

- создание необходимых стандартов для использования золы и шлака не как отхода, а как переработанного промышленного продукта;
- проведение анализа количества природных материалов, которых можно заменить ЗШМ.
- проработка со стороны правительства запретов и санкций, связанных с использованием минерального сырья в строительной отрасли, где возможно заменять минеральное сырье на вторичное сырье ТЭС (данный способ применяется в Индии);
- стимулирование для подписания соглашений с потенциальными потребителями ЗШМ по различным направлениям использования;
- разработка правительством национальных программ утилизации золы и шлака в регионах;
- введение региональным правительством программы субсидий и льгот для промышленных предприятий, которые используют золошлаковое сырье;
- введение новой ценовой политики реализации золошлаковых материалов с учетом потребностей рынка;
- разработка программы развития энергетики, с целью полной утилизации и использования ЗШМ при строительстве государственных объектов;
- подготовить и утвердить регламентирующие документы (ГОСТы и СП) по промышленному использованию золошлаковых материалов для изготовления строительных материалов или при проведении строительных работ;
- выполнить технико-экономическую оценку применения ЗШМ и при необходимости обозначить льготы для возможного использования их в регионе или на ближайших территориях [26].

**Задание для раздела
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»**

Студенту:

Группа	ФИО
5Б6А	Сырбачев Дмитрий Борисович

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	НОЦ. И.Н.Бутакова
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	Теплоэнергетика и теплотехника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклады рабочих, нормы рабочего времени, районный коэффициент по г. Красноярск
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Накладные расходы – 6 % Районный коэффициент – 1,2
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	– потенциальные потребители результатов исследования; – анализ конкурентных технических решений.
2. Разработка устава научно-технического проекта	– цели и результаты исследования; – участники проекта.
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	– структура работ в рамках научно-технического проекта; – определение трудоемкости выполнения работ; – составление графика проведения научно-технического проекта; – определение бюджета научно-технического проекта.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	– оценка эффективности проекта.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. График проведения НТИ
2. Диаграмма Ганта
3. Матрица SWOT
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	27.02.2020
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Татьяна Григорьевна	Доцент, к.э.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б6А	Сырбачев Дмитрий Борисович		

Раздел 7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

В данном разделе ВКР выполняется расчет основных параметров для разработки комплекса по переработке золы и шлака с целью дальнейшей реализации продукта ЗШМ.

В современных условиях существует проблема утилизации золошлаковых отходов, получаемых в результате сжигания твёрдого топлива на котлоагрегатах ТЭС. В связи с этим изучены способы и технологии комплексной переработки золы и шлака. Первостепенно необходимо добиться того, чтобы продукт ЗШМ обладал хорошими физическими, химическими свойствами и высокой конкурентоспособностью на рынке сбыта. В данной части происходит определение возможных альтернатив разработки проекта, которые будут отвечать требованиям финансовой и ресурсной эффективности.

7.1 Предпроектный анализ

7.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Чтобы определить потенциальных потребителей данной разработки, необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Основными потенциальными продуктами, получаемым в ходе эксплуатации систем по переработки отходов на Красноярской ТЭЦ-2 являются: БГЗП, мелиорит, ЗШМ. Необходимо сегментировать рынок производства продуктов

Таблица 16 – Карта сегментирования рынка по виду применения материалов.

Продукт Отрасль	БГЗП	ЗШМ	Мелиорант
Дорожное строительство	+	+	-
Сельское хозяйство	-	-	+
Производство строительных материалов	+	-	-
Строительные и проектные работы	-	+	-

переработки золы и шлака по следующим критериям: отрасль сбыта, производимый продукт.

Исходя из приведенной карты сегментирования, уровень конкуренции БГЗП имеет высокие показатели в области переработки золы и шлака. Это связано с его непростой технологической схемой производства и особенными физико-химическими свойствами.

7.1.2 Анализ конкурентных технических решений

На сегодняшний день в России не существует производителей безобжигового гранулированного песка из-за новизны продукта и технологии переработки. Однако, существуют косвенные конкуренты - ведущие производители, конкурирующие на рынке крупных и мелких заполнителей (щебень, гравий) для производства строительных материалов: ОАО «Крутокачинский щебеночный завод», ОАО «Павловскгранит», ПАО «Группа ЛСР». Данные компании были выбраны для сравнения в оценочной карте по причине высокой производительности и качества выпускаемой продукции на рынке производителей стройматериалов в России.

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

Таблица 17 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкуренто-способность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1		3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Термическая стойкость	0,07	4	4	4	0,28	0,28	0,28
2. Морозостойкость	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4

Продолжение таблицы 17

3. Плотность насыпная	0,08	4	4	4	0,32	0,32	0,32
4. Прочность	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32
5. Плотность истинная	0,08	5	5	4	0,4	0,4	0,32
6. Влажность при сухом хранении	0,06	5	4	3	0,3	0,24	0,18
7. Химические свойства	0,08	5	5	5	0,4	0,4	0,4
8. Физические свойства	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32
9. Вязкость	0,09	4	4	4	0,36	0,36	0,36
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Уровень проникновения на рынок	0,07	3	4	4	0,21	0,28	0,28
2. Цена	0,08	5	3	4	0,4	0,24	0,32
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,13	5	4	4	0,65	0,52	0,52
Итого	1	54	49	48	4,52	4,08	4,02

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i * B_i,$$

где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента; B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл i -го показателя.

Коэффициент конкурентоспособности предприятия:

$$K_K = \frac{K_\phi}{K_{\text{ксп}}} = \frac{4,51}{(4,08 + 4,02)/2} = 1,11,$$

так как $K_K > 1$, следовательно, предприятие конкурентоспособно.

7.1.3 SWOT-анализ

Базовым рынком сбыта продукции нашего производства является рынок Российской Федерации. SWOT-анализ используют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он дает четкое представление о ситуации и указывает, в каких направлениях нужно действовать производителю, используя сильные стороны, чтобы максимизировать возможности и свести к минимуму угрозы и слабости. SWOT-анализ представлен в таблице 18.

Таблица 18 – SWOT-анализ для исследования внешней и внутренней среды проекта нашего производства

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Бесплатное сырье для производства. 2. Поддержка государства в реализации продукта 3. Низкая себестоимость продукта. 	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Высокие требования к качеству продукту 2. Нестандартность продукта. 3. Издержки на логистику
<p>Возможности:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Увеличенный спрос из-за низкой цены. 2. Применение на практике научных исследований в области улучшения строительных материалов. 3. Полная или частичная утилизация золы и шлака 	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Поддержка государства в связи полной или частичной утилизации вредных отходов. 2. Увеличение спроса, благодаря низкой цены и себестоимости продукта. 	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Реализация научных знаний в области улучшения стройматериалов с целью повышения качества продукта.
<p>Угрозы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Высокая стоимость оборудования переработки отходов. 2. Большое количество конкурентов и альтернативных продуктов. 3. Трудности в поиске потребителей. 	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Финансовая и льготная поддержка государства в финансировании проектирования комплекса по переработки отходов. 2. Бесплатное сырье для производства продукта на фоне конкурентов. 	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Высокие требования к качеству продукции подразумевают покупку дорогого оборудования. 3. Новизна продукта сказывается на риске потребителей использовать его в производстве стройматериалов.

В результате выполнения SWOT-анализа можно сделать вывод о том, что продукт имеет преимущества перед конкурентами при выходе на рынок: бесплатное сырье для производства, поддержка со стороны государства, низкая себестоимость продукта. Несмотря на преимущества, есть и слабые стороны продукта: высокие требования к продукту, издержки из-за логистики продукта, слабая культура внедрения в производства стройматериалов. Для улучшения и устранения слабых сторон необходимо сформировать и продвигать рынок продукции БГЗП.

7.2 Инициация проекта

7.2.1 Цели и результат проекта

Информация по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 19. Цели и результаты проекта представлены в таблице 20.

Таблица 19 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НОЦ И.Н. Бутакова, Красноярская ТЭЦ-2	Анализ использование золошлакового материала Красноярской ТЭЦ-2 для получения товарного продукта

Таблица 20 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Оценка возможности использования золошлаков Красноярской ТЭЦ-2, складированных на золоотвале, с целью производства товарного продукта.
Ожидаемые результаты проекта:	Разработка системы переработки золы и шлака.
Критерии приемки результата проекта:	Соответствие продуктов переработки всем указанным требованиям
Требования к результату проекта:	<ul style="list-style-type: none"> - Возможность использования продукта переработки в производстве строительных материалов - Возможность использования продукта переработки в дорожном строительстве - Возможность полной или частичной утилизации отходов КТЭЦ-2 - Возможность использования продукта в качестве минеральных удобрений для почвы.

7.3 Планирование научно-исследовательских работ

7.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения работы, составляется план. В нем подсчитывается по пунктам трудоемкость работ, количество исполнителей, участвующих в проекте, расходы и текущие затраты: заработная плата, социальные отчисления. Поэтапный список работ, работающие исполнители, оценка объема трудоемкости отдельных видов работ сведена в таблице 21.

Таблица 21 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

№	Наименование работ	Исполнитель	Продолжительность, дней
1	Выдача и получение задания	Научный руководитель Инженер	1
2	Изучение литературы и сбор исходных материалов для проектирования	Инженер	13
3	Анализ системы золошлакоудаления	Инженер	8
4	Расчет электрофильтров	Инженер	2
5	Проверка расчетов, сбор теоретических материалов	Научный руководитель Инженер	1
6	Исследование характеристик топлива и различных вариантов переработки золы	Инженер	8
7	Исследование оборудования технологии переработки	Инженер	6
8	Проверка расчетов	Научный руководитель Инженер	1
9	Оформление работы по стандартам ТПУ	Инженер	10
10	Утверждение ВКР руководителем	Научный руководитель Инженер	1

7.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Определение ожидаемой (средней) трудоемкости выполнения:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5},$$

где $t_{ожі}$ – наиболее вероятное время в течение, которого должна быть выполнена работа, чел-дни; t_{mini} – минимальное время для выполнения данного этапа при благоприятном стечении обстоятельств, чел-дни; t_{maxi} – максимальное время для выполнения данного этапа при неблагоприятном стечении обстоятельств, чел-дни.

Исходя из ожидаемой трудоемкости, рассчитывается продолжительность каждой работы в рабочих днях:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дней; $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел-дни; $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

7.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях; T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях; $k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}$$

где $T_{кал}$ – количество календарных дней в году; $T_{вых}$ – количество выходных дней в году; $T_{пр}$ – количество праздничных дней в году.

В 2020 году 365 календарных дней, из них 105 выходных для и 14 праздничных дней. Тогда коэффициент календарности равен:

$$k_{кал} = \frac{365}{365 - 105 - 14} = 1,48$$

В таблице 22 представлены временные показатели проведения научно-исследовательской работы.











Таблица 22 – Временные показатели проведения научного исследования



№	Наименование работ	Трудоемкость работ			Исполнит ели	T _p , раб. дн.	T _{кi} , кал. дн.
		t _{min} , чел- дн.	t _{max} , чел- дн.	t _{ож} , чел- дн.			
1	Выдача и получение задания	1	2	1,4	НР, И	0,7	1,0
2	Изучение литературы и сбор исходных материалов для проектирования	8	13	10	И	10	14,8
3	Анализ системы золошлакоудаления	6	8	6,8	И	6,8	10,1
4	Расчет электрофильтров	1	2	1,4	И	1,4	2,1
5	Проверка расчетов, сбор теоретических материалов	1	1	1	И	1	1,5
6	Исследование характеристик топлива и различных вариантов переработки золы	6	8	6,8	НР, И	3,4	5,0
7	Исследование оборудования технологии переработки	4	6	4,8	И	4,8	7,1
8	Проверка расчетов	1	1	1	И	1	1,5
9	Оформление работы по стандартам ТПУ	7	10	8,2	И	8,2	12,11
10	Утверждение ВКР руководителем	1	1	1	НР,И	1	1,5

НР – научный руководитель; И – инженер.

На основе таблицы 22 был построен календарный план-график в виде диаграммы Ганта.

Таблица 23 - График Ганта

№	Вид работ	Ткi, кал.д ней	Продолжительность выполнения работ									
			март		апрель			май			июнь	
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	
1	Выдача и получение задания	1,0										
2	Изучение литературы и сбор исходных материалов для проектирования	14,8										
3	Анализ системы золошлакоудаления	10,1										
4	Расчет электрофильтров	2,1										
5	Проверка расчетов, сбор теоретических материалов	1,5										
6	Исследование характеристик топлива и различных вариантов переработки золы	5,0										
7	Исследование оборудования технологии переработки	7,1										
8	Проверка расчетов	1,5										
9	Оформление работы по стандартам ТПУ	12,11										
10	Утверждение ВКР руководителем	1,5										

 - научный руководитель;  - инженер.

7.4 Расчет экономической эффективности

7.4.1 Расчет затрат на покупку оборудования

Целью проекта является создание комплекса по производству БГЗП с использованием золы и шлака.

Капитальные вложения в проект: на основании полученных результатов, которые касаются технологической возможности применения золошлаковых отходов для производства БГЗП, получены определённые затраты, а также найден экономический эффект при таком способе утилизации и переработки отходов.

Расчет единовременных капитальных вложений:

Таблица 24 - Первоначальные инвестиции в проект

Наименование оборудования	Кол-во ед.	Цена оборудования, тыс. руб
Валковая мельница Loesche	1	75000
Система ОАО ВНИИМТ	1	100000
Система смесительно-грануляционного оборудования ЗАО «ПрофЦемент-Вектор».	1	1800000
Итого		1975000

Суммарные инвестиции на проект составят $K = 1.975$ млрд. руб.

7.4.2 Расчет издержек предприятия

Расчет текущих издержек:

$$I_t^1 = I_{ЗП} + I_M + I_H + I_A + I_Э$$

где $I_{ЗП}$ – прямая зарплата, I_M – расходы на материалы, $I_{З_{накл}}$ – накладные расходы, I_A – амортизационные издержки, $I_Э$ – расходы на электроэнергию.

7.4.2.1 Расчет издержек на заработанную плату

Рассчитаем издержки на зарплату:

$$И_{ЗП} = (ЗП_{осн} + ЗП_{доп} + ЗП_{вн}) * 12 * n$$

Где $ЗП_{осн}$ – основная зарплата, $ЗП_{доп}$ – дополнительная зарплата, n – число работников.

Расчет зарплат:

$$ЗП_{осн} = ЗП_{тс} * (1 + k_{пр} + k_{д}) * k_{р} = 30 * (1 + 0,3 + 0,2) * 1,2 = 54 \text{ тыс. руб}$$

где $ЗП_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, 30 тыс. руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3;

$k_{д}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2;

$k_{р}$ – районный коэффициент, для Красноярска равный 1,2.

Дополнительная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$ЗП_{доп} = k_{доп} * ЗП_{осн} = 54 * 0,12 = 6,48 \text{ тыс. руб}$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$ЗП_{вн} = k_{вн} * (ЗП_{доп} + ЗП_{осн}) = 0,3 * (54 + 6,48) = 18,14 \text{ тыс. руб.}$$

где $k_{вн}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.), 30 %.

Тогда издержки на зарплату составят:

$$И_{ЗП} = (54 + 6,48 + 18,14) * 12 * 20 = 18868,8 \text{ тыс. руб.}$$

7.4.2.2 Расчет издержек на расходные материалы

Расчет издержек на расходные материалы:

$$И_{М} = И_{В}$$

где $И_{В}$ – издержки на водоснабжение.

Рассчитаем издержки на водоснабжение:

$$I_B = Ц * t * \Delta m_{\text{общ}} = 5000 * \frac{3}{1000} * 3600 * \frac{670}{1000} = 36,18 \text{ тыс. руб.}$$

где t – кол-во часов работы КТЭЦ-2, $\Delta m_{\text{общ}}$ – общий расход воды (кг/с), $Ц$ – цена воды за 1 тонну (670 руб. за 1000 тонн согласно тарифу РФ для ТЭС и АЭС).

Общие расходы издержек на материалы:

$$I_M = 36,18 \text{ тыс. руб.}$$

Расчет издержек на электричество:

Затраты на электроэнергию примем в статью затрат на собственные нужды по выработке электроэнергии для Красноярской ТЭЦ-2:

$$I_э = 0 \text{ тыс. руб}$$

7.4.2.3. Расчет издержек на накладные расходы

Расчет накладных расходов:

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергия, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$I_n = I_{\text{зп}} * k_{\text{нр}} = 18868,8 * 0,06 = 1132 \text{ тыс. руб.}$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 6 %. Таким образом, накладные расходы на данный проект составляют 870 тыс. руб.

7.4.2.4 Расчет амортизационных отчислений

Расчет амортизационных издержек:

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{C_n \cdot H_a \cdot n}{100 \cdot k}$$

где C_n – первоначальная стоимость оборудования; H_a – норма амортизации, %; n – число проработанных месяцев; k – количество месяцев в году.

Таблица 25 - Расчет амортизации оборудования

Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок службы оборудования, год	Время использования, месяцев	Цена оборудования, тыс.руб	H_a , %	Амортизация
Валковая мельница Loesche	1	35	7	75000	10	4375
Система ОАО ВНИИМТ	1	30	7	100000	10	5833,33 3
Система смесительно-грануляционного оборудования ЗАО «ПрофЦемент-Вектор».	1	40	7	1800000	10	105000
Итого						115208,3

Амортизационные отчисления в год составят:

$$I_A = 115208,3 \text{ тыс. руб}$$

7.4.3 Расчет срока окупаемости проекта

Итого рассчитаем суммарные издержки:

$$I_t^1 = 18868,8 + 36,18 + 1132 + 115208,3 + 0 = 135245,28 \text{ тыс. руб.}$$

Расчет выручки с производства и реализации БГЗП:

Общее кол-во производства:

$$M_{\text{БГЗП}} = V_{\text{БГЗП}} * t = 12,47 * 3600 * 5000 = 224\,460 \text{ тонн}$$

Выручка при 100% реализации продукта (без НДС):

$$P_T = M_{\text{БГЗП}} * Ц = 224\,460 * 1300 = 291\,798 \text{ тыс. руб.}$$

где Ц – цена продукта за 1 тонну, 1300 руб..

Чистая прибыль проекта:

$$\Pi = P_T - И_t^1 = 291\,798 - 135\,245,28 = 156\,552,72$$

Срок окупаемости проекта:

$$T = \frac{K}{\Pi} = \frac{1975000}{156552,72} = 12 \text{ лет}$$

7.4.3 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Интегральный финансовый показатель проекта рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

Интегральный показатель ресурсоэффективности рассчитывается как:

$$I_{\text{pi}} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности; a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки; b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки.

Таблица 26 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исполнительный проект 2	Исполнительный проект 3
1. Сложность технологии	0,30	5	4	4
2. Физические свойства	0,25	5	5	5

Продолжение таблицы 26

3. Химические свойства	0,10	5	4	5
4. Востребованность на рынке	0,15	4	4	4
5. Твёрдость	0,10	4	4	4
6. Экологичность	0,10	5	4	5
Итого	1			

Таблица 27 - Сравнительная эффективность разработки

Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	Текущий проект	Исполнительный проект 2	Исполнительный проект 3
	4,75	4,25	4,45

Из расчетов выявлено, что текущий проект по интегральному показателю ресурсоэффективности вариантов является выгодным и превосходит аналоги. Так как данный проект является только научной разработкой и началом исследования, то интегральный финансовый показатель разработки рассчитать не представляется возможным.

Заключение по разделу

В результате проведения разработки раздела финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение было выяснено, что данный проект оправдывает физические и материальные затраты.

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, показал, что коэффициент конкурентоспособности (K_K) предприятия равен 1,11. Так как $K_K > 1$, следовательно, предприятие конкурентоспособно.

В ходе полной оценки стоимости проведения проекта был сформирован его бюджет. Для имевшегося оборудования рассчитана амортизация, была подсчитана чистая прибыль проекта в год и сроки окупаемости. Общие капиталовложение в проект составили 1,975 млрд. руб. С точки зрения ресурсоэффективности, данный проект является перспективным и конкурентоспособным.

Задание для раздела «Социальная ответственность»

Студенту:

Группа	ФИО
5Б6А	Сырбачев Дмитрий Борисович

Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	НОЦ И.Н. Бутакова
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Теплоэнергетика и теплотехника

Тема ВКР:

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛОШЛАКОВОГО МАТЕРИАЛА КРАСНОЯРСКОЙ ТЭЦ-2 ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТОВАРНОГО ПРОДУКТА	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования в работе являются технологии утилизации золы с получением товарного продукта. Технология утилизация состоит из технического оборудования и промышленной площадки (золоотвал №2 КТЭЦ-2) для переработки золы, а также сооружений складирования готовой для реализации продукции.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: - специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	- Постановление Минтруда и Социального развития РФ №1/29 от 13.01.03. - ГОСТ 12.0.004-90 ССБТ Организация обучения безопасности труда. Общие положения.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	-Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; -Повышенный уровень шума на рабочем месте; -Повышенный уровень вибрации; -Электробезопасность; -Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования.
3. Экологическая безопасность:	-Загрязнение воздуха во время пыления; -Загрязнение почвы и достижений растительности; -Фитотоксичность; -Воздействие на подземные воды; -Воздействия на поверхностные воды;
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	-Пожарная опасность. -Прорыв дамбы ГТС -Терроризм

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	27.02.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Немцова О.А.			30.04.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б6А	Сырбачев Дмитрий Борисович		30.04.2020

Раздел 8. Социальная ответственность.

Введение

Данный раздел посвящен социальной ответственности при проектировании и эксплуатации комплексов переработки, удаления и складирования золы и шлака. Социальная ответственность или корпоративная социальная ответственность - ответственность перед людьми и данными им обещаниями, когда организация учитывает интересы коллектива и общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на заказчиков, поставщиков, работников, акционеров [27].

Задача работы состоит в эксплуатации комплексов по переработке золы и шлака в строительный материал, что подразумевает под собой ряд направлений деятельности социальной ответственности:

- 1) Ответственность перед потребителем путем предоставления ему качественной продукции и достаточной информации о ней.
- 2) Соблюдение правил и норм по безопасности жизнедеятельности и охраны труда.
- 3) Охрана окружающей среды путем снижения на нее негативного воздействия, как побочного результата эксплуатации золоулавливающих и золошлакоперерабатывающих систем.

Красноярская ТЭЦ-2, как одна из крупнейших станций региона уверенными темпами внедряет принципы корпоративной и социальной ответственности. К примеру: в данной работе рассматривается полная или частичная промышленная утилизация побочных продуктов при сжигании топлива на угольных ТЭС с возможным полным отказом от их транспортировке в отвалы.

8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Ответственность за создание и обеспечение безопасных условий труда несёт руководитель предприятия и руководитель структурного подразделения. Согласно нормативным и законодательным актам на Красноярской ТЭЦ-2 создан отдел охраны труда, который обеспечивает контроль за выполнением работниками требований охраны труда. Отделом охраны труда проводится работа по улучшению условий труда, проводятся консультации работников, в том числе и руководителей по вопросам охраны труда. На Красноярской ТЭЦ-2 организовано обучение работников охране труда. Обучение в подразделениях осуществляет отдел охраны труда или инженерно-технический работник, на которого возложены эти обязанности приказом руководителя предприятия.

Работодатель (или уполномоченное им лицо) обязан организовать в течении месяца после приема на работу обучение безопасным методам и приемам выполнения работ всех поступающих на работу лиц, а также лиц переводимых на другую работу.

Руководители и специалисты организаций проходят специальное обучение по охране труда в объеме должностных обязанностей при поступлении на работу в течение первого месяца, далее по мере необходимости, но не реже одного раза в три года.

Ответственность за организацию и своевременность обучения по охране труда работников ТЭЦ несет работодатель в порядке, установленном законодательством [28].

Для всех принимаемых на работу лиц, а также для работников на ТЭЦ проводят инструктажи: вводный, первичный на рабочем месте, повторный, внеплановый, целевой. При проведении инструктажей (первичного, повторного, внепланового), лицо их проводившее делает запись в журнале регистрации первичного инструктажа на рабочем месте с обязательной подписью инструктируемого и инструктирующего. При регистрации внепланового инструктажа указывают причину, вызвавшую его проведение.

Численность обслуживаемого персонала объектов системы внешнего и внутреннего золошлакоудаления для ТЭЦ составляет 15 человек. Рабочие силосного склада и транспортировки работают в одну 8 часовую смену, с перерывом на питание 45 минут. Выходные дни в соответствии с Трудовым кодексом РФ и с утверждённым Генеральным директором графиком работы на год. График работ сторожей гидротехнических сооружений золоотвала 1 сутки через трое.

Администрация предприятия по согласованию с профсоюзным комитетом устанавливает на основании отраслевых норм перечни работ и профессий, дающих право рабочим и служащим на бесплатное получение спецодежды, спец. обуви и других средств индивидуальной защиты [29].

По характеру трудовой процесс относится к безопасным условиям труда с допустимыми условиями:

- Управление и контроль отбором сухой золы, а также ее транспортировкой на склад ведется с технологических щитов;
- На оборудовании устанавливаются соответствующие датчики контроля технологических параметров;
- Управление и контроль работы силосного склада и оборудования по отгрузке золы ведется со щита, установленного в здании, пристраиваемом к силосному складу;
- Процесс работы силосного склада и оборудования по отгрузке золы предусматривает различные виды технологических защит и сигнализаций.

Все аппараты систем пневмозолоудаления под давлением, насосно-компрессорные установки, коммуникации, оборудование, аппаратура, предохранительные устройства, контрольно-измерительные приборы, средства автоматики и блокировки эксплуатируются с соблюдением правил Госгортехнадзора и специальных правил и норм.

Рассматриваемый технологический процесс не использует ядовитые вещества, из вредных веществ, способных оказывать воздействие на организм человека – зола.

8.2 Производственная безопасность

8.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов

Проведенные работы сопровождаются как вредными, так и опасными факторами. Все вредные и опасные факторы переработки и складирования отходов Красноярской ТЭЦ-2 [30].

Таблица 28- Основные элементы производственного процесса.

Этап работ	Наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
		Опасные	Вредные	
Переработка расплавленного шлака из топки котлов БКЗ-500 и БКЗ-380	Охлаждение, грануляция и сепарация шлакового отхода Красноярской ТЭЦ-2 с помощью оборудования.	1.Электрический ток 2.Движущиеся шины и механизмы; подвижные части производственно	1.Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны. 2.Повышенный уровень шума на рабочем месте 3.Повышенный уровень вибрации.	ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ;
Получение порошка шлаковязущего материала	Размельчение гранулированного шлака с помощью помольного оборудования	го оборудования;		
Смешение и грануляция золы-унос и шлаковязущего компонента	Смесительно-грануляционные процессы для получения конечного продукта БЗГП.			
Складирование не переработанных отходов на специальных сооружениях	Складирование золы и шлака на золоотвалах Красноярской ТЭЦ-2			

Источниками пыли являются пневмопроводы и силоса сбора золы и шлака. Пыль относится к 4 классу опасности, аэрозольная, фиброгенного воздействия. Предельно-допустимая концентрация (ПДК) составляет для шлаковой пыли – 0,3 мг/м³, по золы – 0,05 мг/м³ [31].

Источниками шума на золоотвале являются автотранспортная и карьерная техника, предельно допустимый уровень звукового давления – 80 дБ. Также, необходимо учесть шум в объектах переработки золошлаковых отходов: при работе гидромонитора и валковой мельницы, предельно допустимый уровень звукового давления – 75 дБ [32].

Источниками вибрации в технологической схеме переработки золы и шлака являются помольное оборудование, а именно валковые мельницы «Loesche» для помола гранулированного шлака. Вибрации возникают из-за неустойчивости толщины слоя материала на помольном столе. Предельно допустимый уровень технологической вибрации – 103 дБ [33].

Также, вследствие эксплуатации грануляционно-смесительного и помольного оборудования, существуют опасные факторы в виде поражения человека электрическим током или движущим механизмом мельницы.

8.2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия

8.2.2.1 Классификация средств защиты от производственной пыли

Рассмотрим методы и средства защиты, позволяющие не допустить попадания системы «человек-техника-среда» в состояние происшествия, а в лучшем случае – не допустить выхода системы из безопасного состояния. В общем случае все средства коллективной защиты от пыли сводятся к следующим организационным и техническим мероприятиям:

1. Замена пылящих материалов непылящими.
2. Увлажнение пылящих материалов.
3. Применение различных вентиляционных систем.
4. Герметизация помещений и материалов, применение защитно-обеспыливающих кожухов.

5. Систематическая влажная уборка помещений.

6. Организация рационального режима труда и отдыха.

Четко разграничить защитные мероприятия по параметрам источников опасности в данном случае сложно. Однако в общем можно утверждать, что снижение мощности источника опасности (в данном случае преимущественно концентрации пыли в воздухе) обеспечивается первыми пятью мероприятиями, а увеличение расстояния до источника опасности и уменьшение времени опасного воздействия – шестым видом мероприятий [34].

Защитные мероприятия реализуются в ситуации, когда система уже находится в опасном состоянии и направлены на недопущение попадания системы в состояние происшествия и на перевод системы в безопасное состояние. К таким относятся, в том числе, средства индивидуальной защиты. Средства индивидуальной защиты от пыли на практике заключаются в использовании респираторов, масок, спецодежды, спецобуви и средств защиты рук.

8.2.2.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте

При разработке технологических процессов, проектировании, изготовлении и эксплуатации машин, производственных зданий и сооружений, а также при организации рабочих мест следует предусматривать необходимые меры по снижению шума, воздействующего на человека, до значений, не превышающих предельно допустимые. Защита от вредного воздействия производственного шума работающих осуществляется следующими методами: защита по мощности; защита по расстоянию; защита по времени; комбинированная защита; комплексная защита.

Защита по отношению к защищаемому объекту подразделяются на:

- средства коллективной защиты (СКЗ);
- средства индивидуальной защиты (СИЗ) [35].

Средства коллективной защиты от мощности источника - это средства снижающие количество энергии источника шума воздействующей на человека или окружающую среду, к ним относятся:

- снижение шума в источнике;
- акустическое экранирование (средства, снижающие шум на пути его распространения от источника до защищаемого объекта)
- изменение направленности излучения шума.

Индивидуальные средства защиты:

- противошумные вкладыши;
- противошумные наушники;
- противошумные шлемы.

8.2.2.3 Повышенный уровень вибрации

В тех случаях, когда из-за помольного оборудования фактические значения гигиенических характеристик вибрации превышают допустимые значения, применяются средства защиты от вибрации.

Средства защиты от вибрации по организационному признаку делятся на коллективные и индивидуальные [36].

Средства коллективной защиты:

- использованием конструктивных материалов с большим внутренним трением;
- нанесением слоя упруговязких материалов, обладающих большими потерями на внутреннее трение;
- использованием поверхностного трения;
- переводом механической колебательной энергии в энергию токов Фуко или электромагнитного поля.
- использованием технической возможности отсутствия контакта оператора с вибрирующим объектом

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) рук, ног и тела оператора от вибрации используются на производстве в случае необходимости. В качестве СИЗ рук от вибрации применяются антивибрационные рукавицы.

8.2.2.4 Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования

Средства коллективной защиты разделяются на устройства: оградительные, предохранительные, тормозные, автоматического контроля и сигнализации, дистанционного управления и знаки безопасности. Средства коллективной защиты также можно классифицировать:

- от мощности источника опасности: предохранительные защитные устройства, ограничительные устройства;
- по времени опасного воздействия: блокировочные устройства;
- по расстоянию опасного воздействия: оградительные устройства и знаки безопасности.

Средства индивидуальной защиты: все работы, ведущиеся с применением движущихся механизмов должны производиться строго в специальной одежде: специальных рабочих костюмах, халатах или робах, - для исключения попадания свисающих частей одежды на быстродвижущиеся детали. Требования, предъявляемые к специальной одежде: обеспечение наибольшего комфорта для человека и максимальной безопасности [37].

8.2.2.5 Электробезопасность

Для обеспечения безопасной работы большое значение имеет правильный выбор материала оборудования в соответствии со средой, которая находится в аппарате, с температурой и давлением, при которых идет процесс.

Поскольку не только специалисты электрики, но и обслуживающий персонал основного производства связан с эксплуатацией электротехнического оборудования, то вопросы электробезопасности, а также основные эффективные меры защиты людей от возможного соприкосновения с

токоведущими частями электроустановок – основа максимального снижения вероятности поражения эксплуатационного персонала электрическим током.

Защита людей от поражения электрическим током сводится к следующему:

- провода, проложенные по поверхности сооружений и механизмов, бронируются для защиты от повреждений, с помощью металлорукавов;
- производится периодический контроль изоляции (визуальный, приборный);
- все двигатели, щиты, электроприборы имеют надежное заземление;
- используются устройства защитного отключения, которые автоматически отключают поврежденное оборудование (тепловые реле, автоматические выключатели);
- применение индивидуальных защитных средств (штанги, клещи, инструмент с изолирующими ручками, диэлектрические боты, галоши, перчатки, резиновые коврики, подставки).

Для обеспечения электробезопасности при проведении электротехнических работ производится ограждение места работы и вывешивание предупредительных надписей, изолируются токоведущие части.

При ремонтных работах с приборами и средствами автоматизации возможно поражение электрическим током. Для избежания прохождения электрического тока через тело человека, корпуса данных устройств заземлены.

Все вводы электропроводок к электропотребителям осуществляются через задние стенки щитов.

Вся электрическая проводка проложена в защитных коробах, которые в свою очередь заземлены [38].

8.3 Экологическая безопасность

Золоотвалы, места переработки и складирования шлака и золы характеризуется сложным и многофакторным взаимодействием с окружающей средой, в результате чего отрицательное воздействие на живые организмы,

включая человека. Последствия эксплуатации золоотвалов описаны следующие эффекты:

- А) загрязнение воздуха во время пыления;
- Б) загрязнение почвы и достижения растительности;
- В) фитотоксичность;
- Г) воздействие на подземные воды;
- Д) воздействия на поверхностные воды;

Влияние выпадающих из атмосферы частиц золы на почвы и растительность выражается в трансформации первичных почв в почвы особого

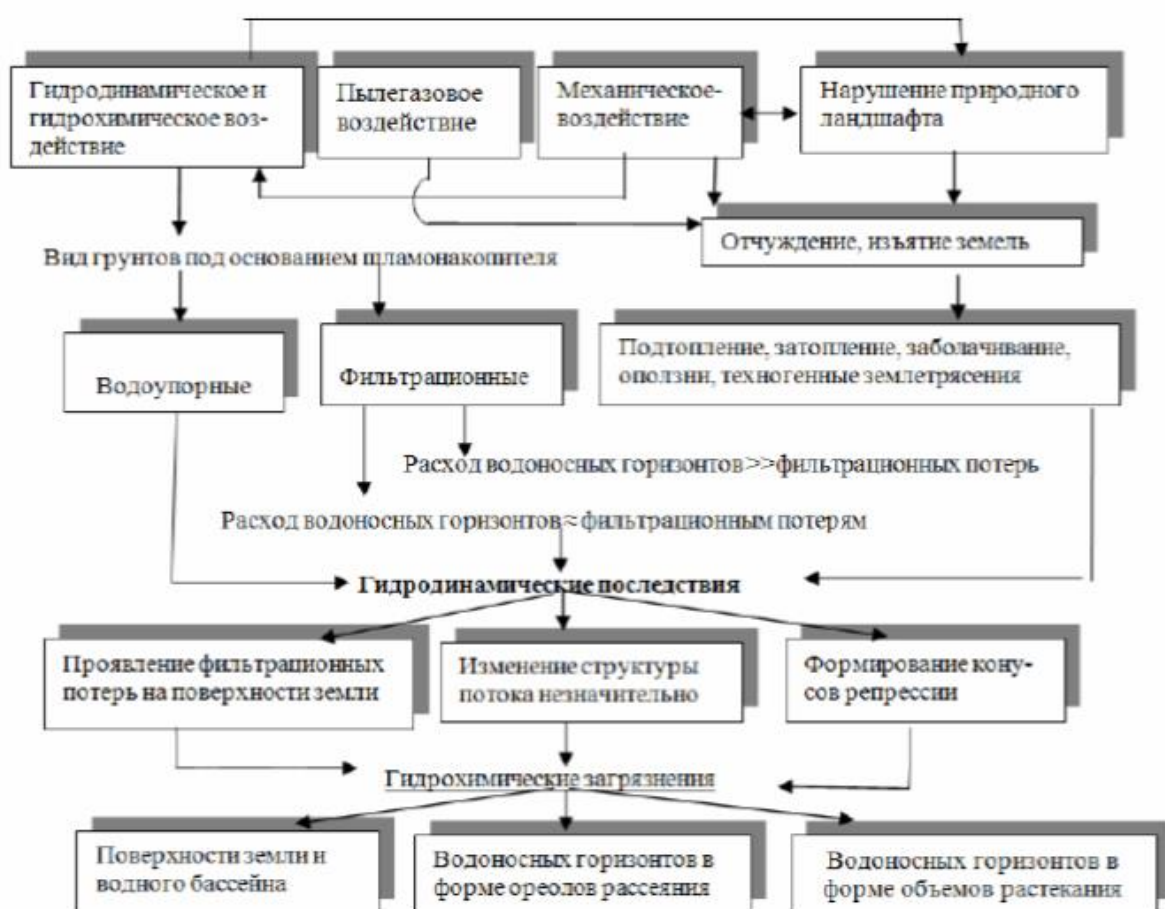


Рисунок 11 - Факторы воздействия накопителя золошлаков

рода – вторичноповерхностно-карбонатные почвы с содержанием карбоната кальция до 10-12 %. Значительную трансформацию претерпевают и почвенные воды – их минерализация возрастает до 500-1000 мг/дм³, в составе появляются сульфаты, а показатель рН приобретают выраженную щелочную реакцию.

Помимо химического загрязнения почв макро- и микроэлементами, поступление зольных частиц способно изменить важные физические свойства почв (плотность, проницаемость для газов и воды, пористость, влагоемкость и др.) [39].

Изменение состава почв влечет за собой трансформацию растительности. Поступление выщелачиваемых из золошлаковых отходов растворенных солей и токсичных элементов и их миграция в почвенные воды вблизи отвалов во многих случаях создает проблемы для растительности, а также для людей и животных. Учитывая то, что почвы рассматриваемого региона в основном кислые, поступление золы КАУ обычно оценивают положительно, сравнивая его с известкованием почв. Последствия фитотоксичности растений, выращиваемых в районе влияния золоотвалов, на людей и животных до настоящего времени не изучены.

Влияние золоотвалов на состояние грунтовых вод в районе их размещения определяется следующими факторами: а) качеством осветленной воды золоотвала, фильтрующейся из отстойного пруда и пляжа-намыва; б) мощностью фильтрационного потока из золоотвала; в) гидрогеохимической ситуацией в районе размещения золоотвала; г) совокупностью механизмов природной защищенности района; д) изменением во времени физико-механических характеристик, намытых золошлаков вследствие коагуляции их мелкодисперсными частицами золы и кристаллическими новообразованиями, а также вследствие возможных цементационных процессов, уменьшающих фильтрационные утечки [39].

Вследствие многочисленного отрицательного воздействия золошлакоотвалов на экологию, существует перечень необходимой документации для безопасной эксплуатации сооружений складирования отходов предприятий ТЭС:

- 1) Закон об охране окружающей природной среды Федеральный закон «Об охране окружающей среды» регулирует отношения в сфере взаимодействия общества и природы, возникающие при осуществлении

хозяйственно и иной деятельности, связанной с воздействием на природную среду как важнейшую составляющую окружающей среды, являющуюся основой жизни на Земле, в пределах территории Российской Федерации.

2) Водный кодекс Российской Федерации. В целях предупреждения и устранения загрязнения водных объектов определяются источники их загрязнения. Источниками загрязнения признаются объекты, с которых осуществляется сброс или иное поступление в водные объекты вредных веществ, ухудшающих качество поверхностных и подземных вод, ограничивающих их использование, а также негативно влияющих на состояние дна и берегов водных объектов. Охрана водных объектов от загрязнения осуществляется посредством регулирования деятельности как стационарных, так и других источников загрязнения. При размещении, проектировании, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию хозяйственных и других объектов, а также при внедрении новых технологических процессов должно учитываться их влияние на состояние водных объектов и окружающую среду.

3) Стандарт ГОСТ 17.4.3.04-85 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения» предназначен для контроля за загрязнением почв выбросами, сбросами, отходами, стоками и осадками сточных вод промышленных предприятий, жилищно-коммунального хозяйства, сельского хозяйства, транспорта и других источников загрязнения почв, а также средствами химизации сельскохозяйственных и лесных угодий.

При проведении контроля за загрязнением почв следует учитывать класс опасности химических веществ по ГОСТ 17.4.1.02 - 83, степень опасности патогенных и условно-патогенных организмов и соблюдать следующие требования:

- использовать физико-химические и биологические методы, позволяющие получить достоверную качественную и количественную информацию о наличии загрязнителей в почве. Пределы обнаружения контролируемых веществ должны быть не выше нормативов допустимого количества этих веществ в почве;

- определять количество загрязняющих веществ, способных придавать почве фитотоксические свойства, а также оказывать отрицательное воздействие на качество почвы и растительной продукции в почвах

4) ГОСТ 17.1.3.13-86 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод». Настоящий стандарт распространяется на поверхностные воды и устанавливает общие требования к охране их от загрязнения.

При использовании водных объектов необходимо проводить комплекс мероприятий по предотвращению их загрязнения, засорения и истощения. В поверхностные воды не допускается сброс стоячих вод, вызывающих загрязнения водных объектов. Степень очистки сточных вод определяется их составом и свойствами, ассимилирующей способностью водного объекта и требованиями водопользователей к качеству воды. Для объектов, представляющих потенциальную угрозу загрязнения поверхностных вод, должны быть разработаны план мероприятий и инструкции по предотвращению аварий на этих объектах. Качественные и количественные показатели состояния поверхностных (степень загрязненности) и сточных вод следует контролировать с помощью надежной системы наблюдений, контроля и оценки. Они подлежат государственному учету.

5) Стандарт ГОСТ 17.1.3.06-82 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод» устанавливает общие требования к охране подземных вод от загрязнения.

При осуществлении хозяйственной деятельности должно быть исключено попадание загрязняющих веществ в подземные воды из источников их загрязнения. Мероприятия по охране вод от загрязнений должны быть основаны на данных инженерно-геологических изысканий, фильтрационных расчетах и прогнозах миграции загрязняющих веществ в подземных водах с учетом особенностей загрязняющих веществ.

6) Согласно ГОСТ 17.5.3.04 - 83 «Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель», который устанавливает общие

требования к рекультивации земель, нарушенных при разработке месторождений полезных ископаемых, при открытых горных работах рекультивации подлежат внутренние и внешние отвалы, карьерные выемки и другие территории, нарушенные горной деятельностью. Рекультивации подлежат нарушенные земли всех категорий, а также прилегающие земельные участки, полностью или частично утратившие продуктивность в результате отрицательного воздействия нарушенных земель.

8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуации на объекте переработки и складирования золы и шлака является пожарная опасность.

На Красноярской ТЭЦ-2 существует пожарная служба, которая осуществляет контроль за состоянием пожарной безопасности. В складе установлены телефоны, по которым при обнаружении очагов возгорания персонал оповещает пожарную службу.

Для обеспечения пожарной безопасности в здании предусмотрены противопожарные зоны. Используются также огнестойкие преграды, как по вертикали, так и по горизонтали, чтобы ограничить распространение огня в этих направлениях.

Система противопожарного водоснабжения состоит из водопроводной сети, предназначенной для питания пожарных автомашин, ручных и лафетных стволов. Вода подается пожарными насосами. Противопожарное водоснабжение относится к одному из основных устройств пожаротушения на объекте и включает в себя:

- насосные станции;
- сеть трубопроводов по территории с установкой гидрантов, а также сеть трубопроводов в зданиях и сооружениях с пожарными кранами.

Все помещения, расположенные на территории золоотвала обеспечены первичными средствами пожаротушения и пожарным инвентарем. Месторасположение первичных средств пожаротушения и пожарного

инвентаря согласовано с местной пожарной охраной. Размещены первичные средства пожаротушения вблизи мест наиболее вероятного их применения, на виду, с обеспечением к ним свободного доступа. Пожарные щиты установлены на видных и легко доступных местах, ближе к выходам из помещений с примерным набором:

- пенные огнетушители – 2 шт.;
- углекислотные огнетушители – 1 шт.;
- ящики с песком – 1 шт.;
- плотное полотно (асбест, войлок) – 1 шт.;
- ломы – 2 шт.;
- багры – 3 шт.;
- топоры – 2 шт.

Тушение электроустановок и оборудования под напряжением химической пеной, воздушно-механической пеной средней кратности производится только после их обесточивания.

Пожарная сигнализация осуществляется тепловыми извещателями ИП 105-211 и ручным извещателем ИПР. В случае возникновения пожара предусмотрена система оповещения людей о пожаре (сирена), на видных местах вывешены планы эвакуации людей. Также существует световая сигнализация в виде мигающих ламп красного цвета внутри помещения [40].

Заключение по разделу

В шестом разделе были рассмотрены вопросы социальной ответственности, к которым относятся: правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, производственная безопасность, экологическая безопасность, а также безопасность в ЧС. Все эти вопросы были изучены в приложении к процессу исследования технологии переработки и складирования золы и шлака.

По итогам раздела необходимо отметить, что в части «Профессиональная социальная безопасность» были проанализированы

вредные и опасные факторы, возникающие в ходе исследовательского процесса. К ним относятся: повышенная запыленность воздуха рабочей зоны, повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибрации, поражение электрическим током и подвижные части производственного оборудования. Все эти факторы при превышении установленных норм негативно влияют на здоровье человека, вызывая долгосрочные ухудшения его состояния или травмы.

В части «Экологическая безопасность» были рассмотрены возможные негативные последствия, влияющие на окружающую среду, в ходе рабочего процесса.

В качестве наиболее вероятной ЧС в заключительной части раздела была рассмотрена пожарная опасность. Для этой ЧС были разработаны организационные мероприятия по её предотвращению и устранению.

Заключение

В настоящее время, большинство угольных электростанций рассматривают возможность переработки и утилизации золы и шлака с перспективой полного отказа от транспортировки отходов на золоотвал для снижения отрицательного воздействия на экологию.

Красноярская ТЭЦ-2 несколько лет активно занимается реализацией продукта ЗШМ, который производят на промышленной площадке золоотвала №2. Однако, эта деятельность не дает достижимого результата по утилизации большего количества отходов из-за низкой пригодности продукта ЗШМ. Данная проблема возникает почти на всех электростанциях России, которые работают на твердом топливе.

Решением этой проблемы является проектирование и внедрение продукта, которого до недавних пор не было на российском рынке, а именно - комплексной системы работы с золой-унос и расплавленным шлаком электростанции.

В данном проекте была разработана похожая система переработки золы и шлака, опираясь на научные исследования, опыт внедрения подобных систем в России, патентные разработки в области переработки отходов и прочее. Были решены следующие задачи:

1. С целью эффективного внедрения и проектирования промышленного комплекса была описана система золошлакоудаления КТЭЦ-

- 2.

2. Исследованы физико-механические и химические свойства всех видов зол и шлаков данной электростанции, определены факторы, которые влияют на их стабильность.

3. Определены направления использования продукта переработки золы и шлака в промышленности, строительстве и сельском хозяйстве.

4. Были рассмотрены схемы переработки ЗШО и сопутствующее к ним техническое оборудование.

5. Изучена золоулавливающая система КТЭЦ-2, проведены расчеты выхода золы, шлака, дымовых газов из котельного оборудования.

6. Проведен анализ рынка сбыта золошлаковых материалов, изучены проблемы их масштабной реализации. Перечислены задачи для решения проблем с реализацией продукта.

7. Рассчитана экономическая перспектива данного проекта.

Список используемых источников

- [1] - Кожуховский И.С., Величко Е.Г., Целыковский Ю.К., Цховребов Э.С. Организационноэкономические и правовые аспекты создания и развития производственно-технических комплексов по переработке золошлаковых отходов в строительную и иную продукцию // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. Вып. 6. С. 756–773. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.6.756-773
- [2] – «Круглый стол» на тему «Законодательное регулирование использования золошлаковых отходов угольных ТЭС» [Электронный ресурс] // Министерство энергетики Российской Федерации. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/14014> (дата обращения 14.08.2019).
- [3] – Постоянный технологический регламент деятельности Красноярской ТЭЦ-2 АО «Енисейская ТГК (ТГК – 13)».
- [4]- Рабочий проект «Резервное складирование золошлаков Красноярской ТЭЦ 2» 2001. - С. 3-82 .
- [5] - Инструкция «По эксплуатации золоотвала №2 КП-45». - Красноярск, 2014 г.
- [6] - Фоменко Н.А. Применение окисленных бурых углей для повышения экологической безопасности утилизации золошлаковых отходов // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Москва, 2019.
- [7] - Калачёв А. И. Комплексная система утилизации ЗШМ // Консорциум Феникс, июнь 2017. – С. 32
- [8] - О.В. Афанасьева, Г.Р. Мингалеева, А.Д. Добронравов, Э.В. Шамсутдинов. Комплексное использование золошлаковых отходов // Проблемы энергетики, 2015, № 7-8/
- [9] - И.М. Щадов , И.И. Шестакова. Физико-химические свойства бурых углей восточной сибери и забайкальского края // Иркутский государственный технический университет, 2012

- [10] - Е. А. Пичугин. Аналитический обзор накопленного в российской федерации опыта вовлечения в хозяйственный оборот золошлаковых отходов теплоэлектростанций // ФГБУ УралНИИ «Экология, Пермь, 2019
- [11] - ГОСТ 25818–91. Зола-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия. Введ. 01.07.1991. М.: Изд-во стандартов, 1992.
- [12] - ГОСТ 25592–91. Смеси золошлаковые тепловых электростанций для бетонов. Технические условия. Введ. 01.07.1991. М.: Изд-во стандартов, 1992.
- [13] – Дмитриев И.И., Кириллов А.М. Золошлаковые отходы в составе бетона // Строймного, 2017. №3 (8)
- [14] – Рекомендации по проектированию золошлакоотвалов ТЭС // НИИ Атомтеплоэлектропроект, Ленинград, 1986
- [15] - Ф.Л. Капустин, В.М. Уфимцев. Российские стандарты по использованию золошлаков теплоэнергетики в производстве строительных материалов. Материалы II научно-практического семинара «Золошлаки ТЭС: удаление, транспорт, переработка, складирование», Москва, 23–24 апреля 2009 г. — М.: Издательский дом МЭИ, 2009. С. 57 – 64.
- [16] - Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы.—М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006.— 15 с.
- [17] - Способ переработки золошлаковых отходов тепловых электростанций для производства строительных изделий: пат. 2515786 Рос. 99 Федерация: МПК7 С 04 В 18/10 / Ерихемзон-Логвинский Л.Ю., Нойбергер Н., Рахлин М.Я., Целыковский Ю.К., Зыков А.М.; заявитель и патентообладатель ОАО «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени теплотехнический научно-исследовательский институт», СТАЙНБАЙСТрансферцентр «Интернациональное использование знаний и менеджмент технологий». - № 2012146269/03; заявл. 31.10.2012; опубл. 20.05.2014, Бюл. № 14. – 13 с.
- [18] - Л.А. Зайнуллин , Д.В. Мехряков , В.Г. Грезнев , Чэнь Кай. Опыт ОАО «ВНИИМТ» внедрения и эксплуатации технологии припечной грануляции

доменного шлака в китайской народной республике // ОАО «ВНИИМТ», г. Екатеринбург

[19] – Мельницы «Loesche» для помола сырьевых материалов для производства цемента. [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании Loesche. URL: <https://www.loesche.com> (дата обращения 04.04.2020).

[20] – Консорциум Феникс. Комплексная система утилизации ЗШП [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании ЗАО «ПрофЦемент – Вектор». URL: <https://www.loesche.com> (дата обращения 04.04.2020).

[21] - Годовой отчет ОАО «Енисейская территориальная генерирующая компания (ТГК-13) за 2007 год».

[22] - Нормативы удельного расхода топлива на отпущенную электрическую и тепловую энергию от тепловых электростанций и котельных на 2007 год (утв. приказом Министерства промышленности и энергетики РФ от 3 августа 2006 г. N 183).

[23] – Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод. Кузнецов Н.В., Митор В.В., Дубовский И.Е., Карасина Э.С. (ред.). 1973

[24] – Современные природоохранные технологии в электроэнергетике: Информационный сборник / под общей редакцией В.Я. Путилова. – М: Издательский дом МЭИ, 2007. – 388 с

[25] – В. К. Гаак, В. М. Лебедев, М. С. Шерстобитов. Проблемы использования золошлаковых материалов тепловых электростанций // Омский государственный университет, 2017

[26] - Способ получения гранулированного азотного удобрения или мелиоранта из золошлаковой смеси: пат. 2545791 Рос. Федерация: МПК7 С 05 G 3/04 / заявитель и патентообладатель Ли М.А., Жданов А.В., Гиндемит А.М., Шевцов В.Р. - № 2013141432/13; заявл. 09.09.2013; опубл. 10.04.2015 , Бюл. № 10. – 6 с

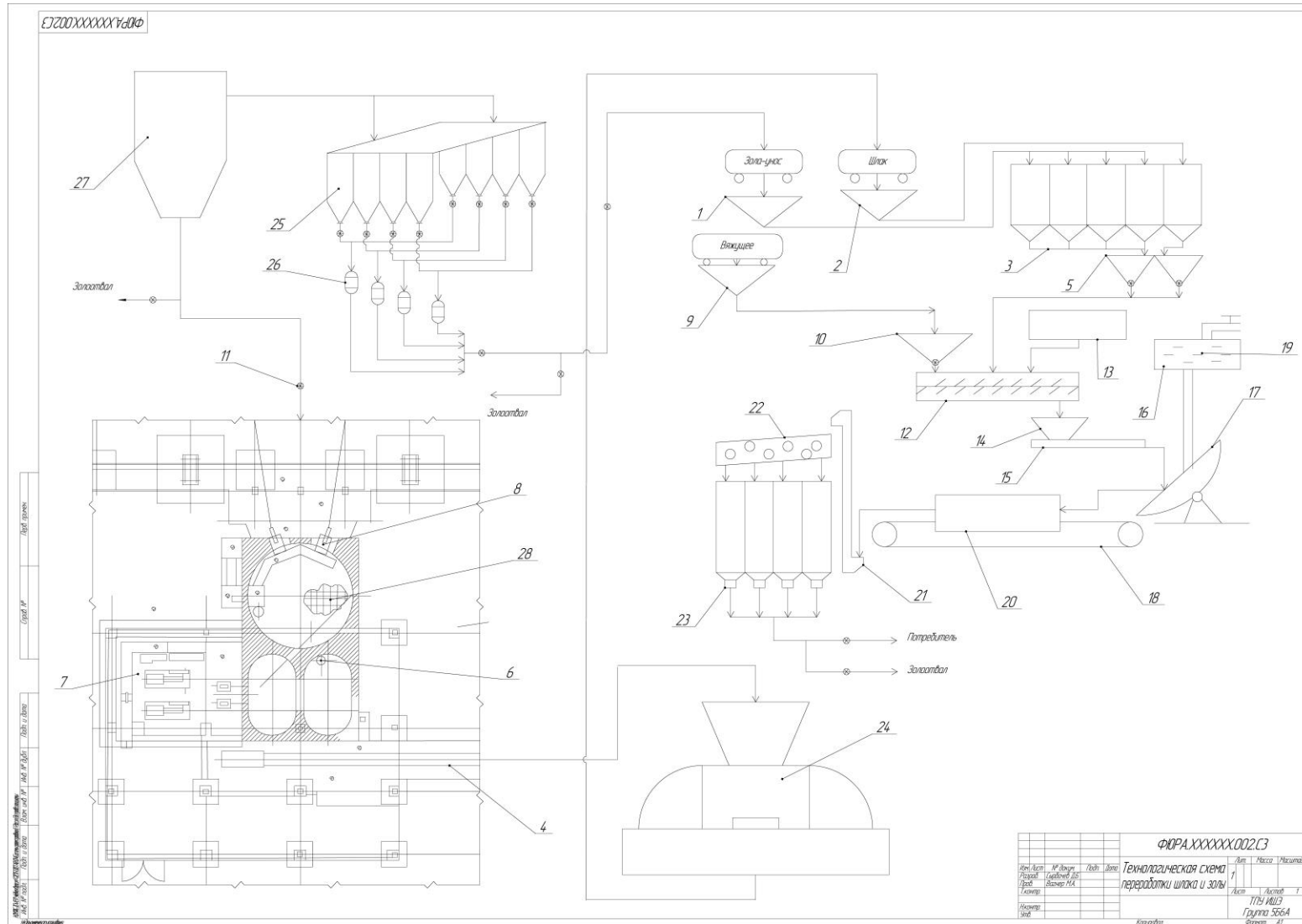
[27] - Фролов А.В., Бакаева Т.Н. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда. – Ростов на Дону: Феникс, 2008. – 750 с

[28] – Постановление Минтруда и Социального развития РФ №1/29 от 13.01.03.

- [29] – ГОСТ 12.0.004-90 ССБТ Организация обучения безопасности труда. Общие положения.
- [30] - Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы бакалавров магистров /Сост. Н.В. Крепша. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – 53 с.
- [31] - ГН 2.1.6.695-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.
- [32] - ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.
- [33] - СН 2.2.4/2.1.8.566. Санитарные нормы. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.
- [34] – Методы и средства защиты человека от опасных и вредных производственных факторов. Учебное пособие /Сост. И.М. Башлыков, О.В. Бердышев, Л.М. Веденева, С.Н. Костарев, О.В. Кушнарера, О.В. Лонский, Г.Б. Лялькина, А.Д. Овсянкин, Л.В. Плахова, Т.Г. Середина, В.А. Трефилов, Г.А. Цветков, А. Е. Шевченко/ под ред. В.А. Трефилова. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. – 346 с.
- [35] - ГОСТ 12.4.011 - 89. «Средства защиты работающих» Классификация.
- [36] -ГОСТ 26568-85 «Вибрация. Методы и средства защиты. Классификация».
- [37] - ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ «Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация.»
- [38] - ПОТ Р М 916-2001, РД 153-34.0-03.150-00. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2001. – 209 с
- [39] - Озерский Дмитрий Андреевич. Складирование золошлаковых отходов ТЭС в карьерах: диссертация кандидата технических наук: 05.14.01 Красноярск, 2007 129 с. РГБ ОД, 61:07-5/3069

[40] - ГОСТ 12.1.004 – 90 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
Сизм. №1 от 10.1993 г. – Переиздание 01.1996 г.

Приложение 1. Графический материал



Приложение 2. Спецификация к графическому материалу

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
<i>Перв. примен.</i>						
<i>Справ. №</i>						
		1		Бункер для приема золы	1	
		2		Бункер для приема шлака	1	
		3		Аэрожелоб	1	
		4		Галерея конвейера шлака	1	
		5		Расходный бункер	2	
		6		Эрлифт	1	
		7		Прямок с насосами	1	
		8		Гидромонитор	2	
		9		Бункер вяжущего компонента	1	
		10		Расходный бункер вяжущего	1	
		11		Дозатор	22	
		12		Смеситель	1	
		13		Бак для добавки воды	1	
		14		Бункер для смеси	1	
		15		Шнековый питатель	1	
		16		Бак с водой	1	
		17		Тарельчатый гранулятор	1	
		18		Ковшовый конвеер	1	
		19		Водопровод	1	
		20		Пропарочная камера	1	
		21		Цепной элеватор	1	
		22		Барабанный грохот	1	
		23		Силос	4	
		24		Валковая мельница	1	
		25		Электрофильтр	1	
ФЮРА.XXXXXXX.002.C3						
Изм./лист		№ докум.		Подп.		Дата
Разрад.		Сырдачев Д.Б.				
Проб.		Вагнер М.А.				
Изм. № подл.						
Н.контр.						
Утв.						
Технологическая схема переработки шлака и золы				Лит.	Лист	Листов
					1	2
				ТПУ ИШЭ Группа 5Б6А		
Копировал				Формат		А4

