

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт Электронного обучения  
Направление подготовки Теплоэнергетика и теплотехника  
Кафедра Атомных и тепловых электростанций

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Реконструкция системы золошлакоудаления с переходом на сухое удаление на Березовской ГРЭС</b>

УДК 621.311.21.002.5:621.182.9

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б2А2	Наливайко Андрей Павлович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель	Зайцев Владимир Валерьянович			

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель	Кузьмина Н.Г.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Василевский М.В.	Кандидат технических наук		

По разделу «Нормоконтроль »

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель	Вагнер М.А.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
АТЭС	Матвеев А.С.	Кандидат технических наук		

**Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы бакалавриата  
по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
P1	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе <i>на иностранном языке</i> , разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты <i>комплексной</i> инженерной деятельности.
P2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении <i>комплексных</i> инженерных задач.
P3	Демонстрировать <i>личную</i> ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения <i>комплексной</i> инженерной деятельности с соблюдением правовых, социальных, экологических и культурных аспектов.
P4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
P5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
P6	Осознавать необходимость и демонстрировать <i>способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни</i> , непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P7	Применять <i>базовые</i> математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности <i>в широком</i> (в том числе междисциплинарном) контексте в <i>комплексной</i> инженерной деятельности в производстве тепловой и электрической энергии.
P8	Анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать и публиковать результаты решения задач <i>комплексного</i> инженерного анализа с использованием <i>базовых и специальных</i> знаний, нормативной документации, современных аналитических методов, методов математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования.
P9	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии, выполнять <i>комплексные</i> инженерные проекты с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, <i>современных</i> методов проектирования для достижения <i>оптимальных</i> результатов, соответствующих техническому заданию <i>с учетом</i> нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений.
P10	Проводить <i>комплексные</i> научные исследования в области производства тепловой и электрической энергии, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных, и их подготовку для составления обзоров, отчетов и научных

	публикаций с применением <i>базовых и специальных</i> знаний и <i>современных</i> методов.
P11	Использовать информационные технологии, использовать компьютер как средство работы с информацией и создания новой информации, осознавать опасности и угрозы в развитии современного информационного общества, соблюдать основные требования информационной безопасности.
P12	Выбирать и использовать необходимое оборудование для производства тепловой и электрической энергии, управлять технологическими объектами, использовать инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
<i>Специальные профессиональные</i>	
P13	Участвовать в выполнении работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов теплоэнергетического производства, контролировать организацию метрологического обеспечения технологических процессов теплоэнергетического производства, составлять документацию по менеджменту качества технологических процессов на производственных участках.
P14	Организовывать рабочие места, управлять малыми коллективами исполнителей, к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, планированию работы персонала и фондов оплаты труда, организовывать обучение и тренинг производственного персонала, анализировать затраты и оценивать результаты деятельности первичных производственных подразделений, контролировать соблюдение технологической дисциплины.
P15	Использовать методики испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства в соответствии с профилем работы, планировать и участвовать в проведении плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, в том числе, при освоении нового оборудования и (или) технологических процессов.
P16	Организовывать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования теплоэнергетического производства, контролировать техническое состояние и оценивать остаточный ресурс оборудования, организовывать профилактические осмотры и текущие ремонты, составлять заявки на оборудование, запасные части, готовить техническую документацию на ремонт, проводить работы по приемке и освоению вводимого оборудования.

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

**Институт Электронного обучения**  
Специальность подготовки **13.03.01 Тепловые электрические станции**  
Кафедра «Атомных и тепловых электростанций»

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой АТЭС ЭНИН  
А.С. Матвеев

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

\_\_\_\_\_  
(Дата)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

**Бакалаврская работа**

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

Студенту:

Группа	ФИО
<b>3-5Б2А2</b>	<b>Наливайко Андрей Павлович</b>

Тема работы:

<b>Реконструкция системы золошлакоудаления с переходом на сухое удаление на Березовской ГРЭС</b>	
Утверждена приказом директора (директора) (дата, номер)	<b>03.02.17 №609/С</b>

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p>(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.).</p>	<p>Объект проектирования –Березовская ГРЭС</p> <p>Режим работы – непрерывный.</p> <p>Топливо – березовский бурый уголь</p> <p>Параметры острого пара:</p> <p>давление – 23,5 МПа</p> <p>температура – 545 °С</p>
--	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Представить основные технические характеристики ГРЭС, дать описание основного и вспомогательного оборудования, характеристик сжигаемого топлива.</li> <li>2. Представить необходимую информацию об объемах сжигаемого на ГРЭС топлива, количестве образующихся золошлаковых отходов, действующей системе золоулавливания и золошлакоудаления. Характеристика и состояние действующего золошлакоотвала ГРЭС.</li> <li>3. Составить аналитический обзор существующих и перспективных способов утилизации, хранения, использования и переработки золошлаковых отходов (ЗШО) ТЭС с учетом уровня их воздействия на окружающую среду. Сформулировать основные достоинства и недостатки всех технологий.</li> <li>4. Представить подробное описание технологии золошлакоудаления и использования ЗШО, рекомендуемой для реализации на Березовской ГРЭС. Разработать технологическую схему золошлакоудаления.</li> <li>5. Разработать компоновку вновь устанавливаемого оборудования в главном корпусе и на генеральном плане ГРЭС.</li> <li>6. Выполнить оценку ущерба окружающей природной среде от складирования ЗШО на существующее положение и с учетом перехода на новую технологию удаления и складирования.</li> <li>7. Обосновать технико-экономическую целесообразность проекта.</li> <li>8. Проанализировать проектируемое оборудование, рабочие места на предмет выявления основных опасностей и вредностей, оценить степень воздействия их на человека и природную среду.</li> <li>9. Провести анализ полученных результатов проектирования, дать рекомендации по их практическому использованию.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>Существующая схема ГЗУ Березовской ГРЭС. Графические материалы к аналитическому обзору. Предлагаемая (проектная) схема золошлакоудаления ГРЭС. Компоновка оборудования золошлакоудаления.</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)</p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Введение</p>	<p>Старший преподаватель кафедры АТЭС Зайцев В.В.</p>
<p>1. Краткая характеристика ГРЭС</p>	<p>Старший преподаватель кафедры АТЭС Зайцев В.В.</p>
<p>2. Анализ существующей системы золошлакоудаления и складирования отходов Березовской ГРЭС.</p>	<p>Старший преподаватель кафедры АТЭС Зайцев В.В.</p>

3. Аналитический обзор существующих и перспективных способов утилизации, хранения, использования и переработки золошлаковых отходов (ЗШО) ТЭС	Старший преподаватель кафедры АТЭС Зайцев В.В.
4. Предложения по реконструкции системы ГЗУ с переходом на сухое удаление и складирование ЗШО.	Старший преподаватель кафедры АТЭС Зайцев В.В.
5. Экологические расчеты	Старший преподаватель кафедры АТЭС Зайцев В.В.
7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Старший преподаватель кафедры Менеджмента Кузьмина Н.Г.
8. Компонентные решения по установке нового оборудования	Старший преподаватель кафедры АТЭС Зайцев В.В.
9. Социальная ответственность	Доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности Василевский М.В.
Заключение	Старший преподаватель кафедры АТЭС Зайцев В.В.
<b>Название разделов, которые должны быть написаны на русском языке:</b>	
Введение	
1. Краткая характеристика ГРЭС	
2. Анализ существующей системы золошлакоудаления и складирования отходов Березовской ГРЭС.	
3. Аналитический обзор существующих и перспективных способов утилизации, хранения, использования и переработки золошлаковых отходов (ЗШО) ТЭС.	
5. Разработка предложений по реконструкции системы ГЗУ с переходом на сухое удаление и складирование ЗШО.	
6. Оценка ущерба окружающей среде от складирования ЗШО на существующее положение и по предлагаемой технологии.	
6. Компонентные решения по установке нового оборудования	
7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
8. Социальная ответственность	
Заключение	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	Январь 2017 г.
--	----------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры АТЭС	Зайцев В.В.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б2А2	Наливайко Андрей Павлович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
ЗБ2А2	Наливайко Андрею Павловичу

Институт	Электронного обучения	Кафедра	АТЭС
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Тепловые и атомные электрические станции

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p><i>Сухая система Золоудаления Березовской ГРЭС и влияние золоотвала</i></p> <p><i>Вид топлива – бурый уголь.</i></p> <p><i>Режим работы золоудаления – автоматический, без постоянного пребывания обслуживающего персонала.</i></p> <p><i>Режим работы котла – непрерывный.</i></p>
--	--

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

<b>1. Производственная безопасность</b> 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:	6.1. Анализ выявленных вредных факторов при эксплуатации системы золошлакоудаления и золоотвала- оценка шумового воздействия. 6.2. Анализ выявленных опасных факторов при эксплуатации золошлакоудаления и золоотвала - электробезопасность (молниезащита и заземление, система уравнивания потенциалов); - пожаровзрывобезопасность (первичные средства пожаротушения, установка блока котельной автоматики, установка автономной системы порошкового пожаротушения).
<b>2. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	- обеспечить соблюдение мер по охране труда граждан.
<b>2. Экологическая безопасность:</b>	- характеристика источников выбросов загрязняющих веществ в процессе эксплуатации системы золошлакоудаления- разработка мероприятий по охране окружающей среды.
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	- разработка программы организации и проведения противоаварийной тренировки на тему: « Действия персонала в случае террористического акта».
<b>Графический материал:</b>	- план автономной системы пожаротушения

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	20.02.2017 г.
--	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Василевский М.В.	к.т.н.		25.11.2016 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ЗБ2А2	Наливайко Андрей Павлович		20.04.2017 г..

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

Студенту:

Группа	ФИО
35Б2А2	Наливайко Андрею Павловичу

Институт		Кафедра	АТЭС
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.01 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	Должностной оклад инженера 17000 р Должностной оклад старшего преподавателя 19500 р
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизации основных фондов: 20%
3. Социальные отчисления	Социальные отчисления-30% от ФЗП

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

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Планирование НИР
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Смета затрат на проект
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение экономической эффективности проекта

## Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

--

## Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

## Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Наливайко Андрей Павлович			

## Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б2А2	Наливайко Андрей Павлович		



## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ГЗУ- гидрозолоушлакодаление

СЗУ- сухое золошлакоудаление

К-котель

ЭФ- электрофильтр

Ц-циклон

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа \_\_\_\_\_ 82 \_\_\_\_\_ с., \_\_\_\_\_ 5 \_\_\_\_\_ рис., \_\_\_\_\_ 8 \_\_\_\_\_ табл., \_\_\_\_\_ 40 \_\_\_\_\_ источников, \_\_\_\_\_ прил.

Ключевые слова: ГЗУ, ЗОЛА, ТУРБИНА, КОТЕЛ, СЗУ.

Цель работы – Представить обоснование реконструкции перехода с ГЗУ на СЗУ Березовской ГРЭС

В процессе исследования проводились: обоснование перехода на сухое золоудаление, компоновочные решения, разработка технологической схемы.  
В результате исследования было определено, что сухое золошлакоудаление более эффективно. И система сухого золошлакоудаления будет внедрена на Березовской ГРЭС

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ .....	13
1 ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРЭС, ОПИСАНИЕ ОСНОВНОГО И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ХАРАКТЕРИСТИКА СЖИГАЕМОГО ТОПЛИВА .....	14
1.1 Общая техническая характеристика предприятия.....	14
1.2 Характеристика и объем сжигаемого топлива .....	16
1.2.1 Характеристика золы уноса .....	16
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ СТАНЦИИ	
2.1 Тепловая схема	18
2.2 Характеристики основного оборудования электростанции .....	19
2.2.2 Характеристика котла П-67.....	20
2.3 Существующая система золоулавливания и золошлакоудаления Березовской ГРЭС .....	21
2.4 Характеристика золошлакоотвалов Березовской ГРЭС-1И его воздействие на окружающую среду	
2.4.1 Характеристика золошлакоотвалов	24
2.4.2 Воздействие золошлакоотвала Березовской ГРЭС на окружающую среду .....	26
3 ВОЗМОЖНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УДАЛЕНИЯ И СКЛАДИРОВАНИЯ ЗОЛОШЛАКОВ НА БЕРЕЗОВСКОЙ ГРЭС.....	28
3.1 Полусухой способ удаления высококальциевых золошлаков .....	28
3.2 Полумокрый способ удаления золошлаков.....	30
3.3 Гранулирование высококальциевых золошлаков.....	30
.....	32
3.4 Комбинированная технология золоудаления .....	32
4 ПРИМЕНЕНИЕ ЗОЛОШЛАКОВ БЕРЕЗОВСКОЙ ГРЭС В ДРУГИХ ЦЕЛЯХ .....	34
4.1 Потенциал реализации золошлаков от Березовской ГРЭС потребителям ...	34
5 РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ШЛАКОУДАЛЕНИЯ И ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ .....	37
5.1 Описание разрабатываемой системы шлакоудаления .....	37

5.2 Объем работы для двух блоков Березовской ГРЭС .....	39
6 РЕКОМЕНДУЕМАЯ И ПРЕДЛАГАЕМАЯ СИСТЕМА ЗОЛОШЛАКОУДАЛЕНИЯ НА БЕРЕЗОВСКОЙ ГРЭС .....	42
6.1 Рекомендуемая система золошлакоудаления.....	42
6.2 Предлагаемая система золошлакоудаления .....	46
6.2.1 Система сухого удаления шлака из холодной воронки котла.....	46
7 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	54
8 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	78
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	79

## ВВЕДЕНИЕ

Теплоэнергетические отходы от сжигаемого ископаемого топлива создают одну из острейших экологических проблем нашего времени, так как размещение отходов требует занятия значительных земельных ресурсов, а большое количество отходов, несмотря на их малую токсичность, создает постоянную угрозу химического загрязнения окружающей среды. Ежегодно в Красноярском крае на теплоэлектростанциях Красноярской энергосистемы образуется около 1,2 млн. т золошлаковых отходов. Мировыми тенденциями преодоления этих негативных последствий являются использование отходов (золы и шлака) для производства строительных материалов, а также захоронение отходов.

Проблема складирования золошлаковых отходов много лет представляет собой одну из острейших технологических и экологических проблем БГРЭС-1, В настоящее время из двух работающих агрегатов ГРЭС на золоотвал поступает ежегодно около 170 000 т золошлаковых отходов. 5% этого количества представлено шлаком, а остальное - золой. Первоначальный проект станции решил проблему золоотвала несколько схематично, заняв под него обширное пространство междуречья рек Базыра и Береша. Под пусковой комплекс станции были выстроены две первые секции гидротехнического сооружения (секция 1 и секция 2), расположенные в пойме р. Береша. Сейчас эти секции претерпели две реконструкции, выразившиеся в наращивании дамб в высоту, однако технические возможности такой реконструкции уже исчерпали себя и дальнейшее наращивание дамб невозможно. Кроме того, секции № 1 и № 2 частью своей площади вторгаются в водоохранную зону Береша, поэтому эксплуатацию этого сооружения рекомендуется прекратить в ближайшее время и начать на секциях рекультивационные работы.

# **1 ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРЭС, ОПИСАНИЕ ОСНОВНОГО И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ХАРАКТЕРИСТИКА СЖИГАЕМОГО ТОПЛИВА**

## **1.1 Общая техническая характеристика предприятия**

Березовская ГРЭС-1 - одно из крупнейших энергетических предприятий юга Красноярского края, являющееся также градообразующим предприятием, налоговые отчисления которого в районный бюджет составляют основную статью прибыли района. Располагаемая мощность ГРЭС-1600 МВт (два энергоблока по 800 МВт каждый). Основное оборудование спроектировано для работы на бурых углях разреза "Березовский-1" Канско-Ачинского угольного бассейна. Численность персонала составляет более 1 тыс. человек. Первый энергоблок находится в эксплуатации с 1987, второй - с 1991 г.

С начала эксплуатации в 1987 г. Березовской ГРЭС-1 по состоянию на 01 января 2008 г. выработано 68,4 млрд. кВт-ч электроэнергии.

На сегодняшний день ОАО "Березовская ГРЭС-1" - это динамично развивающееся предприятие, расположенное в 250 км от Красноярска, по соседству с Березовским угольным разрезом. ГРЭС – основной потребитель Березовского угля связана с разрезом открытым 15-километровым угольным конвейером производительностью около 4500 т/ч, аналогов которому нет в России. Затраты на транспорт топлива минимальны. Это снижает его стоимость и себестоимость электрической энергии и обеспечивает высокую конкурентоспособность Березовской ГРЭС на рынке. Уникальный, не имеющий аналогов котлоагрегат П-67 с Т-образной компоновкой и подвесной системой поверхностей нагрева для Березовской ГРЭС-1 был спроектирован Подольским заводом ЗиО. Котлоагрегат имеет паропроизводительность 2650 т/ч и закритические параметры острого пара. Каркас котла и каркас здания совмещены и все поверхности нагрева подвешены к каркасу. В освоении головного образца котла П-67 приняли участие ВТИ, СибВТИ, СКБ ВТИ, ЦКТИ, ОРГРЭС и другие ведущие институты.

Опыт эксплуатации показал, что не все технические решения, принятые на стадии проектирования, были оправданными, в связи с чем был проведен ряд мероприятий по реконструкции и модернизации, направленных на повышение надежности и экономичности работы котлоагрегата. После первых лет эксплуатации выявились недостаточная надежность работы поверхностей нагрева и значительное шлакование топки при номинальной нагрузке, для устранения которых с 1992 г. совместно с заводом-изготовителем проведены реконструкция топочно-горелочных устройств и модернизация узлов поверхностей нагрева.

В 2002 г. начаты работы с целью улучшения технико-экономических показателей и КПД котлоагрегатов Березовской ГРЭС-1, в результате чего должны снизиться затраты на топливо и уменьшиться себестоимость электроэнергии.

В 2001 г. на Березовской ГРЭС-1 была осуществлена реконструкция АСУ ТП энергоблока № 1. На нем внедрена полномасштабная АСУ ТП, обеспечивающая все функции управления и контроля. Она разработана ЗАО "Интеравтоматика" с использованием программно-технического комплекса ТПТС-51, производимого во ВНИИА по лицензии фирмы Сименс.

Работы по внедрению системы были проведены в рекордные не только для отечественной, но и для мировой энергетики сроки. Реализованный проект показал, что тесное сотрудничество заказчика и производителя, четкое разграничение обязанностей и работ, высокий профессионализм исполнителей приносит вполне реальные положительные результаты.

Внедрение автоматических регуляторов в полном объеме дало возможность оптимизации режима работы блока не только в стабильных, но и в переходных режимах и повысило его маневренность. Благодаря большому объему информации оперативный персонал имеет возможность видеть конкретные отклонения фактических параметров от нормативных, находить их причины и воздействовать на них в кратчайшие сроки.

Высокая надежность программно-технического комплекса, широкие функциональные возможности позволили в

короткие сроки ввести в работу в полном объеме автоматические регуляторы (включая сложные). В недалеком будущем планируется автоматический пуск блока.

## 1.2 Характеристика и объем сжигаемого топлива

Расчетными теплотехническими характеристиками топлива являются элементный состав рабочей массы  $(C^r, H^r, S_{p+o}^r, N^r, O^r)$ , зольность  $A^r$  и влажность  $W_i^r$  рабочего топлива, низшая теплота сгорания  $Q_i^r$ , выход летучих на горючую массу  $V^{daf}$  и температурные характеристики золы  $(t_a, t_b, t_c)$ .

Топливо: Березовское месторождение 2Б, №89

Характеристики топлива представлены в таблице 1[3]

Таблица 1- Характеристика топлива

Cr	44,80%
Hr	3,10%
Nr	0,40%
Or	13%
Sr	0,90%
Ar	3,70%
Wr	34,80%
Q <sub>нр</sub>	15,7 МДж/кг

Годовой объем сжигаемого топлива на два энергоблока составляет В=6,0 млн. тонн натурального топлива, теплота сгорания топлива. Годовой объем увлажненного шлака  $V_{шл}=64,0$  тыс. т/год, теплота сгорания  $Q_{н.р.}=6,13$  МДж/кг.

### 1.2.1 Характеристика золы уноса

Теплоэнергетическая зола углей Березовского месторождения минералогически представлена в основном силикатами, алюмосиликатами и ферритами кальция, оксидами кальция и магния, ангидритом. Зола гидратационно активна - реагирует с водой, изменяя свой состав и свойства.

Химический состав на бессульфатную массу:



$\text{SiO}_2$  – 30%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 11%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 11%;  $\text{CaO}$  – 42%;  $\text{MgO}$  – 6%;  $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$  -2%

Содержание окиси кальция может достигать более 50%. поэтому зола обладает значительной цементирующей способностью. По химическому составу в золе канско - ачинских углей содержится, кроме окиси кальция, значительное количество алюмосиликатов  $\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3$

По минералогическому составу зола состоит в основном из стекла и пепла (60...90 %), которые находятся «в сплаве» друг с другом. В меньшей степени присутствуют углистые частицы, шлак, тяжелые минералы. В составе тяжелых минералов находятся магнитные фракции (магнетит, лимонит).

Пылевидное сжигание топлива обуславливает преобладание в золе пылеватых и мелких фракций, более крупные частицы (шлак) содержатся в виде незначительных включений. После охлаждения ниже  $50^\circ\text{C}$  зола проявляет склонность конгломерации.

Снимки частиц золы на электронном микроскопе представлены на рисунке

1

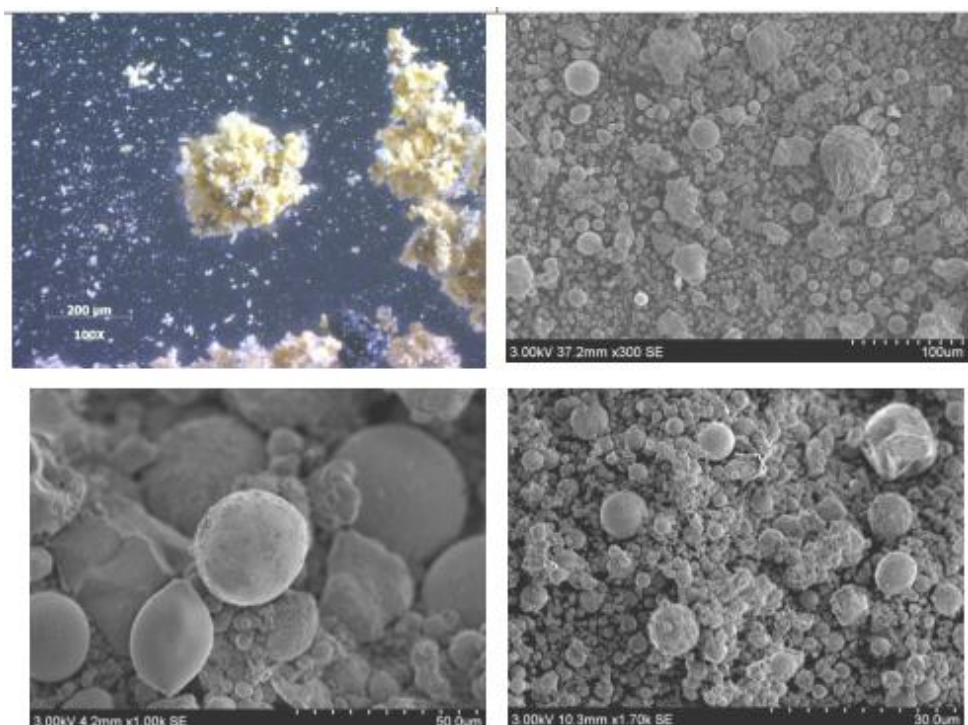


Рисунок 1- Снимки частиц золы

## **2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ СТАНЦИИ**

### **2.1 Тепловая схема**

Тепловая схема Березовской ГРЭС построена по блочному принципу и включает два однотипных энергоблока: ЭБ-1, ЭБ-2.

По классификации оборудования Березовская ГРЭС относится к электростанциям конденсационного типа с небольшим отпуском тепловой энергии в горячей воде. Нагрев воды осуществляется паром, отбираемым из нерегулируемых отборов турбин или в воздушно-водяном теплообменнике (ВВТО) котлоагрегата.

На энергоблоке применена одnobайпасная пусковая схема, обеспечивающая сброс пара в конденсатор в режимах пуска, останова, сброса электрической нагрузки, когда потребление пара турбиной меньше паропроизводительности котла. Отвод пара осуществляется через пускосбросное устройство (ПСБУ-1000) производительностью 1000 т/ч при расчетных параметрах пара: давлении  $255 \text{ кгс/см}^2$ , температура-  $545^\circ\text{C}$ .

Подвод пара к ПСБУ-1000 производится из перемычки на главных паропроводах непосредственно перед стопорными клапанами ЦВД турбины с целью обеспечения прогрева всей трассы паропроводов. Для охлаждения сбросного пара от ПСБУ подведена вода от промежуточной ступени ПН-1500-350 (давление  $69 \text{ кгс/см}^2$ , температура-  $160^\circ\text{C}$ ) и дополнительно от конденсатных насосов 3 ступени КсВ-1500-140. В этом случае давление пара в сбросном трубопроводе должно поддерживаться не выше  $6 \text{ кгс/см}^2$ .

Холодные и горячие паропроводы системы промперегрева выполнены двухпоточными без отключающей арматуры. Для обеспечения прогрева паропроводов промперегрева предусмотрен трубопровод подвода пара от ПСБУ СН в перемычку холодных паропроводов промперегрева.

Конденсационная установка предназначена для конденсации пара, отработавшего в турбине, создания и поддержания вакуума, подачи конденсата в деаэратор энергоблока через систему регенерации низкого давления, БОУ,

поддержания необходимого расхода воды в пароводяном контуре путем подпитки из БЗК или вывода воды из контура, сброса загрязненной воды из контура при промывке проточной части турбины, поддержания уровня воды в конденсаторе турбины, ПНД и в деаэраторе, подачи конденсата на уплотнение насосов, на впрыски, гидроприводы КОС и защиту ПВД.

Для подогрева основного конденсата и питательной воды турбина имеет восемь нерегулируемых регенеративных отборов пара. Регенеративная установка состоит из четырех подогревателей низкого давления(ПНД), деаэратора и двух групп подогревателей высокого давления(ПВД)- по три подогревателя в каждой группе.

ПНД №1,2 смешивающего типа, вертикальные, выполнены по схеме с перекачивающими насосами. ПНД №3,4 поверхностного типа, вертикальные. ПВД № 6,7,8 коллекторного типа, вертикальной конструкции со встроенными охладителями пара и конденсата.

## **2.2 Характеристики основного оборудования электростанции**

### **2.2.1 Турбины К-800-240**

Начальные параметры пара:  $P_0 = 23,54$  МПа,  $t_0 = 540$  °С, промперегрев пара производится при  $P_{пп} = 3,41$  МПа до  $t_{пп} = 540$  °С. Расчетная величина конечного давления  $P_k = 0,00343$  МПа при  $t_{1в} = 12$  °С. Частота вращения турбины  $n = 50$  Гц. Турбина состоит из пяти цилиндров: ЦВД, выполненный по петлевой схеме; ЦСД двухпоточный; и трех двухпоточных ЦНД. Парораспределение сопловое. Свежий пар подается к четырем параллельно включенным стопорным клапанам, расположенным по два с каждой стороны. К коробкам стопорного клапана приварены по две коробки регулирующих клапанов. От регулирующих клапанов по восьми трубам пар направляется к четырем паровпускным патрубкам, приваренным к наружному корпусу ЦВД и имеющим подвижное соединение с сопловыми камерами, вваренными во внутренний корпус ЦВД.

Роторы высокого и среднего давления турбины полностью цельнокованные; роторы ЦНД – с насадными дисками. Все соединительные муфты между роторами выполнены жесткими. Упорный подшипник располагается между ЦВД и ЦСД. Система корпусов турбины имеет три мертвые точки: для ЦВД, ЦСД и первого ЦНД она находится на их передних фундаментных рамах. В турбине применены сегментные опорные подшипники.

С каждой турбиной устанавливается бойлерная группа тепловой производительностью 140 Гкал/ч для подогрева сетевой воды без снижения электрической мощности ниже номинальной величины.

Турбина восемь регулирующих отборов пара: два из ЦВД, четыре из ЦСД и два из ЦНД. Конденсационная группа состоит из двух продольно расположенных в фундаменте однородных конденсаторов типа 800 КЦС-5. Для отсоса паро-воздушной смеси установлены три водоструйных эжектора типа ЭВ-7-1000, обеспечивающих протекание нормального теплообмена в конденсаторах. Конденсационная установка имеет три конденсационных насоса типа КСВ-1000-95 предназначенных для откачки конденсата из конденсатора и подачи его на БОУ.

Охлаждающая вода в конденсаторы подается двумя циркуляционными насосами типа ОВ-2-185.

Регенеративная схема предназначена для подогрева питательной воды паром до температуры 271°C, отбираемым из промежуточных ступеней турбины. В состав регенеративной установки входит следующее оборудование: ПВД, деаэратор, ПНД, охладитель пара из уплотнений, конденсатные насосы.

(Схема турбины представлена в приложении Б)

### **2.2.2 Характеристика котла П-67**

Котел Пп-2650-255 (П-67М) имеет Т-образную компоновку, однокорпусный. Стены выполнены из цельносварных газо-плотных панелей.

Каркасы котла и здания совмещены, а все поверхности нагрева, кроме трубчатого воздухоподогревателя (ТВП), подвешены к каркасу.

Была принята однокамерная призматическая топка высотой от середины холодной воронки до ширм 67 м, а до потолочных экранов – 83,5 м. Живое сечение квадратной топки  $23,08 \times 23,08$  м, отметка верха каркаса 118 м. Тепловые напряжения в топке приняты не высокими:  $q_v = 58,3$  кВт/м<sup>3</sup>, поперечного сечения топки  $q_F = 3,86$  МВт/м<sup>2</sup>. Размол угля осуществляется в МВ единичной производительности 70 т/ч по березовскому углю, количество мельниц восемь, одна из них резервная. Топка имеет 32 тангенциальные горелки прямоточного вдувания, установленных в четыре яруса по высоте. Подсушка топлива осуществляется газами с температурой 680 °С. От питательных насосов среда разделяется на два потока. Для увеличения массовых скоростей среды в нижней радиационной части (НРЧ) экранные поверхности разделены на два последовательных хода. В первый ход (НРЧ-1) идет 45,3 % расхода жидкости, остальные 54,7 % идут через байпас. Через НРЧ-2 идут все 100 % расхода среды. Таким образом, как в первом, так и во втором ходе НРЧ 2 массовые скорости одинаковы и составляют 1650 кг/(м<sup>2</sup>·с). Для того, чтобы при низких нагрузках имелась возможность дополнительного увеличения массовых скоростей в НРЧ, используется линия естественной циркуляции среды. Вторичный пар из ЦВД проходит вторичные перегреватели – конвективный и ширмовый, направляется в ЦСД.

## **2.3 Существующая система золоулавливания и золошлакоудаления Березовской ГРЭС**

Система золоулавливания Березовской ГРЭС состоит из батарейных циклонов и электрофильтров

### **2.3.1 Батарейные циклоны**

Батарейные циклоны (БЦ) котла предназначены для очистки от золы дымовых газов идущих на дымососы рециркуляции. На каждом котле установлено 16 бункеров батарейных циклонов, объединенных в 4

группы по 4 бункера в каждой. Каждая группа имеет свою золоосадительную станцию. Зола из каждой золоосадительной станции БЦ пневмотранспортом подается в основной газоход котла перед электрофильтрами.

### **2.3.2 Электрофильтры**

На котле установлены 3 электрофильтра. Каждый электрофильтр имеет 4 поля и форкамеру. С каждого поля и форкамеры зола попадает в бункера. На каждом поле и форкамере установлено по 4 бункера электрофильтров (БЭ).

Каждый электрофильтр имеет 20 БЭ (60 БЭ на один котел). Максимальный выход золы с электрофильтров одного котла составляет 33,3 т/ч. БЭ установлены на одной отметке +11.500 (отметка низа бункеров). Зола от каждого бункера пневмотранспортом собирается на золоосадительной станции (ЗОС), 2 ЗОС на газоочистную установку котла (3 электрофильтра). Из ЗОС пневмотранспортом зола подается на осадительную станцию в главном корпусе (ОС), где зола смешивается с водой и сбрасывается на всас багерных насосов. Характеристика электрофильтра Березовской ГРЭС представлена в таблице 2

Таблица 2- Характеристика электрофильтра

Наименование	Величина
Температура газов перед газоочисткой °С..	170
Секундный объем газов на входе в электрофильтр, $\text{м}^3/\text{с}$ :	
- максимальный	902,3
- средний	755,2
Входная запылённость дымовых газов (при А-9,0%), $\text{г}/\text{м}^3$	13,5
Выходная запылённость дымовых газов , $\text{г}/\text{м}^3$	0,135
Скорость газов (средняя и максимальная), $\text{м}/\text{с}$ -	1,3и1,55
Степень очистки дымовых газов, %	98,5
Рабочий расход дымовых газов перед электрофильтрами $\text{м}^3/\text{с}$	1365
Разрежение газов на входе, (кПа)	4,5
Аэродинамическое сопротивление электрофильтра, (Па)	150-200
Площадь активного сечения, $\text{м}^2$	293,6
Количество полей, шт.	4
Общая площадь осаждения осадительных электродов, $\text{м}^2$	101736
Ширина электродов мм,	6х640=3840
Количество электрофильтров на один энергоблок,шт	3
Проектная скорость газов в электрофильтре, $\text{м}/\text{с}$	1,55

## **2.4 Характеристика золошлакоотвалов Березовской ГРЭС-1И его воздействие на окружающую среду**

**2.4.1**

### **Характеристика золошлакоотвалов**

Отвалы для хранения золы и шлака занимают большие площади и требуют значительных затрат на их содержание. Часть золоотвалов по мере урбанизации территорий оказывается в районах жилой застройки. Золоотвалы представляют опасность для здоровья человека вследствие загрязнения атмосферного воздуха из-за пыления и водного бассейна из-за фильтрации растворов токсичных соединений. Опасность несут и золоотвалы, расположенные вблизи водных бассейнов (рек и озер), из-за возможного прорыва дамб.

Значительные территории, занимаемые золошлакоотвалами, оказываются исключенными из полезного использования в народном хозяйстве. Кроме того, наличие в золе и шлаке тяжелых и радиоактивных элементов делает золошлакоотвалы экологически опасными для прилегающих к ним территорий и водоемов. Для экологически безопасного устройства золошлакоотвалов, с возможностью их дальнейшей рекультивации, необходимо прогнозировать их поведение под действием различных климатических факторов.

Золошлакоотвал IV класса капитальности, равнинного типа, с ограждающими дамбами по периметру, трехсекционный, включает секции №1, №2 и №3, имеет прямоугольное в плане очертание размерами 1,0\*1,1 км.

В постоянную эксплуатацию первая очередь золошлакоотвала (секции №1 и №2) введена в 1988 г, секция №3 второй очереди золошлакоотвала в 2006г.

Золошлакоотвал располагается в пределах Назаровской котловины, в долине рек Береш и Базыр, в верховье водохранилища Березовской ГРЭС. Река Береш протекает в 100 м северо-восточнее площадки золоотвала, река Базыр в 800 м западнее. Участок строительства золошлакоотвала равнинный, заболочен, покрыт кустарниковой растительностью, в сельскохозяйственных



целях не используется.

В настоящее время эксплуатация золошлакоотвала производится в соответствии с имеющимися на предприятии проектами мониторинга, оценки воздействия накопителя на окружающую среду (ОВОС) и проектом санитарно-защитной зоны (СЗЗ).

Шлакоудаление твердое, отходы гидравлическим способом перекачиваются в золоотвал, состоящий из трех секций. Основными компонентами золы являются:  $\text{CaO}$  — 36 %,  $\text{SiO}_2$  — 31 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — 13 %. Содержание свободного  $\text{CaO}$  около 10 %. Малое содержание золы и серы уменьшает влияние выбросов в окружающую среду.

Золоотвал равнинного типа, предназначенный для складирования и хранения золошлаков, включает в себя две 2-х ярусные секции, прямоугольные в плане – 500 х 500 м; 3-я секция прямоугольная 1000 х 500 м.

При фактическом числе часов использования установленной мощности и фактической зольности угля в последние годы, выход золошлаковых отходов от работающих блоков Березовской ГРЭС по данным ГРЭС составляет 250 тыс. т. в год.

Состояние откосов и гребня ограждающих дамб золошлакоотвала, магистральных и распределительных пульпопроводов системы гидрозолошлакоудаления, сооружений возврата осветленной воды на ГРЭС в целом удовлетворительное, работоспособное. Все существующие сооружения при реализации проекта рекультивации карты (секции) №1 золошлакоотвала и продлении эксплуатации карт (секций) №2 и №3 не требуют реконструкции и капитального ремонта.

В состав действующих сооружений внешнего гидрозолошлакоудаления Березовской ГРЭС входят:

- ✓ три магистральных золопровода Ду 425мм с длиной трассы 4,8 км;
- ✓ секции №1, № 2 и №3 золошлакоотвала;
- ✓ пруд осветленной воды секций №1 и №2;

- ✓ насосная станция осветленной воды секций №1 и №2, оснащенная тремя насосами Д 630 –90, производительностью каждый 725м3/час каждый (два рабочих и один резервный);
- ✓ пруд осветленной воды секции №3;
- ✓ насосная станция осветленной воды секции №3, оборудованная тремя насосами Д1250-125Б, производительностью 1250м3/час каждый (один насос рабочий, один ремонтный, один резервный);
- ✓ два водовода осветленной воды Ду 600мм с длиной трассы 4,8 км;
- ✓ распределительные золопроводы;
- ✓ шахтные водосбросные колодцы секций золошлакоотвала;
- ✓ дренажная насосная станция 3-ей секции, оборудованная двумя насосами С569М, производительностью 240 м3/час каждый;
- ✓ насосная станция добавочной воды, предназначенная для подачи добавочной воды в систему внешнего ГЗУ из р. Берешь.

#### 2.4.2 Воздействие золошлакоотвала Березовской ГРЭС на окружающую среду

Характеристика загрязнения атмосферного воздуха в районе расположения объекта представлена в таблице 3

Таблица 3 – Фоновое загрязнение атмосферного воздуха

Примесь	ПДК <sub>нр</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Фоновая концен- трация,
Взвешенные веществ-	*	0,231
Диоксид серы	0,5	0,037
Оксид углерода	5,0	2,6
Доксид азота	0,2	0,077

Анализируя значения фоновых концентраций на соответствие гигиеническим нормативам «Предельно допустимые концентрации

(ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест», можно сделать вывод о том, что по наблюдаемым загрязняющим веществам в районе расположения ближайшей от объекта жилой застройки показатели фонового загрязнения не превышают нормативов.

### **3 ВОЗМОЖНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УДАЛЕНИЯ И СКЛАДИРОВАНИЯ ЗОЛОШЛАКОВ НА БЕРЕЗОВСКОЙ ГРЭС**

Для удаления и складирования золошлаков применяются следующие основные технологии:

1. Полусухая (удаление золошлаков с увлажнением до влажности 25-45%) с вывозом увлажненных золошлаков в насыпной отвал автомобильным или конвейерным транспортом.

2. Полумокрая (удаление золошлаков в виде высококонцентрированной пульпы с водозольным отношением 1,0 -2,0м<sup>3</sup>/т).

3. С предварительной грануляцией золошлаков и с вывозом гранулированных золошлаков насыпной отвал автомобильным или конвейерным транспортом.

4. Комбинированная с гидронамывом в оперативный секционированный отвал, поочередным заполнением и обезвоживанием секций и вывозом обезвоженных золошлаков в постоянный насыпной отвал.

Все указанные технологии предусматривают раздельное удаление золы и шлака, пневмосбор сухой золы и возможность отгрузки ее потребителям, механизированное конвейерное удаление сухого шлака от топок котлов или обезвоживание шлака при гидравлическом удалении шлака от топок котлов и возможность отгрузки обезвоженного шлака потребителям.

#### **3.1 Полусухой способ удаления высококальциевых золошлаков**

Данный способ заключается в пневмосборе золы, механизированном конвейерном удалении сухого шлака от топок котлов или обезвоживании шлака при гидравлическом удалении шлака от топок котлов, увлажнении золы (и сухого шлака) в шнековых или лопастных смесителях до влажности 25-45% (обеспечивающей обеспыливание при загрузке транспортных средств, транспортировке и разгрузке), вывозе увлажненной золы (и шлака) или

обезвоженного шлака на отвал самосвалами, разравнивании и укатке выгруженных золошлаков бульдозерами и груженными самосвалами или виброкатками. По данным ранее проведенных исследований на золе иршабородинского угля (близкой по свойствам к золе Березовского угля) уложенные на отвале золошлаки через 8-24 часа затвердевают с образованием монолитного зольного массива [7]. По завершении твердения в возрасте 28 суток золошлаки имеют плотность 1,85- 1,95 т/м<sup>3</sup>, прочность до 7 МПа, коэффициент фильтрации - 10 см/с. Использование сточных вод ХВПУ для затворения золы и специальных пластификаторов повышает прочность золового камня до 9-10 МПа и снижает водопроницаемость до 10<sup>-7</sup> см/с. Уложенный на отвале золовой массив представляет собой монолит, загрязнение природных вод вредными веществами из отвала и пыление практически исключается.

Организация насыпного золоотвала в условиях Березовской ГРЭС-1 возможна на отработанных секциях №1 и 2 существующего отвала или в отработанных горных выработках Березовского угольного разреза.

Однако следует отметить, что в силу крайне коротких сроков схватывания золы березовского угля (начало-10-20 минут, окончание - 20-50 минут) использование этой технологии для удаления золы на существующий золоотвал или на Березовский угольный разрез, поскольку суммарное время приготовления смеси и загрузки автосамосвалов, время транспортировки увлажненной золы на отвал и ее разгрузки на отвале соответствует времени схватывания золы. Смоченная зола при транспортировке в кузове самосвала будет замоноличиваться. На отвале возникнут серьезные проблемы с разгрузкой автотранспорта. Времени для остальных операций технологического цикла (распределение, планировка и укатка золы) нет.

Увеличение сроков схватывания золы при использовании для ее увлажнения сточных вод химводоподготовки, характерное для золы прогнозного состава, несущественно для золы с повышенным до 60-70% содержанием окиси кальция.

Кроме того, для вывоза и укладки золошлаков в отвал потребуется

значительный парк автотранспорта, бульдозеров и виброкатков, потребляющих значительное количество горюче-смазочных материалов и выбрасывающих в атмосферу большое количество вредных веществ.

### **3.2 Полумокрый способ удаления золошлаков**

Данный способ представляет собой удаление золошлаков в виде твердеющей высококонцентрированной водозолошлаковой смеси (густой пульпы) включает в себя пневмосбор золы, механизированное конвейерное удаление сухого шлака от топок котлов (или обезвоживании шлака при гидравлическом удалении шлака от топок котлов), их смешения с водой или сточными водами Х ВП У до состояния пульпы с водозольным отношением 0,8-1,5 м<sup>3</sup>/т, перекачку густой пульпы центробежными грунтовыми насосами или перевозку ее в автобетоновозах в отвал, где она намывается слоем до 0,5 м и через 6-10 часов начинает твердеть. Схватывание пульпы завершается через 12-24 часа практически без отделения воды. Намытый слой золошлаков после твердения в возрасте 28 суток представляет собой монолитную плиту с прочностью, соответствующей низкомарочному бетону, и с коэффициентом фильтрации не ниже 10-5 м/сутки, что позволяет при сооружении отвалов отказаться от дорогостоящих ограждающих их дамб и специальных противофильтрационных экранов из различных природных и искусственных материалов.

### **3.3 Гранулирование высококальциевых золошлаков**

Данный способ золошлакоудаления является оптимальным вариантом золошлакоудаления для ТЭС, сжигающих канско-ачинские угли, поскольку данный способ основан на естественной способности золы к твердению после увлажнения и отличается технологическими преимуществами гранулированной золы перед другими состояниями золы в виде порошка или обводненной, а также наилучшими экономическими показателями и перспективами по их

масштабной утилизации.

Технология грануляции ВКЗ включает в себя пневмосбор золы и обезвоживание шлака, увлажнение золы водой или сточными водами химводоподготовительных установок (ХВПУ) в смесителях, грануляцию золошлаков в тарельчатых или валковых окомкователях, предварительное твердение гранул на конвейере охлаждением слоя гранул прососом воздуха через слой для отвода избыточного тепла гидратации окиси кальция и предотвращения объемных деформаций гранулянта, отгрузку гранулянта на гранулохранилище, отгрузку сухой золы, обезвоженного шлака, гранулянта и строительных материалов потребителям.

Весь технологический цикл в зависимости от свойств золы и сезонных условий составляет 1-7суток. Гранулянт представляет собой шаровые частицы фракции IQ- 20 мм с прочностью 0,5 МПа через 1 час, 1-2 МПа через сутки, 3,5-5,0 МПа и до 10 МПа (в зависимости от свойств исходной золы) через 28 суток хранения, насыпной плотностью 800-900 кг/м<sup>3</sup>, плотностью гранул 1330-1500 кг/м<sup>3</sup>, пористостью от 15 до 28%. Выщелачивание вредных компонентов из гранулированной золы снижается в 8-10 и более раз по сравнению с исходной золой.

Высокая пустотность (до 46%) и пористость частиц (до 28%), незавершенность процессов гидратации свободной окиси кальция и минералов золы, требующих длительное время дополнительного расхода воды, обеспечивают высокую влагоемкость уложенной в отвал гранулированной золы. Баланс влагообмена гранулированной золы при хранении на открытом воздухе в теплое время года близок к равновесному, т.е. количество выпавших осадков и влаги, испарившейся и химически связанной золой, одинаково. При организации штабеля годовыми слоями высотой 1,5 м инфильтрация атмосферных осадков и, соответственно, загрязнение грунтовых вод фильтрационными водами отвала исключается.

При хранении гранулированной золы на отвалах загрязнение природных вод вредными

веществами из золы, а также пыление практически исключается. Схема золоудаления с грануляцией золошлаков представлена на рисунке 2

Схема

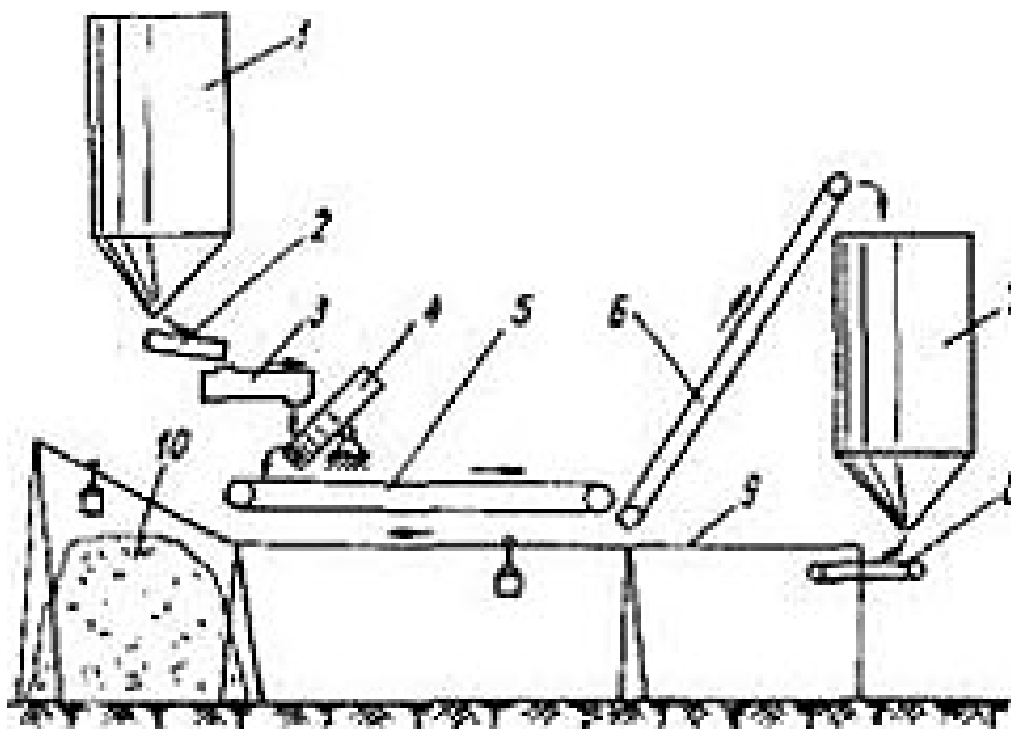


Рисунок 2 - Схема золоудаления с грануляцией золошлаков

1— силос золы; 2 — пневмопитатель; 3 — гидрозолосмеситель; 4 — гранулятор; 5 — конвейер-отвердитель; 6 — элеваторный подъемник; 7 — силос гранул; 8 — транспортер; 9 — кольцевая канатная дорога; 10 — гранулохранилище

### 3.4 Комбинированная технология золоудаления

Эта технология с гидронамывом в оперативный секционированный отвал, поочередным заполнением и обезвоживанием секций и вывозом обезвоженных золошлаков в постоянный насыпной отвал. Золовая пульпа подается гидротранспортом. В операционных секциях производится последовательное во времени складирование, обезвоживание и разработка золовых отложений с погрузкой его экскаватором на автотранспорт для вывоза в постоянный насыпной золоотвал. Сухая зола и обезвоженный шлак частично отгружаются



потребителям, основная их масса складывается совместно с обезвоженными отмытыми золошлаками из оперативного отвала в насыпной отвал.

По этой технологии возможна организация оперативного отвала на третьей секции существующего отвала Березовской ГРЭС-1 при соответствующем наращивании дамб и осуществлении необходимых противофильтрационных мероприятий. В качестве основного золоотвала возможно использование первой и второй секций отвала. Для обоснования возможности наращивания дамб третьей секции и разработки противофильтрационных мероприятий необходимо выполнение комплекса изысканий и гидротехнических исследований состояния дамб, основания золоотвала.

Однако следует иметь в виду, что в данном случае остается не решенной до конца проблема загрязнения подземных вод фильтрационными стоками высокощелочных засоленных вод из оперативного отвала, а также потребуется значительный парк автотранспорта, бульдозеров и виброкатков, потребляющих значительное количество горюче-смазочных материалов и выбрасывающих их в атмосферу большое количество вредных веществ, а также дополнительный штат обслуживающего персонала (водителей самосвалов, бульдозеров, катков, ремонтников автотракторной техники).

## **4 ПРИМЕНЕНИЕ ЗОЛОШЛАКОВ БЕРЕЗОВСКОЙ ГРЭС В ДРУГИХ ЦЕЛЯХ**

Исторически сложилось так, что энергетика 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 Киселевской котельной только сейчас начали задумываться о вредности сброса золы в золоотвалы. Большинство котельных в Кемеровской области вообще не занимаются вопросами экологии и не понимают что можно рассмотреть вопрос реализации золы.

Отсутствуют веские стимулы, которые бы вынуждали котельные заниматься проблематикой реализации золы. Так, в Европейских странах либо вообще запрещены золоотвалы, либо штраф за каждую направленную на золоотвал тонну золы составляет от 60 Евро (Финляндия) до 248 Евро в Чехии. В России этот штраф составляет 5-16 рублей за тонну (0,1-0,3 евро). Кроме того, имеется возможность включать в себестоимость электроэнергии затраты на золоудаление.

### **4.1 Потенциал реализации золошлаков от Березовской ГРЭС потребителям**

Золошлаковые материалы можно использовать в регионе на таких рынках, как:

- рынок цемента;
- рынок рекультивации;
- рынок дорожного строительства;
- рынок раскисления почв;

Направления использования золы в строительной индустрии  
строительство и эксплуатация дорог и дамб ЗШХ котельной:

- дорожное строительство;
- производство строительных изделий из тяжелого и ячеистого бетона; производство гидротехнических бетонов; производство цементов;
- производство сухих строительных смесей;

- рекультивации карьеров; сельское хозяйство;
- производство пористой искусственной древесины

Утилизировать ЗШМ Березовской ГРЭС можно следующими методами

- включение золошлаковых материалов в Программу воспроизводства минерально-сырьевой базы региона в качестве минерального сырья техногенного происхождения;
- применение на практике статьи 18 Федерального закона «О недрах», позволяющей местным органам власти отказывать в предоставлении доступа к общераспространенным полезным ископаемым для производства строительных материалов при возможности использования техногенных отходов, являющихся альтернативными источниками сырья;
- решение вопроса о приоритетном использовании золошлаковых материалов на объектах строительства, финансируемых за счёт бюджетных средств (в том числе при вертикальной планировке территорий, рекультивации земель, изолированию полигонов бытовых отходов). Принятие и реализация такой программы позволит снизить темпы накопления золошлаковых отходов, а так же мы получим эффект в масштабах региональной экономики за счет:
  - использования более дешевых ресурсов в строительстве, прежде всего при строительстве автомобильных дорог;
  - снижения энерготарифов за счет сокращения издержек генерирующих компаний на строительство и содержание золоотвалов;
  - восполнения дефицита природных минеральных ресурсов за счёт использования безопасных техногенных отходов, которыми являются золошлаковые материалы;
  - снижения общего загрязнения окружающей среды;
  - восстановления и возвращения в хозяйственный оборот земель, нарушенных открытой добычей угля.

Строительные компании могут использовать ЗШМ для изготовления шлакоблоков, кирпича и т.д. К примеру, стоимость стеновых шлакоблоков на внутреннем рынке варьирует в значительных пределах и поэтому в пределах различных регионов. В частности, на настоящий момент цена 1 м<sup>3</sup> стеновых шлакоблоков на территории Красноярского края в среднем составляет 2500 рублей с НДС, и соответственно уровень рентабельности составит 67,2%.

## 5 РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ШЛАКОУДАЛЕНИЯ И ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ

### 5.1 Описание разрабатываемой системы шлакоудаления

Предлагаемая система шлакоудаления осуществляет отбор, охлаждение и транспортировку топочного шлака до бункера емкостью около 220 м<sup>3</sup>, расположенного в котельном цехе. Бункер шлака будет иметь два выпускных отверстия. Одно выпускное отверстие бункера шлака обеспечит аварийный выход в существующий смывной тракт с помощью шлакоувлажнителя. В такой конструкции возможно сделать так, что дробленый шлак может быть далее перемолот для уменьшения угольной частицы до размера, подходящего для пневматической транспортировки. Таким образом, шлак из обоих блоков может собираться и храниться в новом бункере большего размера, расположенном в помещении котельного отделения. Из общего бункера шлак может подаваться в район окончательного удаления отходов. При такой конструкции, промежуточный бункер, расположенный в котельном отделении может быть меньшего объема, что приведет к сокращению его стоимости.

Схема установки представлена на рисунке 3

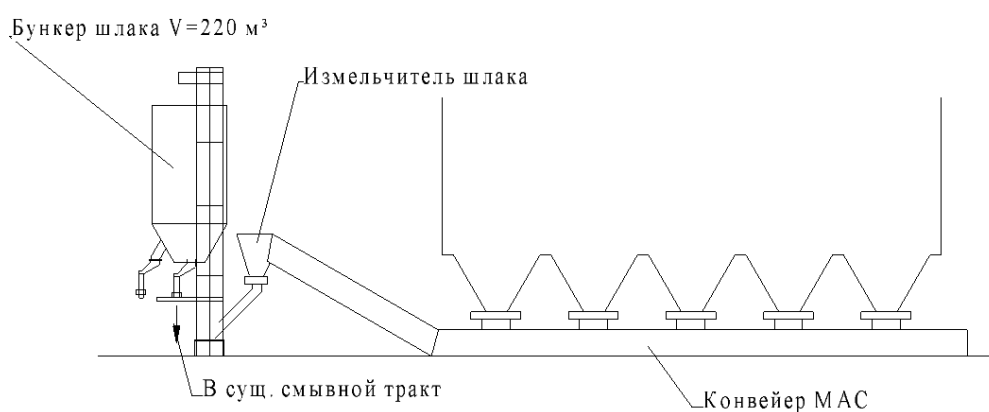


Рисунок 3 –шлакоудаления для котла

Шлак падает из котла на постоянно движущийся экстрактор МАС, который передает его из котла на измельчительную установку и нижеследующее оборудование. Это обеспечивается за счет отказоустойчивой конструкции ленты что позволяет осуществлять безопасный сбор и транспортировку очень горячего, абразивного и пыльного шлака, даже если в нем присутствуют очень крупные куски. Проблема высокой температуры и разрыва решается благодаря методу присоединения лотков к сетчатой ленте, при котором все элементы могут свободно расширяться в любом направлении. К котлу бункер для шлака подсоединяется через механическое уплотнение; механическое уплотнение поглощает тепловые расширения в поперечном и продольном направлениях. Нижняя часть бункера оснащена дверцами с гидравлическим приводом, которые, находясь в закрытом состоянии, изолируют экстрактор от котла и временно преобразуют бункер в пространство для хранения.

Мелкий шлак, который попадает в нижнюю часть корпуса экстрактора из-за турбулентности воздуха, собирается и передается в разгрузочный пункт по так называемому конвейеру для сбора сыпанного шлака, представляющему собой небольшой скребковый цепной конвейер. После сыпания ленты, размер кусков шлака существенно уменьшается с помощью одновальцового измельчителя. Максимальная величина кусков шлака на выходе измельчителя первичного дробления составляет 80 мм.

Размельченный шлак поднимается с помощью элеваторной ленты с ковшами и сбрасывается в новый бункер для хранения полезным объемом 220 м<sup>3</sup>. В бункере для хранения будет два выхода, оба будут оборудованы шиберными заслонками, которые можно будет закрывать для проведения техобслуживания. Из хранилища шлак будет извлекаться с помощью вибропитателей. Один выход бункера для хранения оборудуется увлажнителем для шлака, который сбрасывает шлак в смывной тракт в случае аварийного сброса из бункера.

## 5.2 Объем работы для двух блоков Березовской ГРЭС

Два механических **уплотнителя компенсатора** (один на каждую установку).

Механический уплотнитель компенсатор теплового расширения обеспечивает герметичное соединение между горловиной котла и бункером для шлака, при этом учитывает тепловое расширение котла. Механический температурный компенсатор предпочтительнее гидроизоляции благодаря следующим преимуществам:

- Не используется вода, поэтому отсутствует коррозия или засоры, связанные с осаждением золы;
- Не требуется обслуживание;
- Высокая безопасность из-за отсутствия риска расплескивания воды при колебаниях избыточного давления в котле.

Компенсатор состоит из нескольких слоёв специального волокна и керамических материалов для придания ему высоких изолирующих свойств и механической прочности в сочетании с большой гибкостью. Компенсатор устанавливается со специальной стальной рамой, состоящей из двух фланцев: верхний фланец присоединяется к горловине котла, а нижний фланец - к бункеру. Помимо этого, стальной защитный экран, футерованный огнеупорным материалом и при необходимости изолированный, защищает соединение от излучения котла и предотвращает контакт со шлаком.

**Бункер для шлака** соединяется через механический уплотнитель с горловиной и представляет собой емкость для хранения шлака во время остановки шлакоохладителя. Изнутри бункер выложен изоляцией и огнеупорным материалом для защиты от высокой температуры и абразивного износа. Визуальный осмотр бункера возможен через смотровые отверстия,

предусмотренные в удобных местах, в то время как полный доступ для обслуживания котла осуществляется через специальные люки.

**Шлакоохладитель** является основным компонентом системы шлакоудаления. Он способен выдерживать тяжелые условия работы под горловиной котла, которые характеризуются высокими температурами и ударными нагрузками от крупных кусков спекшегося шлака, падающих из котла.

Основная функция шлакоохладителя - удаление шлака из котла и его охлаждение до сравнительно низкой температуры, которая позволяет сбрасывать его в установленное за конвейером перерабатывающее оборудование.

### **Первичный измельчитель**

В пылеугольных котлах интенсивно излучаемое тепло с высокими температурами и характеристиками угольной золы могут повысить отложение золы на теплопоглощающих поверхностях, что известно как шлакование. Обычно сажесдуватели в состоянии удалить большую часть отложений. По достижению определенной толщины размягченные, частично сплавленные или повторно отвердевшие отложения могут стать настолько тяжелыми, что они падают в воронку котла.

Предварительная дробилка, установленная перед первичным измельчителем, имеет гидравлический привод. Она снабжена двумя челюстями, приводимыми в действие четырьмя гидроцилиндрами, и оборудуется специальными съемными зубьями для дробления крупных кусков шлака, падающих из котла.

**Вибрационный питатель** это машина со свободными колебаниями, приводимая в действие двумя вращающимися в противоположных направлениях электромеханическими вибраторами. Вибрационный питатель



используется для контролируемого извлечения сыпучего материала из накопительных бункеров, хопперов и т.д., особенно в таких условиях применения, где благодаря гибкости регулировки и управления, а также при мгновенной остановке требуется очень точное измерение объема или веса.

## **6 РЕКОМЕНДУЕМАЯ И ПРЕДЛАГАЕМАЯ СИСТЕМА ЗОЛОШЛАКОУДАЛЕНИЯ НА БЕРЕЗОВСКОЙ ГРЭС**

### **6.1 Рекомендуемая система золошлакоудаления**

Для Березовской ГРЭС рекомендуется использование технологии удаления золошлаков в виде твердеющей высококонцентрированной водозолошлаковой смеси (густой пульпы).

Данная технология прошла успешно испытания на Эстонской ЭС, золошлаки которой имеют химический и минералогический составы аналогичные золошлакам Березовского угля.

Транспортировка и укладка золошлаков методом «густой пульпы» широко используется на зарубежных ТЭС. В том числе на ТЭС Гацко производится периодическая (один раз в сутки в течение 5-8 часов в зависимости от выхода золы с блока) подача на отвал высококальцевой золы ( $\text{CaO}$  до 70%,  $\text{SiO}_2=4,5\%$ ) в виде пульпы кратностью 1:1. На рисунке 4 и 5 показана в двух вариантах структурная схема рекомендуемой системы золошлакоудаления для блока. В соответствии с рисунком 3 для реализации схемы золошлакоудаления предусматривается:

- ✓ пневматический сбор сухой золы из бункеров электрофильтров в промбункер под электрофильтрами;
- ✓ пневмотранспортная перекачка золы в силосный склад;
- ✓ резервное удаление золы, для чего организуется подача золы пневмотранспортом в золоосадительную станцию, смешение золы с водой в золосмесителях, установленных под золоосадительной станцией, подача золовой пульпы в приемный бункер багерной насосной и перекачка пульпы багерными насосами на резервную емкость отвала;
- ✓ удаление шлака из холодной воронки котла механическим транспортом;
- ✓ шнековыми шлакоудалителями, скребковыми транспортерами, дробление

- ✓ в роторной дробилке, подача дробленного шлака элеватором в промбункер;
- ✓ подача шлака из промбункера в силосный склад пневмотранспортом;
- ✓ резервное удаление шлака из холодной воронки котла шнековыми шлакоудалителями в канал гидрошлакоудаления, гидротранспорт шлака по каналу в приямок багерной насосной и подача шлаковой пульпы багерными насосами в приямок багерной насосной энергоблока для перекачки на отвал совместно с золошлаковой пульпой.
- ✓ отгрузка сухой золы и сухого шлака из емкостей силосного склада в автотранспорт или железнодорожные вагоны для транспортировки к потребителям;
- ✓ смешение золы и шлака с водой с водозольным отношением 1,1-1,5 и перекачка густой пульпы на отвал.

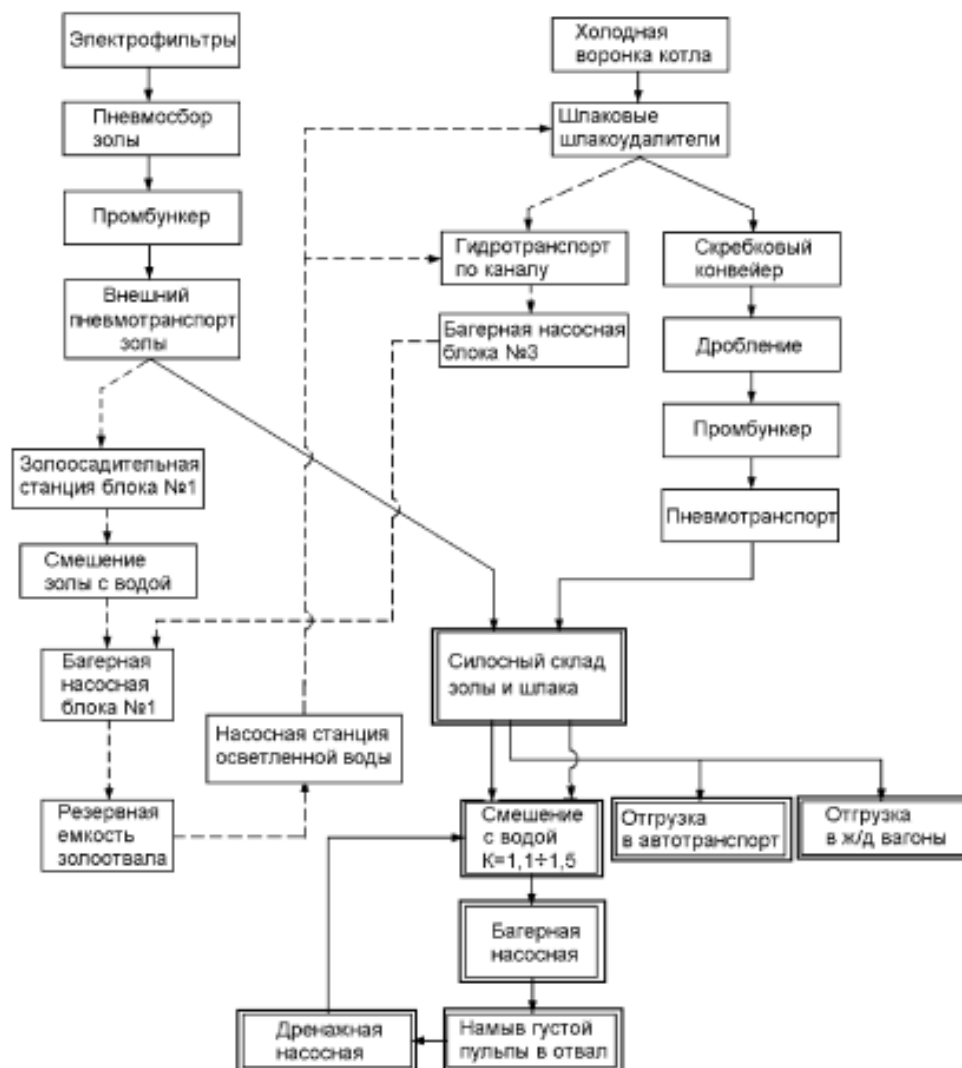


Рисунок 4 -Структурная схема золошлакоудаления энергоблока №3 Березовской ГРЭС, вариант 1

Вариант 2 отличается от варианта 1 отсутствием гидротранспорта шлака от шлакоудалителей до багерной насосной. Взамен предусматривается резервная подача дробленного шлака из промбункера в золоосадительную станцию для дальнейшего гидротранспортирования на резервную емкость отвала совместно с золой.

Схема варианта 2 представлена на рисунке 4



Рисунок 5- Структурная схема золошлакоудаления энергоблока №3 Березовской ГРЭС, вариант 2 (сплошная линия-основная система, штриховая линия -резервная система)

## 6.2 Предлагаемая система золошлакоудаления

Предлагаемая система золошлакоудаления представлена на рисунке 6

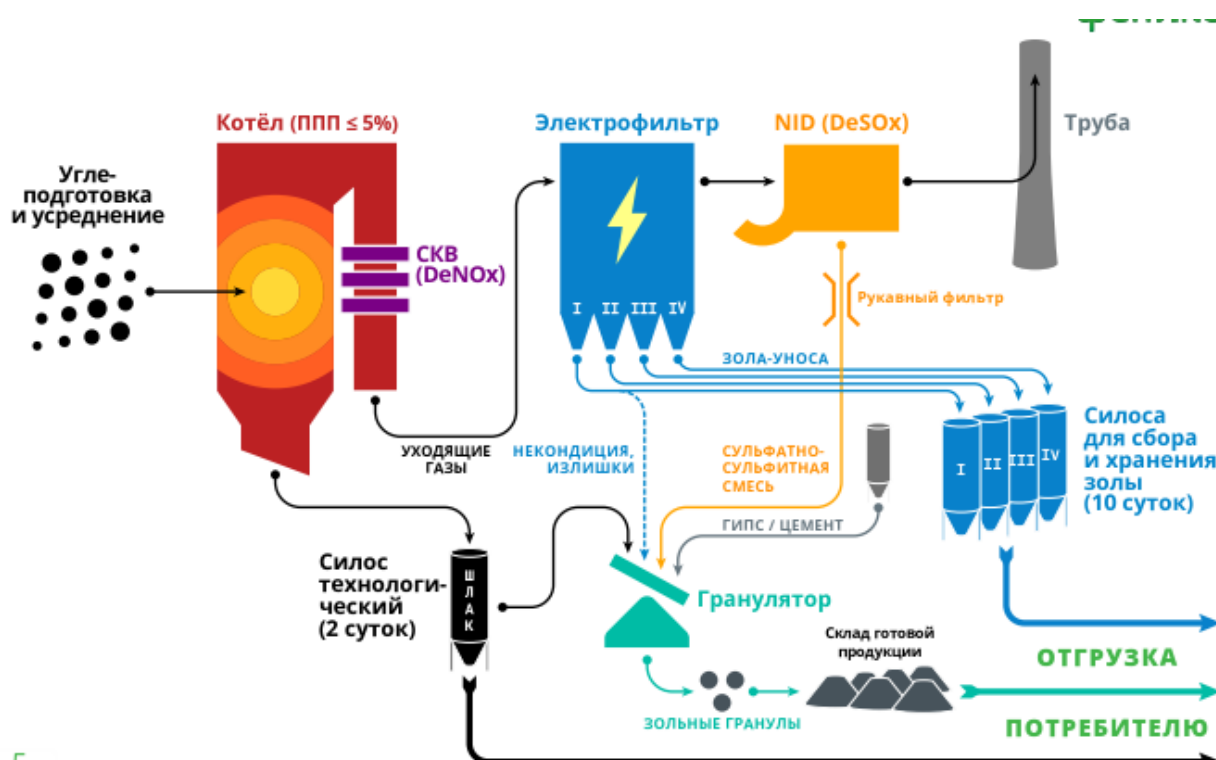


Рисунок 6- Система сухого золошлакоудаления

### 6.2.1 Система сухого удаления шлака из холодной воронки котла

В настоящее время на электростанциях мира для сухого удаления шлака из холодных воронок котлов используются водоохлаждаемые шнеки производства различных компаний, в том числе финских компаний LAITEX и RAUMASTER, а также пластинчатые конвейеры компании Clyde Bergemann Materials Handling ltd и фирмы Magaldi Power S.p.A.

Конвейер

«DRYCON» компании Clyde Bergemann является цепным пластинчатым конвейером, тяговыми элементами которого служат цепи, на которые подвешиваются несущие транспортируемый материал стальные пластины. Машина MAC фирмы Magaldi Power S.p.A. представляет собой цепным пластинчатым конвейером, тяговым элементом которого служит так называемая «суперлента», составленная из узких стальных пластин, переплетенных в подобие сетки. Несущие пластины крепятся к

«суперленте». Наиболее оптимальным вариантом сухого удаления шлака по расчетам [7] является схема предложенная фирмой LAITEX.

Фирма LAITEX, имеющая богатый опыт конструирования, производства и ввода в эксплуатацию оборудования систем механического транспорта золы, шлака, других промышленных отходов и сыпучих материалов, разработала, изготовила и поставила для блоков 225 МВт №8 и 9 Черепетской ГРЭС систему сухого удаления шлака от холодных воронок котлов рисунок 7

Система сухого удаления шлака от топок котлов одного блока запроектирована с учетом дополнительного выхода шлака при расшлаковке поверхностей нагрева на производительность. Система сухого удаления шлака от топок котлов одного блока запроектирована с учетом дополнительного выхода шлака при расшлаковке поверхностей нагрева на производительность 12,0 т/ч. Система состоит из:

- приемного бункера, присоединяемого к холодной воронке котла, тканевого компенсатора, с температуростойкостью 800-120<sup>0</sup>С, для компенсации температурных перемещений холодной воронки котла,
- двухвального водоохлаждаемого шнека производительностью 12 т/ч,
- переключателя (затвора поворотный),
- двух линий (1 рабочая, 1 резервная) транспортирования и дробления шлака, каждая из которых включает конвейер скребковый с водоохлаждаемым днищем, дробилку роторную производительностью до 20 т/ч, элеватор,
- промбункер,
- питатель камерный с линией пневмотранспорта шлака в силосный склад

Шнек (рисунок 7) оснащается двумя валами с полыми осями, по которым поступает вода для охлаждения поверхностей валов. Шлак охлаждается при контакте с холодными поверхностями шнеков. Спиральная навивка правой и левой части шнеков выполнена навстречу друг другу и с переменным шагом с

расширением к центру шнека (выходу из шнека) для обеспечения надежной эвакуации шлака. Спирали выполнены с режущими зубьями для разрушения конгломератов шлака и крупных кусков золошлаковых отложений из топки котла.

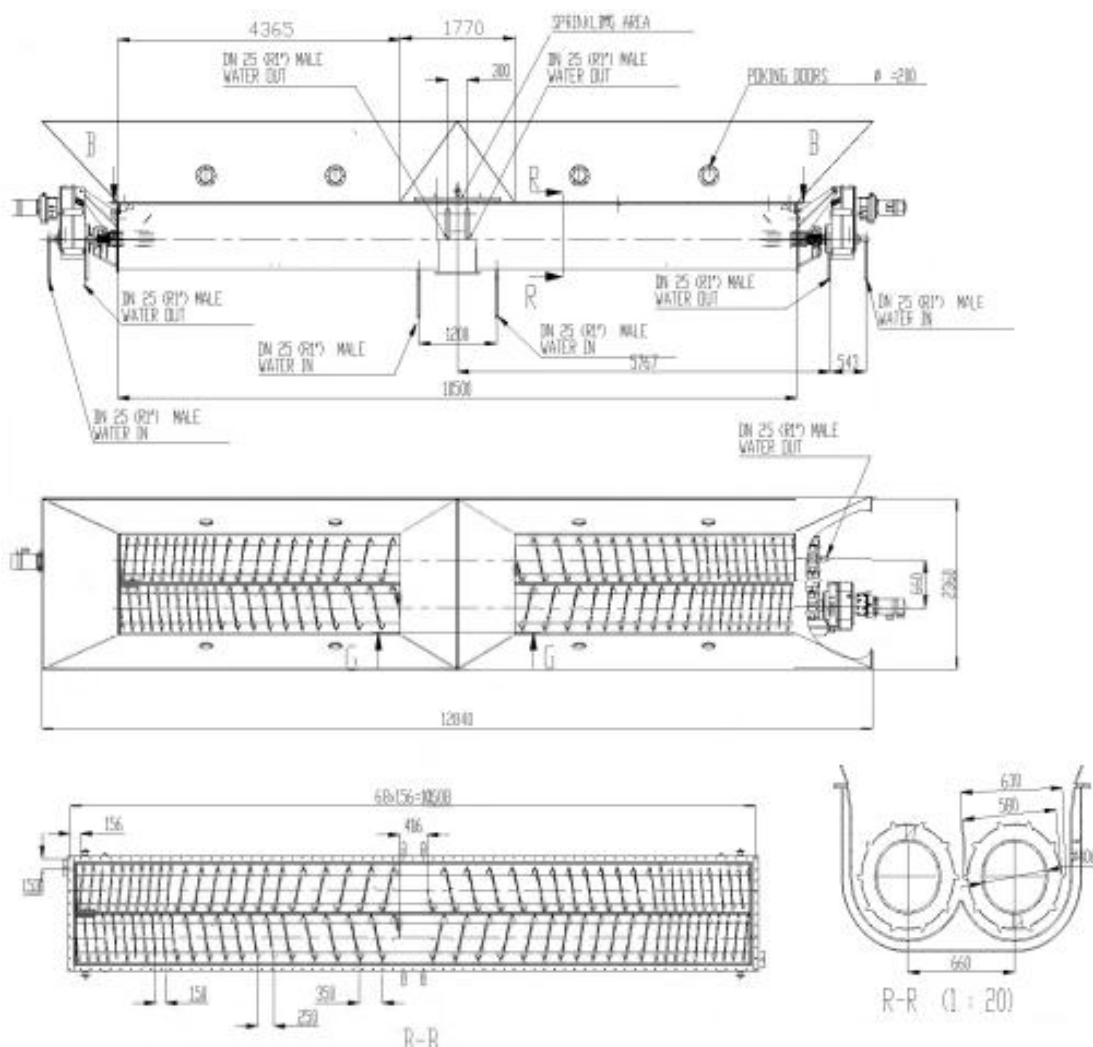


Рисунок 7- Шнек двухвальный водоохлаждаемый

Дополнительно предусмотрена спринклерная система подачи воды для орошения и охлаждения шлака перед выходом из шнека в случае повышения температуры шлака перед дробилкой более 200°C.

Каждый вал шнека оборудуется индивидуальным электроприводом. При отказе электропривода одного вала обеспечивается эвакуация шлака работающим валом шнека.



Путем установки на скребковых конвейерах регулируемых клапанов подсоса воздуха за счет разрежения в топке котла, либо за счет вентиляторного эффекта роторной дробилки возможна подача воздуха навстречу шлака по скребковому конвейеру, переключателю и шнеку для утилизации тепла шлака.

Одним из важнейших преимуществ разработанной фирмой LAITEX системы сухого шлакоудаления является резервирование оборудования (индивидуальные электроприводы валов шнеков, две линии транспортирования и дробления шлака).

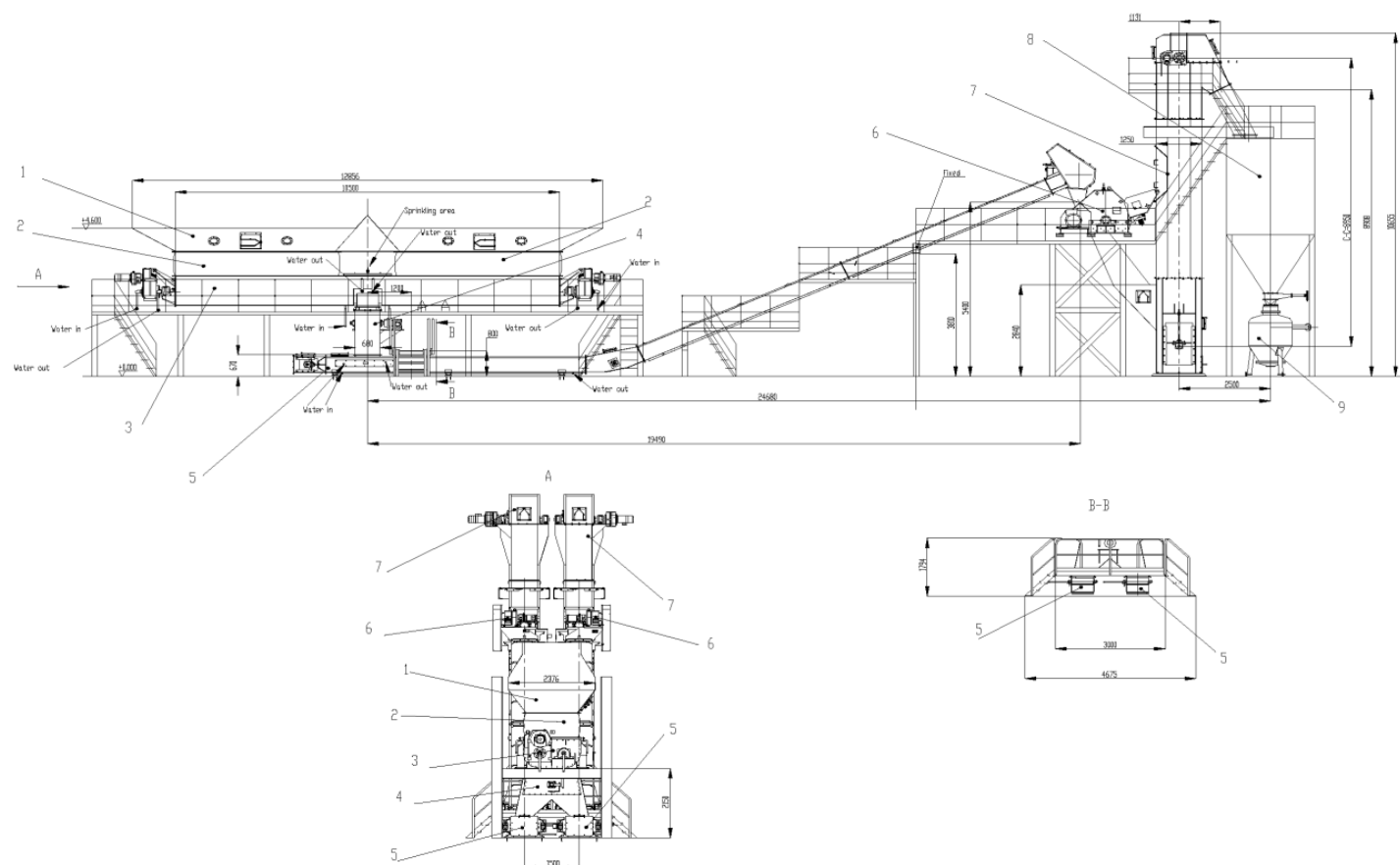


Рис. 7. Система сухого удаления шлака от топок котлов энергоблоков № 8 и 9 мощностью 225 МВт Черепетской ГРЭС  
 1- приемный бункер, 2- компенсатор тканевый, 3- шнек двухвальный водоохлаждаемый, 4- переключатель (затвор поворотный),  
 5- конвейер скребковый с водоохлаждаемым днищем, 6- дробилка роторная, 7- элеватор, 8- промбункер, 9- питатель камерный  
 линии пневмотранспорта шлака в силосный склад.

Для Березовской ГРЭС предлагается два варианта системы сухого удаления шлака оборудованием LAITEX:

Вариант 1 - система сухого удаления шлака с пятью двухрежимными наклонными шнеками ;

Вариант 2 - система сухого удаления шлака с двумя горизонтальными двухвальными шнеками с водоохлаждаемыми валами.

Система шлакоудаления по варианту 1 включает в себя:

- Пять наклонных водоохлаждаемых шнеков (диаметр шнека - 630 мм, производительность -10 м<sup>3</sup>/ч) с тканевыми компенсаторами температурных деформаций (термостойкость - до 1200°С) и приемными бункерами, устанавливаемых под выходами холодной воронки котлоагрегата;
- 10 шиберов 500х500 мм с пневмоприводами, устанавливаемых по 2 штуки на шнеках для переключения подачи шлака либо в систему гидрошлакоудаления, либо в систему сухого удаления шлака производства;
- Пять тройников с электроприводами для переключения подачи сухого шлака с рабочего скребкового конвейера на резервный;
- Канал гидрошлакоудаления;
- Два (один рабочий и один резервный) конвейера скребковый с водоохлаждаемым днищем LAITEX КК-RJ 600 х 22 000;
- Две (одна рабочая и одна резервная) дробилки роторные ДР 8х8 (производительностью 70 т/ч, мощность привода - 7 кВт);
- Два (один рабочий и один резервный) элеватора цепных ковшовых LAITEX КЕ 720х1250х10000;
- Бункер шлака емкостью 50 м<sup>3</sup>;
- Два (один рабочий и один резервный) камерных питателя k a -0,5 для подачи дробленного шлака в силосный склад золы и шлака;
- Циклон с пневмослоевым затвором для очистки аспирационного воздуха перед сбросом его в газоход котлоагрегата перед электроф ильтрами (расход воздуха до 4000 м<sup>3</sup>/ч).

Система может работать в двух режимах.

Основной режим - сухое удаление шлака. Шлак выпадает из холодной воронки котла в водоохлаждаемые шнеки и при открытом верхнем шибере (нижний закрыт) поступает в скребковый транспортер. Скребковым транспортером шлак подается в дробилку, после дробилки дробленый шлак подается в бункер цепным элеватором. Из бункера, рассчитанного на 8 часов работы котла, шлак подается камерным насосом по трубопроводу Ду100 в емкости силосного склада золы и шлака.

Резервный режим работы системы - удаление шлака системой гидрошлакоудаления. В этом режиме нижний шибер шнека открыт, верхний - закрыт. В приемный бункер шнека подается вода, во внутренней полости шнека образуется водяная ванна для гашения шлака. Шлак выпадает из холодной воронки котла в водяные ванны шнеков, гасится и охлаждается. Шнеком шлак вытаскивается из водяной ванны и через нижний шибер сбрасывается в канал гидрошлакоудаления, по которому поступает к приемному бункеру багерного насоса для перекачки в багерную насосную блоков.

Система шлакоудаления блока по варианту 2 включает в себя:

- Один двухвальный охлаждаемый конвейер LAITEX 2xK K-и 630 x 10500, устанавливаемый под тремя выходами холодной воронки котла,
- Один двухвальный охлаждаемый конвейер LAITEX 2 xRK 630 x 6500, устанавливаемый под двумя выходами холодной воронки котла,
- Два тройника-переключателя с электроприводом,
- Два скребковых конвейера LAITEX KK-RJ 600 x 12 500,
- Два скребковых конвейера LAITEX KK-RJ 600 x 13500,
- Два ковшовых элеватора LAITEX KE 720 x 1250 - 10000,

- Две дробилки ДР 8х8
- Промбункер 50 м<sup>3</sup>,
- Два пневмотранспортных насоса для перекачки шлака в силосный склад золы и шлака, либо в золоосадительную станцию.

Двухвальные шнеки и два скребковых конвейера LAITEX КК-RJ 600 х 12 500 монтируются на общей опорно-выкатной конструкции для вывода шнеков из-под котла во время ремонтов.

Под промбункером могут быть установлены золосмесители конструкции УралОР-ГРЭС для смешения шлака с водой и подачи шлаковой пульпы к багерному насосу для перекачки в багерную насосную блока №1.

Системы сухого шлакоудаления по обоим вариантам менее громоздкая предложенных фирмами Clyde Bergemann и Magaldi, размещаются в пределах габаритов компоновки котла блока №3, обеспечивают полное резервирование оборудования, менее металлоемкая.

## **7 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

В данном разделе рассчитывается себестоимость исследования «Реконструкция системы золошлакоудаления с переходом на сухое золоудаление БЕРЕЗОВСКОЙ ГРЭС». У сухой системы золошлакоудаления следующие преимущества:

Нет необходимости использовать воду при удалении и охлаждении шлака;  
Существенно снижаются затраты на эксплуатацию и систем сухого шлакоудаления, систем хранения и утилизации шлака;

### **7.1 Планирование работ и оценки времени их выполнения**

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 7.1

Таблица 7.1 - Перечень работ и оценка времени их выполнения

	Наименование работ	Время для выполнения задания в днях	
		Инженер	Руководитель
1	Составление, выдача и получение задания	1	1
2	Основная техническая характеристика ГРЭС	9	
3	Анализ объемов сжигаемого топлива и действующая система золошлакоудаления	9	1
4	Обзор способов утилизации ЗШО	27	1
5	Компоновка устанавливаемого оборудования	10	2
6	Оценка ущерба окружающей среды	27	1
7	Анализ рабочих мест на выявление опасности	6	1
8	Утверждение ВКР руководителем		1
9	Итого	90	8

## 7.2 Смета затрат на разработку проекта.

Обычно затраты на любой вид деятельности рассчитываются по следующим элементам расходов с последующим суммированием:

$$K_{np} = K_{mat} + K_{ам} + \PhiЗП + K_{со} + K_{np} + K_{nr} \quad (7.1)$$

Где,

$K_{mat}$  – материальные затраты, руб.;

$K_{ам}$  – затраты на амортизацию, руб.;

$K_{зп}$  – затраты на заработанную плату, руб.;

$K_{со}$  – затраты на социальные отчисления, руб.;

$K_{пр}$  – прочие затраты, руб.;

$K_{нр}$  – накладные расходы, руб.

### 7.2.1. Материальные затраты при проведении работы

В ходе работы была истрачена: бумага формата А-4, А-1 для принтеров, краска на принтере, канцелярские товары.

Материальные затраты принимаем 1000руб.

### 7.2.2. Амортизация основных фондов и нематериальных актив.

К основным фондам при выполнении проекта относятся электронная вычислительная техника (компьютер, ноутбук) и печатающее устройство (принтер), данные приведены в таблице 7.2

Таблица 7.2

Вид техники	Количество	Стоимость техники, Цк.т.	Норма амортизации, Там.	Иам.
Компьютер	1	25000руб.	20%	1232руб.
Принтер	1	8000руб.	20%	35 руб.

Затраты на амортизацию основных фондов рассчитываются по следующей формуле:

$$K_{ам} = \frac{T_{исп.к.т.}}{T_{кал.дней}} \cdot Ц_{к.т.} \cdot \frac{1}{T_{ам.}} \quad (7.2)$$



Где,

$T_{исп.к.т}$  - время использования компьютера (дней);

$T_{кал.дней}$  - количество календарных дней;

$C_{к.т}$  - стоимость техники;

$T_{ам.} = 5$  лет - норма амортизации.

$$K_{ам. Комп} = \frac{90}{365} \cdot 25000 \cdot \frac{1}{5} = 1232 \text{ руб.}$$

$$K_{ам. Прин.} = \frac{8}{365} \cdot 8000 \cdot \frac{1}{5} = 35 \text{ руб.}$$

Сумма амортизационных отчислений по основным фондам:

$$K_{ам.осн}^{\Sigma} = K_{ам.комп} + K_{ам.прин.} = 1232 + 35 = 1267 \text{ руб.}$$

### 7.2.3 Расчет фактической заработной платы

В состав затрат на оплату труда включаются:

- выплаты заработной платы за фактически выполненную работу, исходя из должностных окладов в соответствии с принятыми на предприятии нормами и системами оплаты труда;
- выплаты, обусловленные районным регулированием оплаты труда (выплаты по районным коэффициентам);
- оплата в соответствии с действующим законодательством очередных ежегодных и дополнительных отпусков (компенсация за неиспользованный отпуск);

Фактическая заработная плата рассчитывается по формуле

$$K_{факт.зн} = \frac{ЗП_{мес.пл}}{21} \cdot n \quad (7.3)$$

Где:

$T$  – число рабочих дней в месяце (21 день);

$n$  – количество фактически затраченных дней,

для инженера  $n = 90$  дней, а для руководителя  $n = 8$  дней. Данные берем согласно таблицы № 5.1

Зарплата рассчитывается по следующей формуле:

$$ЗП_{мес} = ЗПо \cdot K1 \cdot K2 \quad (7.4)$$

Где,

$ЗПо = 17000$  -оклад инженера;

$ЗПо = 19500$  руб –оклад старшего преподавателя;

$K1 = 1,1(10\%)$  – коэффициент, учитывающий отпуск;

$K2 = 1,3(30\%)$  – районный коэффициент.

Зарплата инженера

$$ЗП_{мес.з.п.ин} = 17000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 24310 \text{ руб.}$$

Зарплата руководителя

$$ЗП_{мес.зп.рук} = 19500 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 27885 \text{ руб.}$$

Расчет фактической заработной платы:

$$K_{факт.зп.ин} = \frac{24310}{21} \cdot 90 = 104185 \text{ руб.}$$

$$K_{факт.зп.рук} = \frac{27885}{21} \cdot 8 = 10622 \text{ руб.}$$

Затраты на заработную плату составят:

$$\Phi ЗП = K_{факт.зп.ин} + K_{факт.зп.рук}$$

$$\Phi ЗП = 104185 + 10622 = 114807 \text{ руб.}$$

#### 7.2.4 Социальные отчисления

Отчисления на социальные нужды» отражаются обязательные отчисления по установленным законодательным нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда, государственного фонда занятости и медицинского страхования от элемента «затраты на оплату труда» (30% с 2012 г)

$$K_{соц.} = 30\% \cdot \PhiЗП \quad (7.5)$$

$$K_{соц.} = 0,3 \cdot 114807 = 34442 \text{ руб.}$$

#### 7.2.5 Прочие затраты

К элементу «Прочие затраты» себестоимости продукции (работы, услуг) относятся налоги, сборы, отчисления в специальные внебюджетные фонды, платежи по обязательному страхованию имущества, платежи за предельно допустимые выбросы загрязняющих веществ; вознаграждения за изобретения и рационализаторские предложения; затраты на командировки; плата сторонним организациям за пожарную и сторожевую охрану; за подготовку кадров; оплата услуг связи, вычислительных центров, банков; плата за аренду; представительские расходы; затраты на ремонт.

Прочие затраты это  $10\% \cdot \sum$  всех предыдущих затрат.

$$K_{пр} = 10\% \cdot (K_{mat} + K_{ам} + \PhiЗП + K_{соц.}) \quad (7.6)$$

$$K_{пр} = 0,1 \cdot (1000 + 1267 + 114807 + 34442) = 15151 \text{ руб.}$$

#### 7.2.6 Накладные расходы

При выполнении проекта на базе НИТПУ, в стоимости проекта учитываются накладные расходы, включающие в себя затраты на аренду помещений, оплату тепловой и электрической энергии, затраты на ремонт зданий и сооружений,

заработную плату административных сотрудников и т.д. Накладные расходы рассчитываются как 200% от затрат на оплату труда.

$$K_{HP} = 2 \cdot \Phi ЗП .(7.7)$$

$$K_{HP} = 2 \cdot 114807 = 229614 \text{ руб}$$

Таким образом, суммарные капитальные вложения составят:

$$K_{np} = 1000 + 1267 + 34442 + 114807 + 15151 + 229614 = 396281 \text{ руб.}$$

Таблица 7.3- Затраты на разработку проекта

Затраты	Сумма, руб
Накладные расходы	229614
Прочие затраты	15151
Социальные отчисления:	3442
Фактическая заработная плата	114807
Амортизационные отчисления по основным фондам	1267
Материальные затраты	1000
Затраты на расчет проекта	396281

7.3 Экономия денежных средств будет происходить за продажи сухих золошлаков.

По данным 2016 года количество сброшенных сухих золошлаков на золоотвал составило:

$$M_{ЗШЛ} = 64000 \text{ тн/год}$$

Тариф на продажу золошлака:

$$C_T = 1480 \text{ руб/тонна} \text{ – по данным Березовской ГРЭС}$$

Выручка от продажи золошлака:

$$B = M_{\text{зшл}} \cdot C_T$$

$$B = 64000 \cdot 1480 = 94,7 \text{ млн/руб} \quad (7.8)$$

Смета затрат на реализацию проекта составит:

Таблица 7.4 – Смета затрат на реализацию проекта

Элемент	Затраты, млн.руб
Погружной скребковый конвейер	55,81
Пневмокамерная система для БЦ и Золоосадительных станций ЭФ (ТКП СВМ)	53,113
Два силоса по 2400 м³ (системы аэрации, аспирации, дозирования, подачи на разгрузочные устройства, разгрузочные устройства для ж/д- и автоцементовозов)	55,37
Вихревой смеситель	41,65
Автотранспорт	253,91
	459,853

Основные издержки:

Издержки на оплату труда

$$I_{\text{зпл}} = 12 \cdot N_{\text{перс}} \cdot Z$$

$$I_{\text{зпл}} = 2 \cdot 32 \cdot 28425 = 10,91 \text{ млн.руб} / \text{год} \quad (7.9)$$

$N_{\text{перс}} = 32$  человек - численность эксплуатационного персонала для

обслуживания системы золошлакоудаления, человек.

По данным Березовской ГРЭС  $Z=28425$  р/мес- средняя заработная плата одного работающего на эксплуатации системы золошлакоудаления

Издержки на социальные нужды

$$I_{\text{соц}} = 0,3 \cdot I_{\text{зпл}}$$

$$I_{\text{соц}} = 0,3 \cdot 10,91 = 3,273 \text{ млн.руб/год} \quad (7.10)$$

Общие издержки:

$$I = I_{\text{зпл}} + I_{\text{соц}} \quad (7.11)$$

$$I = 10,91 + 3,273 = 14,18 \text{ млн.руб}$$

Прибыль:

$$P = B - I \quad (7.12)$$

$$P = 94,7 - 14,18 = 80,52 \text{ млн.руб}$$

Срок окупаемости

$$T = K / P \quad (7.13)$$

$$T = 459,85 / 80,52 = 5,7 \text{ лет}$$

В результате проведенных расчетов и сделанного в технической части анализа. Можно сказать, что переход на систему сухого золошлакоудаления очень прибыльный для предприятия, так как главная особенность такой золы, что ее можно экономически реализовать в отличие от мокрого золошлакоудаления. В результате продажи золы будет наблюдаться меньшее пыление на золоотвале, что выгодно с точки зрения экологии.