

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

Институт: Электронного обучения
Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Кафедра Атомных и тепловых электростанций

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Анализ системы золоудаления котельной №10 г. Белово

УДК621.182.94(571.17)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б11	Ахметзянов Р. Р.		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Гусельников М. Э.	к.т.н.		

Нормоконтроль

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
атомных и тепловых электростанций	Матвеев А.С.	к.т.н., доцент		

Томск – 2016 г.

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>	
Р1	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.
Р2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении <i>комплексных</i> инженерных задач.
Р3	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.
Р4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
Р5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
Р6	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>	
Р7	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.
Р8	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.
Р9	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.
Р10	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 **140100 Теплоэнергетика и теплотехника**
Кафедра «Атомных и тепловых электростанций»

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

(Подпись)

(Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы
(бакалаврской работы, /работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Б11	Ахметзянову Р. Р.

Тема работы:

Анализ системы золоудаления котельной №10 г. Белово
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

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 работы является анализ системы золоудаления производственно-отопительной котельной. Объектом исследования в работе являются котельная в г. Белово. Предметом исследования является система золоудаления.</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>	<p>Введение. Формулирование цели работы.</p> <p><u>1. Системное описание объекта анализа – золоудаления котельной.</u></p> <p>1.1. Характеристика системы золоудаления.</p> <p>1.2. Характеристика связей системы золоудаления с внешней средой.</p> <p>1.3. Характеристика углей и золовых отходов.</p> <p>1.4. Общая характеристика проблемы переработки золы.</p> <p><u>2. Структурный анализ объекта:</u></p> <p>2.1. Структурная схема золоулавливания.</p> <p>2.2. Описание структурной схемы золоулавливания и её оборудования.</p> <p><u>3. Функциональный анализ объекта:</u></p> <p>3.1. Укрупненный расчет котлоагрегата.</p> <p>3.2. Определение эффективности золоулавливающего оборудования и выбор типа золоулавливающей установки. Расчет золоулавливающей установки.</p> <p>3.3. Определение количества уловленной золы и выброшенной золы, сравнение с нормативами.</p> <p>3.4. Определение максимальной приземной концентрации</p> <p>3.5. Анализ возможности реализации золы потребителям. Схема отпуска золы потребителям.</p> <p><u>4. Экономический анализ объекта:</u></p> <p>4.1. Оценка технико-экономической эффективности системы золоудаления.</p> <p>5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.</p> <p>6. Социальная ответственность.</p> <p>Заключение. Обобщение результатов анализа</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>1. Технологическая схема котельной – 1 лист.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент</p>	<p>Старший преподаватель кафедры Менеджмента Кузьмина Н. Г.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Доцент кафедры Экологии и безопасности жизнедеятельности, к.т.н. Гусельников М. Э.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p> </p>	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель кафедры АТЭС	Вагнер М.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б11	Ахметзянов Р.Р.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 67 страницы, 7 таблиц, 4 рисунка, 10 источников, 1 лист графического материала.

Ключевые слова: паровой котел, системы золоудаления, батарейный циклон, удельные массовые выбросы золы, зола.

Объектом исследования является производственно-отопительная котельная в г. Белова Кемеровской области.

Цель работы – анализ системы золоудаления производственно-отопительной котельной.

В процессе исследования проводились технико-экономический анализ установки золоуловителя, а также более детальный расчет выбранной схемы золоудаления, и его экономических показателей.

В результате исследования получены данные: удельные массовые выбросы золы, диоксида серы, диоксида азота; величина максимальной концентрации золы, диоксида серы, диоксида азота

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Office Word 2007 с использованием программ, Kompas V6 LT.

Оглавление

Введение. Формулирование цели работы.....	9
1. Системное описание объекта анализа – золоудаления котельной.....	10
1.1. Характеристика системы золоудаления.....	10
1.2. Характеристика связей системы золоудаления с внешней средой.....	11
1.3. Характеристика углей и золовых отходов.....	13
1.4. Общая характеристика проблемы переработки золы.....	15
2. Структурный анализ объекта.....	17
2.1. Структурная схема золоулавливания.....	17
2.2. Описание структурной схемы золоулавливания и её оборудования.....	18
3. Функциональный анализ объекта.....	22
3.1. Укрупненный расчет котлоагрегата.....	22
3.2. Определение эффективности золоулавливающего оборудования и выбор типа золоулавливающей установки. Расчет золоулавливающей установки.....	31
3.3. Определение количества уловленной золы и выброшенной золы, сравнение с нормативами.....	34
3.4. Определение максимальной приземной концентрации.....	39
3.5. Анализ возможности реализации золы потребителям. Схема отпуска золы потребителям.....	41
4. Экономический анализ объекта.....	43
4.1. Оценка технико-экономической эффективности системы золоудаления.....	43
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	45
5.1. Расчет затрат на проектирование и исследование ВКР.....	45
6. Социальная ответственность.....	51
6.1. Производственная безопасность.....	52
6.2. Экологическая безопасность.....	59
6.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	61
6.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	64
Заключение. Обобщение результатов анализа.....	66
Список используемых источников.....	67
ФЮРА311330 Технологическая схема котельной	

Введение. Формулирование цели работы

Учитывая современную тенденцию роста потребления тепловой энергии, увеличивается тепловая нагрузка котельных, соответственно, образуется больше золошлаковых остатков топлива, в настоящее время большое внимание уделяется уменьшению золошлаковых выбросов за счёт различных золоуловителей.

При горении топлива остаются золошлаковые остатки, более крупные частицы оседают в топке котла в шлаковых бункерах, а мелкие частицы уносятся дымовыми газами и улавливается золоуловителями различных конструкций, но всё же часть уносится в атмосферу.

Одним из направлений экологической политики является использование более эффективных золоулавливающих установок.

В этой работе я проанализировал работу золоуловителей на котельной №10 г. Белово.

1. Системное описание объекта анализа – золоудаления котельной

1.1. Характеристика системы золоудаления

На котельной №10 используется совместное золошлакоудаление - при которой зола и шлак удаляются по общим золошлакопроводам и складироваться на общем золошлакоотвале. Зола и шлак удаляются пневмомеханическим способом (вакуумным).

Вакуум в системе создается с помощью вакуумных насосов, установленные в конце системы. Зола из золоуловителя и шлак из шлаковых бункеров поступают в золопровод, вместе с ними засасывается воздух, который перемещает их до циклонов. Зола и шлак, улавливаются в циклонах и сбрасываются в бункер золоосадительной станции (ЗОС). Очищенный воздух поступает в вакуумные насосы из которых выбрасывается в атмосферу.

Плюсы такой системы является простота эксплуатации, герметичность и компактность оборудования.

Минусы системы: небольшие расстояния до бункера (до 150-200м), большой износ трубопроводов.

При таком способе удаления зола и шлак получают в сухом виде, что дает возможность отпускать их потребителю. Золу и шлак отгружают потребителю по мере необходимости (приблизительно 100 м³ в год), точных данных нет.

1.2. Характеристика связей системы золоудаления с внешней средой.

Котельная №10 работает на органическом топливе, в качестве которого используют уголь. В процессе горения топлива образующиеся продукты сгорания передают большую часть теплоты воде в котле, часть теплоты в окружающую среду и часть уносится в дымовую трубу с продуктами сгорания в атмосферу.



Рисунок 1- Связь золоудаления с внешней средой

Проблема высокоэффективной очистки дымовых газов от золы является одним из основных вопросов защиты окружающей среды от вредных выбросов котельной.

Продукты сгорания в зависимости от исходного топлива, содержат окислы углерода (CO_x), окислы азота (NO_x), окислы серы (SO_x), пары воды, углероды и другие вещества в твёрдом, жидком и газообразном состоянии.

Удаляемые шлак и зола из топки образуют золошлакоотвалы на поверхности литосферы.

Летучая зола содержит негорючую сульфатную серу (сульфаты железа, кальция, магния, щелочных металлов), алюмосиликаты. От 10 до 80 % в золе

свободная двуокись кремния. При вдыхании в дыхательные пути её биологическая активность зависит от дисперсного состава частичек пыли и способности к растворению. При попадании в верхних дыхательных путях почти 100% задерживаются частицы размером более 12 мкм и плохо удаляются из организма. Мелкие частицы проникают в нижние дыхательные пути и частично задерживаются там. Частицы с размерами около 1 мкм почти полностью задерживаются в легких. При проникновении взвешенных частиц в органы дыхания происходит нарушение системы дыхания и кровообращения.

Твёрдые частицы (более 10 мкм) быстро осаждаются на землю. Более мелкие частицы (4-10 мкм) с дымом поднимаются более 1 км на высоту и вдоль поверхности перемещается на 1000 метров. Медленно опускаются, плохо осаждаются с высоты 1000 метров в течении года достигая поверхности земли, частицы (менее 4 мкм).

Золу и шлак удаляют на золошлакоотвал, в связи с этим связано отторжение больших территорий. С каждым годом эта территория разрастается всё больше. При хранении золошлаковых отходов происходит унос некоторого их количества ветром, а также смыв их водой. Токсичность микроэлементов золы превышает в земной коре их содержание – мышьяк (100 раз), бериллий (60 раз). В следствии чего золошлакоотвалы следует считать источником повышенной экологической опасности.

1.3. Характеристика углей и золовых отходов.

Проектным топливом для котлов котельной № 10 является кузнецкий каменный уголь. Уголь на котельную поступает с Моховского, Караканского и Беловского разрезов.

Элементный состав заданного топлива в рабочем состоянии:

- содержание углерода $C^r = 48,3 \%$;
- содержание водорода $H^r = 3,2 \%$;
- содержание серы пиритной и органической $S_{p+o}^r = 0,4 \%$;
- содержание азота $N^r = 1,4 \%$;
- содержание кислорода $O^r = 11,5 \%$;
- влажность $W_t^r = 18 \%$;
- зольность $A^r = 17,2 \%$.

Низшая теплота сгорания топлива нормативная

$$Q_i^r = 18,0 \text{ МДж/кг (4300 ккал/кг).}$$

Выход летучих веществ

$$V^{daf} = 41 \%$$

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗОЛЫ

Оксид кремния $SiO_2=58,7 \%$

Оксид алюминия $Al_2O_3=20,3 \%$

Оксид железа $Fe_2O_3=6,9 \%$

Оксид кальция $CaO=7,8 \%$

Оксид магния, $MgO=2,2 \%$

Оксид титана $TiO_2=0,9 \%$

Оксид натрия $Na_2O=1,5 \%$

Оксид калия $K_2O=1,7 \%$

Плавкость золы – температура

деформации $T_1=1140 \text{ }^\circ\text{C}$

Плавкость золы – температура
полусферы $T_2=1290$ °С

Плавкость золы – температура
растекания $T_3=1380$ °С

1.4. Общая характеристика проблемы переработки золы

Проблема утилизации золы и шлака образующихся при сжигании угля, актуальна для всего мира. В настоящее время золошлаковых отходов больше, чем добывается угля. Ежегодно в России при сжигании угля образуется около 28 млн.т. золы и шлака, но всего лишь 15% используется в экономике.

Накопление золошлаковых отходов влияют негативно на окружающую среду и обходится дорого содержание золошлакоотвалов.

Практическое отсутствие действенной политики на государственном уровне в области охраны окружающей среды не вынуждало, а существовавшие экономические отношения не стимулировали руководство заниматься вопросами переработки золошлаков. Указанные обстоятельства явились основными причинами сложившегося положения с неудовлетворительно малыми объемами использования золы и шлака для производства товарной продукции.

Вопрос утилизации золошлаков отличается особенной остротой, так как увеличение объемов образования золошлаков при существующем низком уровне их переработки в товарную продукцию приведет к дальнейшему ухудшению качества окружающей среды.

При сопоставлении основных требований к качеству летучей золы России и Европейского комитета по стандартизации можно сделать следующие основные выводы:

- стандартом EN450 установлены единые требования к любым видам летучей золы, образующимся при сжигании углей различных марок;
- практически все показатели по стандарту EN450 являются более жесткими, особенно это касается потерь при прокаливании.

Из изложенного выше следует, что единые и более жесткие требования к качеству летучей золы для всех марок углей являются одной из основных причин ее переработки в значительно больших объемах при производстве различных бетонов за рубежом, чем в России, так как лучшие

потребительские свойства золы позволяют использовать ее в более широком диапазоне технологий строительного производства.

Еще один сдерживающий фактор — сезонный разрыв между пиком производства золошлаков и спросом на них. Основной объем материалов (свыше половины) создается зимой, в период отопительного сезона и максимума нагрузки. Основной же спрос на эти материалы в строительстве наблюдается летом.

Главным препятствием остается то, что переработка золы для энергетиков является побочным делом, что она не имеет поддержки на федеральном уровне. Каждая компания и каждый регион решают эту проблему в одиночку, зачастую от случая к случаю.

Зола в России является отходом производства, за рубежом — товарным продуктом. Переработка отходов — задача государственного масштаба.

2. Структурный анализ объекта

2.1. Структурная схема золоулавливания

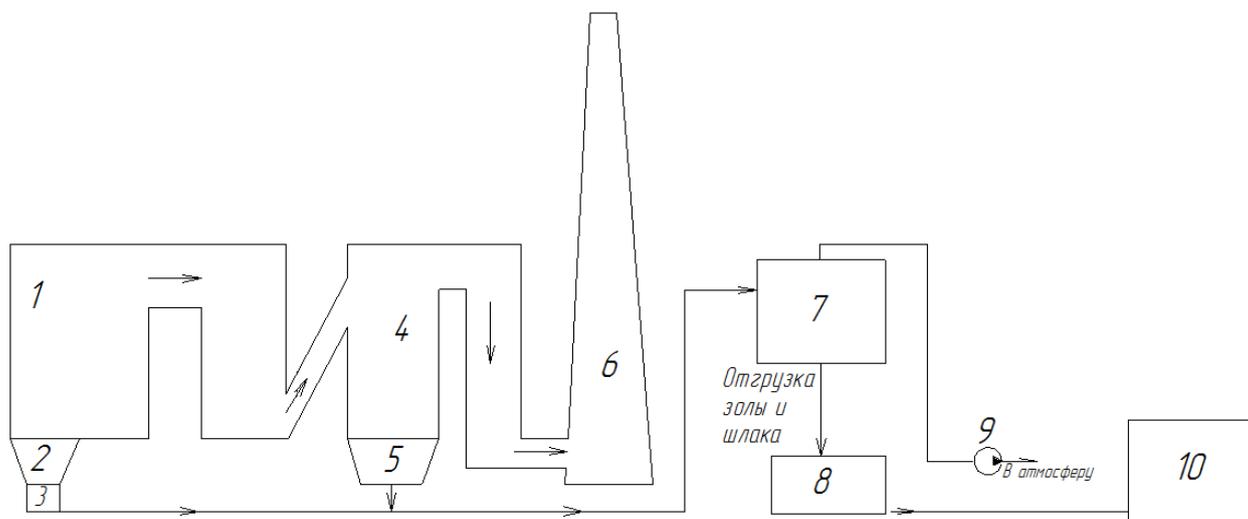


Рисунок 2 - Схема золоулавливания и золошлакоудаления котельной
1-котёл; 2-шлаковый бункер; 3- шлаковая дробилка; 4- батарейный циклон; 5-зольный бункер; 6-дымовая труба; 7-золоосадительная станция; 8-автотранспорт; 9-вакуумные насосы; 10-золошлакоотвал.

2.2. Описание структурной схемы золоулавливания и её оборудования

Шлак с колосниковой решётки сбрасывается в шлаковый бункер, откуда шлак попадает в шлаковую дробилку, дробится до нужной фракции и удаляется. Дымовые газы проходя через хвостовые поверхности нагрева направляются в батарейный циклон, очищаются, уловленная зола оседает в зольном бункере и удаляется.

Транспортировка золы и шлака осуществляется в трубах потоком воздуха поочередно из всех точек выхода очаговых остатков. В пределах котельной все разветвления трубопроводов пневмотранспорта объединяются в один магистральный шлакозолопровод, по которому смесь с концентрацией дробленого шлака и золы направляется в осадительную камеру, откуда воздух с неуловленной в камере пылью, поступает в циклон-пылеотделитель, затем воздух через побудитель движения-вакуумный насос, сбрасывается в атмосферу. Осадительные устройства расположены под бункером-накопителем золы и шлака. Зола и шлак выгружается из бункера в автосамосвалы. Для устранения пыления при выгрузке из бункера установлен специальный шнековый питатель, в котором шлак и зола смачиваются водой.

Оборудование золошлакоудаления:

Шлаковая дробилка

Для дробления крупных кусков шлака до фракции 20:4, которые легко транспортируются по пневмотрубопроводу, под бункером котла установлена валковая шлаковая дробилка.

Батарейный циклон

Паровые котлы КЕ – 25 – 14С оборудованы золоуловителями БЦ-2-7х(5+3) с 56 элементами, предназначенные для улавливания слабо и не слипающейся золы, уносимой из топки потоком газа. Батарейные циклоны устанавливаются за выходной ступенью котельного агрегата, перед дымососом.

Техническая характеристика батарейных циклонов:

-количество секций 2;

-количество циклонов в батарее:

по глубине 7;

по ширине 5+3;

всего 56;

-Внутренний диаметр циклонного элемента 254 мм;

-Запыленность входных газов 35-37 г/м³;

-Степень очистки газов 85%;

-Допустимая температура газов на входе 400 0С

-Габаритные размеры 3170*2450*4510 мм;

-расход газа при температуре 130°С:

при сопротивлении 45 мм вод.ст. – 11,72 м³/сек;

при сопротивлении 60 мм вод.ст. – 13,58 м³/сек

-Масса 7,2 т;

Батарейные циклоны представляют собой составленный из 56 параллельно установленных циклонов, объединенных в одном корпусе. Имеющие общий подвод и отвод газов, и зольный бункер.

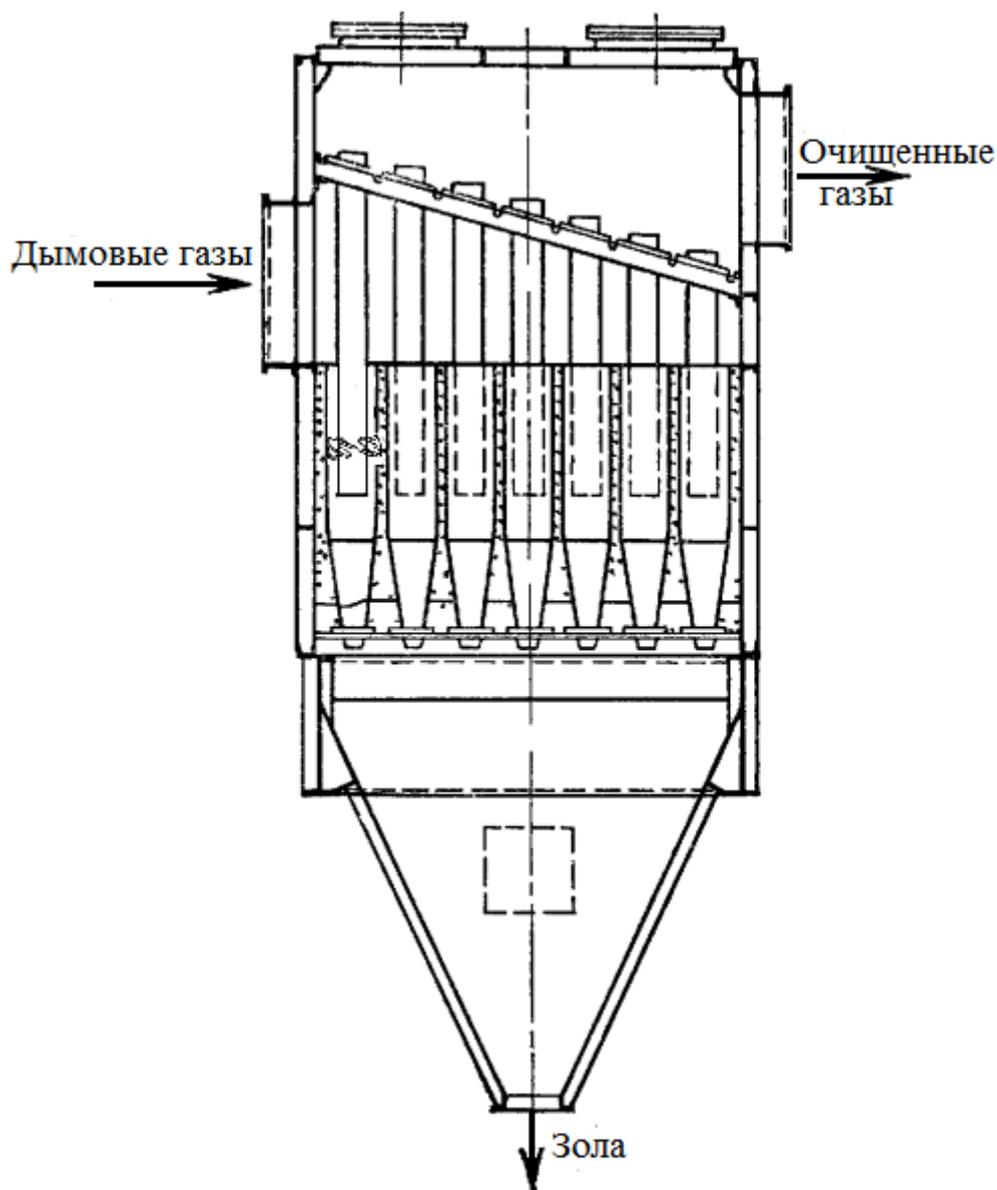


Рисунок 3 - Батарейный циклон БЦ-2-7x(5+3)

Принцип работы:

Дымовые газы попадают в секции циклона одним потоком, равномерно распределяется по входному сечению. Далее газы подводятся в циклоны и из-за закручивающего аппарата начинают вращение. За счёт центробежной силы твёрдые частицы газа прижимаются к корпусу циклона и опускаются по конической части корпуса вместе с газовым потоком. Спирально вихревое движение образует пониженное давление в середине циклона, из за этого дымовые газы меняет направление движения из нижней части конуса и направляются вверх по центру корпуса циклонного элемента в трубу для выхлопов. Зола оседает в бункер, откуда ее удаляют.

Вакуумный насосы ВВН-2-50

На котельной №10 установлено 5 вакуумных насосов типа ВВН-2-50

Производительность $45 \pm 10\%$ м³/мин.воз;

Давление всасывания 152 мм/рт.ст.;

Абсолютное давление нагнетания 760 мм/рт.ст.;

Температура всасывания 15°С;

Расход воды 70 дм³/мин;

Обороты 590 об/мин

Золоосадительная станция

Осадительная камера диаметром 600 мм имеет рабочую емкость 13 м³, причем максимальное заполнение осадительной камеры допустимо до уровня не менее 1,8 м., от верхнего по высоте цилиндрической части камеры. При увеличении высоты уровня шлака и в особенности пылевого материала в осадительной камере КПД резко падает и увеличивается вынос пыли, поэтому данный размер является предельным.

Очистка запыленного воздуха после осадительной камеры предусмотрена в циклонах, имеющих КПД до 99,5%.

Разгрузка материала из осадительной камеры производится посредством клапана мигалки.

3. Функциональный анализ объекта

3.1. Укрупненный расчет котлоагрегата

Расчет ведем по методике, изложенной в [5].

Расчетные характеристики топлива

Заданное топливо – уголь марки Д Углерезрез Кузнецкого бассейна.

Характеристики топлива: $C^r = 48,3 \%$; $H^r = 3,2 \%$; $S_{p+o}^r = 0,4 \%$; $N^r = 1,4 \%$;
 $O^r = 11,5 \%$; $W_t^r = 18 \%$; $A^r = 17,2 \%$.

Низшая теплота сгорания топлива

$Q_i^r = 18,0$ МДж/кг (4300 ккал/кг).

Выход летучих веществ

$V^{daf} = 41 \%$.

Температурные характеристики золы:

$t_A = 1140$ °С, $t_B = 1290$ °С, $t_C = 1380$ °С .

Количество воздуха

и объемы продуктов сгорания топлива

Теоретическое количество сухого воздуха, необходимого для полного сгорания топлива при коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 1$,

$$V_0^H = 0,0889 \cdot (C^r + 0,375 \cdot S_{p+o}^r) + 0,265 \cdot H^r - 0,0333 \cdot O^r = \quad (1)$$
$$= 0,0889 \cdot (48,3 + 0,375 \cdot 0,4) + 0,265 \cdot 3,2 - 0,0333 \cdot 11,5 = 4,77 \text{ м}^3/\text{кг}$$

Теоретический объем трехатомных газов

$$V_{RO_2}^H = 1,866 \cdot \frac{C^r + 0,375 \cdot S_{p+o}^r}{100} = 1,866 \cdot \frac{48,3 + 0,375 \cdot 0,4}{100} = 0,904 \text{ м}^3/\text{кг} \quad (2)$$

Теоретический объем азота

$$V_{ON_2}^H = 0,79V_0^H + 0,8 \frac{N^r}{100} = 0,79 \cdot 4,77 + 0,8 \frac{1,4}{100} = 3,77 \text{ м}^3/\text{кг} \quad (3)$$

Теоретический объем водяных паров

$$V_{OH_2O}^H = 0,111H^r + 0,0124W_t^r + 0,0161V_O^H = \quad (4)$$
$$= 0,111 \cdot 3,2 + 0,0124 \cdot 18 + 0,0161 \cdot 4,77 = 0,655 \text{ м}^3/\text{кг}$$

Теоретический объем дымовых газов (суммарный)

$$V_{0Г}^H = V_{RO_2}^H + V_{ON_2}^H + V_{OH_2O}^H = 0,904 + 3,77 + 0,655 = 5,329 \text{ м}^3/\text{кг} \quad (5)$$

Коэффициент избытка воздуха на выходе из топки принимаем

$$\alpha_T = 1,3$$

Присосы воздуха в газоходы котла принимаются в соответствии с наличием и расположением поверхностей нагрева в рассчитываемом котле:

- в топку

$$\Delta\alpha_T = 0,1;$$

- в газоход конвективного пучка

$$\Delta\alpha_{КП} = 0,1;$$

- в газоход воздухоподогревателя

$$\Delta\alpha_{ВП} = 0,06;$$

- в газоход экономайзера

$$\Delta\alpha_{Эк} = 0,1;$$

Коэффициенты избытка воздуха в газоходах за отдельными поверхностями нагрева котла определяются путем прибавления величины присоса воздуха данной поверхности к коэффициенту избытка воздуха за предыдущей поверхностью. Таким образом, коэффициенты избытка воздуха будут:

- за топкой

$$\alpha_T'' = 1,3;$$

- за газоходом конвективного пучка

$$\alpha_{КП}'' = 1,4;$$

- за газоходом воздухоподогревателя

$$\alpha''_{Вп} = 1,46;$$

- за газоходом экономайзера

$$\alpha''_{Эк} = 1,56;$$

Средние коэффициенты избытка воздуха по газоходам:

- в топку

$$\alpha_{т.ср} = 1,3$$

- в газоход конвективного пучка

$$\alpha_{кп.ср} = \frac{\alpha''_{т} + \alpha''_{кп}}{2} = \frac{1,3 + 1,4}{2} = 1,35; \quad (6)$$

- в газоход воздухоподогревателя

$$\alpha_{вп.ср} = \frac{\alpha''_{кп} + \alpha''_{вп}}{2} = \frac{1,4 + 1,46}{2} = 1,43; \quad (7)$$

- в газоход экономайзера

$$\alpha_{эк.ср} = \frac{\alpha''_{вп} + \alpha''_{эк}}{2} = \frac{1,46 + 1,56}{2} = 1,51; \quad (8)$$

Действительные объемы водяных паров и дымовых газов подсчитываются для каждого газохода при средних значениях коэффициента избытка воздуха по формулам:

- объем водяных паров

$$V_{H_2O}^H = V_{OH_2O}^H + 0,0161 \cdot (\alpha_{ср} - 1) \cdot V_0^H, \text{ м}^3/\text{кг}; \quad (9)$$

- топка

$$\begin{aligned} V_{H_2O}^H &= V_{OH_2O}^H + 0,0161 \cdot (\alpha_{т.ср} - 1) \cdot V_0^H = \\ &= 0,655 + 0,0161 \cdot (1,3 - 1) \cdot 4,77 = 0,678 \text{ м}^3/\text{кг}; \end{aligned}$$

- газоход конвективного пучка

$$\begin{aligned} V_{H_2O}^H &= V_{OH_2O}^H + 0,0161 \cdot (\alpha_{кп.ср} - 1) \cdot V_0^H = \\ &= 0,655 + 0,0161 \cdot (1,35 - 1) \cdot 4,77 = 0,682 \text{ м}^3/\text{кг}; \end{aligned}$$

- газоход воздухоподогревателя

$$V_{H_2O}^H = V_{OH_2O}^H + 0,0161 \cdot (\alpha_{вп.ср} - 1) \cdot V_0^H =$$

$$= 0,655 + 0,0161 \cdot (1,43 - 1) \cdot 4,77 = 0,688 \text{ м}^3/\text{кг};$$

• газоход экономайзера

$$V_{H_2O}^H = V_{OH_2O}^H + 0,0161 \cdot (\alpha_{\text{Эк.ср}} - 1) \cdot V_0^H =$$

$$= 0,655 + 0,0161 \cdot (1,51 - 1) \cdot 4,77 = 0,694 \text{ м}^3/\text{кг};$$

• объем дымовых газов

$$V_{\Gamma}^H = V_{RO_2}^H + V_{ON_2}^H + V_{OH_2O}^H + (\alpha_{\text{ср}} - 1) \cdot V_0^H, \text{ м}^3/\text{кг}; \quad (10)$$

• топка

$$V_{\Gamma}^H = V_{RO_2}^H + V_{ON_2}^H + V_{OH_2O}^H + (\alpha_{\text{т.ср}} - 1) \cdot V_0^H =$$

$$= 0,904 + 3,77 + 0,678 + (1,3 - 1) \cdot 4,77 = 6,783 \text{ м}^3/\text{кг};$$

• газоход конвективного пучка

$$V_{\Gamma}^H = V_{RO_2}^H + V_{ON_2}^H + V_{OH_2O}^H + (\alpha_{\text{КП.ср}} - 1) \cdot V_0^H =$$

$$= 0,904 + 3,77 + 0,682 + (1,35 - 1) \cdot 4,77 = 7,025 \text{ м}^3/\text{кг};$$

• газоход воздухоподогревателя

$$V_{\Gamma}^H = V_{RO_2}^H + V_{ON_2}^H + V_{OH_2O}^H + (\alpha_{\text{Вп.ср}} - 1) \cdot V_0^H =$$

$$= 0,904 + 3,77 + 0,688 + (1,43 - 1) \cdot 4,77 = 7,4131 \text{ м}^3/\text{кг};$$

• газоход экономайзера

$$V_{\Gamma}^H = V_{RO_2}^H + V_{ON_2}^H + V_{OH_2O}^H + (\alpha_{\text{Эк.ср}} - 1) \cdot V_0^H =$$

$$= 0,904 + 3,77 + 0,694 + (1,51 - 1) \cdot 4,77 = 7,8 \text{ м}^3/\text{кг};$$

Результаты расчета действительных объемов водяных паров и дымовых газов занесены в таблицу 1. В эту же таблицу занесены объемные доли трехатомных газов

$$r_{RO_2} = V_{RO_2}^H / V_{\Gamma}^H \quad (11)$$

и водяных паров

$$r_{H_2O} = V_{H_2O}^H / V_{\Gamma}^H; \quad (12)$$

общая доля трехатомных газов и водяных паров

$$r_n = r_{RO_2} + r_{H_2O}, \quad (13)$$

а также масса дымовых газов

$$G_{\Gamma} = 1 - \frac{A^r}{100} + 1,306 \cdot \alpha \cdot V_0^H \quad (14)$$

и безразмерная концентрация золовых частиц

$$\mu_{\text{зл}} = \frac{A^r \cdot a_{\text{ун}}}{100 \cdot G_{\Gamma}} \quad (15)$$

При этом доля золы, уносимая в газоходы котла,

$$a_{\text{ун}} = 0,95.$$

Таблица 1- расчета действительных объемов водяных паров и дымовых газов

Величина	Газоходы котла			
	Топка	конвективный пучок	Вп	Эк
Коэффициент избытка воздуха за поверхностью $\alpha_{\text{за}}^i$	1,3	1,4	1,46	1,56
Коэффициент избытка воздуха средний $\alpha_{\text{ср}}^i$	1,3	1,35	1,43	1,51
Объем водяных паров $V_{\text{H}_2\text{O}}^H, \text{ м}^3/\text{кг}$	0,678	0,682	0,688	0,694
Полный объем дымовых газов $V_{\Gamma}^H, \text{ м}^3/\text{кг}$	6,783	7,025	7,4131	7,8
Объемная доля трехатомных газов $r_{\text{RO}_2} = V_{\text{RO}_2}^H / V_{\Gamma}^H$	0,133	0,128	0,121	0,115
Объемная доля водяных паров $r_{\text{H}_2\text{O}} = V_{\text{H}_2\text{O}}^H / V_{\Gamma}^H$	0,099	0,097	0,0928	0,089
Объемная доля трехатомных газов и водяных паров $\Gamma_{\text{п}} = \Gamma_{\text{RO}_2} + \Gamma_{\text{H}_2\text{O}}$	0,232	0,225	0,2138	0,204
Масса дымовых газов $G_{\Gamma}, \text{ кг/кг}$	8,926	9,237	9,736	10,234
Безразмерная концентрация золовых частиц $\mu_{\text{зл}}, \text{ кг/кг}$	0,0173	0,0167	0,0158	0,0151

Тепловой баланс котла

Общее уравнение теплового баланса имеет вид

$$Q_p + Q_{в.вн} + Q_{\phi} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6, \text{ кДж/кг}, \quad (16)$$

где Q_p – располагаемое тепло топлива, кДж/кг;

$Q_{в. вн}$ – тепло, внесенное в топку воздухом, при подогреве его вне котла, кДж/кг;

Q_{ϕ} – тепло, внесенное в топку паровым дутьем («форсуночным» паром), кДж/кг;

Q_1 – полезно использованное тепло, кДж/кг;

Q_2 – потеря тепла с уходящими газами, кДж/кг;

Q_3 – потеря тепла от химической неполноты сгорания, кДж/кг;

Q_4 – потеря тепла от механической неполноты сгорания, кДж/кг;

Q_5 – потеря тепла от наружного охлаждения, кДж/кг;

Q_6 – потеря с телом шлака, кДж/кг.

Располагаемое тепло топлива определяется по формуле

$$Q_p = Q_i^r + i_{\text{тл}} + (1 - k) \cdot Q_{\text{крб}}, \text{ кДж/кг}; \quad (17)$$

где Q_i^r – низшая теплота сгорания рабочего топлива, кДж/кг;

$$i_{\text{тл}} = c_{\text{тл}} \cdot t_{\text{тл}} - \text{физическое тепло топлива, кДж/кг}; \quad (18)$$

k – коэффициент разложения карбонатов при сжигании карбонатных топлив;

$Q_{\text{крб}}$ – затраты тепла на разложение карбонатов, кДж/кг.

Поскольку заданное топливо не является карбонатным, подогрева топлива не предусмотрено, форсуночное дутье отсутствует, Q_{ϕ} ,

$Q_{\text{крб}}$, $i_{\text{тл}}$ принимаются равными нулю. Следовательно, располагаемое тепло топлива

$$Q_p = Q_i^r = 18000 \text{ кДж/кг}.$$

Потеря тепла от химической неполноты сгорания топлива принимаем:

$$q_3 = 0 \text{ \%}.$$

Потеря тепла от механической неполноты сгорания топлива принимаем:

$$q_4=4,0 \%$$

Потеря теплоты от наружного охлаждения принимаем:

$$q_5 = 1,2 \%$$

Доля золы топлива, переходящая в шлак,

$$a_{\text{шл}} = 1 - a_{\text{ун}} = 1 - 0,95 = 0,05. \quad (19)$$

Температура удаляемого шлака принимаем:

$$\vartheta_{\text{шл}} = 600 \text{ }^\circ\text{C} .$$

Энтальпия удаляемого шлака, при $\vartheta_{\text{шл}}$:

$$(c\vartheta)_{\text{зл}}^{\vartheta_{\text{шл}}} = 560 \text{ кДж/кг}.$$

Потеря с физическим теплом шлака

$$q_6 = \frac{a_{\text{шл}} \cdot (c\vartheta)_{\text{шл}}^{\vartheta_{\text{шл}}} \cdot A^r}{Q_p} = \frac{0,05 \cdot 560 \cdot 17,2}{18000} = 0,053 \% \quad (20)$$

Температура уходящих газов принимаем:

$$\vartheta_{\text{ух}} = 200 \text{ }^\circ\text{C} .$$

Энтальпия уходящих газов при избытке воздуха $\alpha_{\text{ух}}$ и температуре $\vartheta_{\text{ух}}$,
кДж/кг;

$$I_{\text{ух}} = 1767,8 \text{ кДж/кг}.$$

Средняя температура горячего воздуха, присасываемого в газоходы воздухоподогревателя (принимается),

$$t_{\text{ср.вп}} = 180 \text{ }^\circ\text{C} .$$

Энтальпия горячего воздуха, присасываемого в газоходы воздухоподогревателя при средней температуре

$$I_{\text{опрс.гв}} = 986,9 \text{ кДж/кг}.$$

Температура воздуха, присасываемого в газоходы поверхностей нагрева, кроме воздухоподогревателя, принимается равной температуре холодного воздуха

$$t_{\text{прс}} = t_{\text{хв}} = 30 \text{ }^\circ\text{C} .$$

Энтальпия присасываемого в котел холодного воздуха

$$I_{0 \text{ прс.хв}} = I_{0 \text{ хв}} = 189,288 \text{ кДж/кг.}$$

Отношение количества воздуха, подаваемого в топку из воздухоподогревателя, к теоретически необходимому, при отсутствии рециркуляции газов ($r_{\text{rc}} = 0$),

$$\beta'_T = \alpha_T - \Delta\alpha_T = 1,3 - 0,1 = 1,2. \quad (21)$$

Отношение количества воздуха на входе в воздушный тракт к теоретически необходимому

$$\beta' = \beta'_T + \Delta\alpha_{\text{Вп}} = 1,2 + 0,06 = 1,26, \quad (22)$$

Потеря тепла с уходящими газами

$$q_2 = \frac{Q_2}{Q_p} \cdot 100 = \frac{[I_{\text{yx}} - (\alpha_{\text{yx}} - \beta') \cdot I_{0 \text{ пр.гв}} - \beta' \cdot I_{0 \text{ хв}}] \cdot (100 - q_4)}{Q_p} = \quad (23)$$
$$= \frac{[1767,8 - (1,56 - 1,26) \cdot 986,9 - 1,26 \cdot 189,288] \cdot (100 - 4)}{18000} = 6,57 \%$$

Коэффициент полезного действия (КПД) котла

$$\eta_k = 100 - \Sigma q = 100 - (6,57 + 0 + 4,0 + 1,2 + 0,053) = 88,17 \%. \quad (24)$$

Коэффициент сохранения тепла

$$\varphi = 1 - \frac{q_5}{\eta_k + q_5} = 1 - \frac{1,2}{88,17 + 1,2} = 0,9865 \quad (25)$$

Расход продувочной воды

$$D_{\text{пр}} = D \cdot \frac{p_{\text{пр}}}{100} = 6,94 \cdot \frac{3}{100} = 0,208 \text{ кг/с} \quad (26)$$

где: P – процент продувки, $P = 3\%$.

Давление пара на выходе

$$p_{\text{п}} = 14,0 \text{ МПа.}$$

Температура пара на выходе

$$t_{\text{п}} = 194 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Энтальпия сухого насыщенного пара на выходе [по таблице водяного пара]

$$i_{\text{п}} = 2788 \text{ кДж/кг.}$$

Скрытая теплота парообразования

$$r = 1948 \text{ кДж/кг.}$$

Давление питательной воды на входе в котел (принимается на 20 % бóльшим давления сухого насыщенного пара на выходе)

$$p_{п.в.} = 1,2 \cdot p_{пс} = 1,2 \cdot 14,0 = 16,8 \text{ МПа.} \quad (27)$$

Температура питательной воды

$$t_{п.в.} = 104,2 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Энтальпия питательной воды при давлении $p_{п.в.}$ и температуре $t_{п.в.}$

$$i_{п.в.} = 449,2 \text{ кДж/кг.}$$

Давление среды в барабане (принимается на 10 % бóльшим давления сухого насыщенного пара на выходе)

$$p_{б} = p'_{с} = 1,1 \cdot 14,0 = 15,4 \text{ МПа.}$$

Энтальпия влажного пара

$$i_x = i_{пс} - (1 - x) \cdot r = 2788 - (1 - 0,95) \cdot 1948 = 2690,6 \text{ кДж/кг} \quad (28)$$

Энтальпия продувочной (кипящей) воды при давлении в барабане

$$i_{кип} = 814 \text{ кДж/кг.}$$

Полный расход топлива, подаваемого в топку,

$$B = \frac{D \cdot (i_{п} - i_{п.в.}) + D_{пр} \cdot (i_{кип} - i_{п.в.})}{\frac{\eta_k \cdot Q_p}{100}} = \quad (29)$$

$$= \frac{6,94 \cdot (2788 - 449,2) + 0,208 \cdot (814 - 449,2)}{\frac{88,17 \cdot 18000}{100}} = 1,027 \text{ кг/с}$$

Расчетный расход топлива (с учетом механической неполноты его сгорания)

$$B_p = B \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) = 1,027 \cdot \left(1 - \frac{4}{100}\right) = 0,9864 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (3,55 \text{ т/ч}) \quad (30)$$

3.2. Определение эффективности золоулавливающего оборудования и выбор типа золоулавливающей установки. Расчет золоулавливающей установки

В качестве золоулавливающих аппаратов при слоевом сжигании топлив могут быть использованы - дымососы-золоуловители, циклоны батарейные улиточные, батарейные циклоны с рециркуляцией газов.

Дымосос-золоуловитель представляет собой дымосос (улитка, рабочее колесо) и контур рециркуляции (циклон и крыльчатка расположенная в улитке). Основным недостатком является быстрый износ улитки и контура рециркуляции газов.

Батарейный циклон - составленные из n-го количества циклонные элементы установленные параллельно в одном корпусе. Корпус имеет один подвод и один отвод газов, и один зольный бункер.

Батарейные циклоны с рециркуляцией газов являются двухступенчатой системой золоулавливания. Из основного циклона более запыленные газы отсасываются дымососом рециркуляции газов на дополнительную очистку во вторичный циклон.

Расчёт золоуловителя:

Расчет ведем по методике, изложенной в [6].

3.2.1. Часовой расход дымовых газов, очищаемых под каждым золоуловителем

$$V_{\text{зол}} = \frac{\sum V_{\text{г}} \cdot B_{\text{р}} (273 + \vartheta_{\text{ух}})}{273 \cdot 3600}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (31)$$

где

$\sum V_{\text{г}} = 7,8$ - полный объём дымовых газов $\text{м}^3/\text{кг}$;

$B_{\text{р}} = 3551,04$ - расход натурального топлива, $\text{кг}/\text{ч}$;

$\vartheta_{\text{ух}} = 200$ - температура уходящих газов $^{\circ}\text{C}$.

$$V_{\text{зол}} = \frac{7,8 \cdot 3551,04 (273 + 200)}{273 \cdot 3600} = 13,33 \text{ м}^3/\text{с} = 47989,76 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Для этого расхода газов выбираем золоуловитель батарейный циклон.

3.2.2. Плотность дымовых газов

$$\rho_{yx} = \rho_0 \frac{273}{273 + \vartheta_{yx}} = 1,34 \frac{273}{273 + 200} = 0,77 \text{ кг/м}^3 \quad (32)$$

где

$$\rho_0 = 1,34 \text{ кг/м}^3$$

3.2.3. Оптимальное условие работы циклонов при

$$\frac{\Delta h_{\text{зол}}}{\rho_{yx}} = 55 \div 75, \quad (33)$$

где

$\Delta h_{\text{зол}} 45 \div 60 = 55$ мм.вод.ст. – величина аэродинамического сопротивления задается для батарейного циклона.

$$\frac{\Delta h_{\text{зол}}}{\rho_{yx}} = \frac{55}{0,77} = 71,42$$

3.2.4. Определяем число элементов

$$n = 0,336 \frac{V_{\text{зол}}}{D^2 \sqrt{\frac{\Delta h_{\text{зол}} \left(1 + \frac{\vartheta_{yx}}{273}\right)}{\xi}}}, \text{ шт}, \quad (34)$$

где

$D = 0,275$ – диаметр корпуса каждого элемента (задается), м;

$\xi = 85$ - коэффициент аэродинамического сопротивления для батарейного циклона.

$$n = 0,336 \frac{13,33}{0,275^2 \sqrt{\frac{55 \left(1 + \frac{200}{273}\right)}{85}}} = 55,93 \approx 56 \text{ шт}$$

По полученным расчётам выбираем батарейный циклон БЦ2-7(5+3)

3.2.5. Площадь всех элементов

$$F_{\text{зол}} = n \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 56 \frac{\pi \cdot 0,275^2}{4} = 3,32 \text{ м}^2 \quad (35)$$

3.2.6. Величина аэродинамического сопротивления

$$\Delta h_{\text{зол}} = 0,114 \frac{V_{\text{зол}}^2 \cdot \xi}{n^2 \cdot D^4 \left(1 + \frac{\vartheta_{yx}}{273}\right)} = 0,114 \frac{13,33^2 \cdot 85}{56^2 \cdot 0,275^4 \left(1 + \frac{200}{273}\right)} = 55,41 \text{ мм.вод.ст.} \quad (36)$$

3.2.7. Производительность золоуловителя по заданному числу элементов и их диаметрам

$$V_{\text{зол}} = 2,97 \cdot n \cdot D^2 \sqrt{\frac{\Delta h_{\text{зол}} \left(1 + \frac{\vartheta_{\text{yx}}}{273}\right)}{\xi}} = \quad (37)$$

$$= 2,97 \cdot 56 \cdot 0,275^2 \sqrt{\frac{55,41 \left(1 + \frac{200}{273}\right)}{85}} = 13,36 \text{ м}^3/\text{сек}$$

3.2.8. Средняя скорость, отнесённая к условной площади

$$\omega_{\text{зол}} = 3,87 \sqrt{\frac{\Delta h_{\text{зол}} \left(1 + \frac{\vartheta_{\text{yx}}}{273}\right)}{\xi}} = 3,87 \sqrt{\frac{55,41 \left(1 + \frac{200}{273}\right)}{85}} = 4,11 \text{ м/сек} \quad (38)$$

В результате расчёта были получены следующие данные: число циклонов получилось равным 56. Располагаем их в 7 рядов по ходу газа, по 8 элементов в каждом ряду. Скорость газа в цилиндрической части циклонного элемента $\omega_{\text{зол}} = 4,11 \text{ м/сек}$, которая является эффективной.

3.3. Определение количества уловленной золы и выброшенной золы, сравнение с нормативами

Таблица 2 - Фракционный состав золы

уголь	Фракционный состав							
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-30	30-40	40-60	60-90
кузнецкий	1,3	3,7	1,5	3,5	9,0	22,0	37	22

3.3.1. Доля твердых частиц, улавливаемых в БЦ:

$$\eta = \sum \eta_i \frac{\Phi_i}{100} \quad (39)$$

$$\eta = 0,75 \frac{1,3}{100} + 0,89 \frac{3,7}{100} + 0,95 \frac{1,5}{100} + 0,97 \frac{3,5}{100} + 0,99 \frac{9,0}{100} + 0,996 \frac{22}{100} + 0,9993 \frac{37}{100} + 0,99993 \frac{22}{100} = 0,85$$

где

$$\eta_i = 1 - \varepsilon_i, \quad (40)$$

$$\eta_1 = 0,75; \eta_2 = 0,89; \eta_3 = 0,95; \eta_4 = 0,97;$$

$$\eta_5 = 0,99; \eta_6 = 0,996; \eta_7 = 0,9993; \eta_8 = 0,99993;$$

$$\varepsilon_i = e^{-\Pi_i}, \quad (41)$$

$$\varepsilon_1 = 0,25; \varepsilon_2 = 0,11; \varepsilon_3 = 0,05; \varepsilon_4 = 0,03;$$

$$\varepsilon_5 = 0,01; \varepsilon_6 = 0,004; \varepsilon_7 = 0,0007; \varepsilon_8 = 0,00007;$$

$$\Pi_i = K \cdot \sqrt{\frac{U}{4,5}} \sqrt[3]{d_i^2}, \quad (42)$$

$$\Pi_1 = 1,37; \Pi_2 = 2,18; \Pi_3 = 2,86; \Pi_4 = 3,47;$$

$$\Pi_5 = 4,55; \Pi_6 = 5,51; \Pi_7 = 7,22; \Pi_8 = 9,46.$$

$$K = 0,5$$

$$U=4 \text{ м/с}$$

Для сравнения произведём расчёт для батарейного циклона БЦ-2-7х(5+3) и электрофильтра ЭГА, и сравним с нормативами.

3.3.2. Расчёт электрофильтра

$$k_\phi = \frac{(Al_2O_3 + SiO_2)A^p}{(W^p + 9 \cdot H^p)S^p} \quad (43)$$

$$k_\phi = \frac{(20,3 + 58,7)17,2}{(18 + 9 \cdot 3,2)0,4} = 72,5 < 100$$

$U_{д.г.} = 1,6 \div 1,8$ м/с- принимаем 1,6 м/с;

$k_{он} = 0,6 \div 0,8$ - принимаем 0,8;

$E = 260 \div 280$ кВ - принимаем 280 кВ;

$m_0 = 0,3 \div 0,5$ кг/м² - принимаем 0,5 кг/м².

$$f_p = \frac{V_{зол}}{z \cdot U_{д.г.}} \quad (44)$$

$$f_p = \frac{13,33}{1 \cdot 1,6} = 8,33 \text{ м}^2, \quad f = 16,5 \text{ м}^2$$

$$U_{д.г.}^\phi = \frac{V_{зол}}{z \cdot f} \quad (45)$$

$$U_{д.г.}^\phi = \frac{13,33}{1 \cdot 16,5} = 0,8 \text{ м}^2$$

Выбираем электрофильтр ЭГА1-10-6-4-2

$$k_{уН} = k_{н} \cdot k_{эл} \cdot k_{вс} [1 - 0,25(U_{д.г.}^\phi - 1)], \quad (46)$$

где

$$k_{н} = \frac{7,5}{6} = 1,25$$

$$k_{эл} = 1$$

$$k_{вс} = 1,7$$

$$k_{уН} = 1,25 \cdot 1 \cdot 1,7 [1 - 0,25(0,8 - 1)] = 2,23$$

$$v_i = 0,25(k_{он} \cdot E)^2 d_i \cdot 10^{-6}, \text{ м/с} \quad (47)$$

$$v_1 = 0,062 \text{ м/с}; v_2 = 0,125 \text{ м/с}; v_3 = 0,188 \text{ м/с}; v_4 = 0,25 \text{ м/с};$$

$$v_5 = 0,376 \text{ м/с}; v_6 = 0,501 \text{ м/с}; v_7 = 0,752 \text{ м/с}; v_8 = 1,128 \text{ м/с}.$$

$$\Pi_i = 0,2 \cdot k_{уН} \cdot \sqrt{\frac{v_i}{U_{д.г.}^\phi}} \cdot \frac{n \cdot L}{t}, \quad (48)$$

$$t=0,15;$$

$$L=2,56;$$

$$n=2$$

$$\Pi_1 = 4,23; \Pi_2 = 6,01; \Pi_3 = 7,37; \Pi_4 = 8,51;$$

$$\Pi_5 = 10,43; \Pi_6 = 12,04; \Pi_7 = 14,75; \Pi_8 = 18,07.$$

$$\varepsilon_i = e^{-\Pi_i}, \quad (49)$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= 0,014; \quad \varepsilon_2 = 0,0024; \quad \varepsilon_3 = 0,000629; \quad \varepsilon_4 = 0,0002; \\ \varepsilon_5 &= 0,000029; \quad \varepsilon_6 = 0,000005; \quad \varepsilon_7 = 0,0000003; \quad \varepsilon_8 = 0,00000001; \end{aligned}$$

$$\eta_i = 1 - \varepsilon_i, \quad (50)$$

$$\begin{aligned} \eta_1 &= 0,986; \quad \eta_2 = 0,9976; \quad \eta_3 = 0,9993; \quad \eta_4 = 0,9998; \\ \eta_5 &= 0,99997; \quad \eta_6 = 0,999995; \quad \eta_7 = 0,99999; \quad \eta_8 = 0,99999; \end{aligned}$$

$$\eta = \sum \eta_i \frac{\Phi_i}{100} \quad (51)$$

$$\begin{aligned} \eta &= 0,986 \frac{1,3}{100} + 0,9976 \frac{3,7}{100} + 0,9993 \frac{1,5}{100} + 0,9998 \frac{3,5}{100} + 0,99997 \frac{9,0}{100} + \\ &0,999995 \frac{22}{100} + 0,99999 \frac{37}{100} + 0,99999 \frac{22}{100} = 0,99 \end{aligned}$$

Расчет ведем по методике, изложенной в [1]

3.3.3. Расчет выбросов твердых частиц летучей золы и недогоревшего топлива, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами котлоагрегата при сжигании твердого топлива выполняется по формуле:

$$M_3 = 10 \cdot B \left(A^r + q_4 \frac{Q_H^r}{32,68} \right) \cdot \alpha_{ун} (1 - \eta_{3y}), \text{ г/с}, \quad (52)$$

где

$B=0,9864$ - расход натурального топлива, кг/с;

$A^r=17,2$ - зольность топлива на рабочую массу, %;

$\alpha_{ун}=0,95$ - доля золы, уносимой газами из котла;

η_{3y} - доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителе с учетом залповых выбросов,

для батарейного циклона $\eta_{3y}=0,85$;

для электрофильтра $\eta_{3y}=0,99$;

$q_4=4$ - потери тепла от механической неполноты сгорания топлива, %;

$Q_H^r=18$ - низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг;

$32,68$ - теплота сгорания углерода, МДж/кг.

Вычислим выбросы твердых частиц:

для батарейного циклона

$$M_3 = 10 \cdot 0,9864 \left(17,2 + 4 \frac{18}{32,68} \right) \cdot 0,95(1 - 0,85) = 27,27 \text{ г/с}$$

для электрофилтра

$$M_3 = 10 \cdot 0,9864 \left(17,2 + 4 \frac{18}{32,68} \right) \cdot 0,95(1 - 0,99) = 1,81 \text{ г/с}$$

3.3.4. Удельные выбросы твёрдых частиц

$$M_3^y = \frac{M_3}{B \cdot V_r}, \text{ мг/м}^3 \quad (53)$$

для батарейного циклона

$$M_3^y = \frac{27,27}{0,9864 \cdot 7,8} = 3,54 \text{ г/м}^3 = 3540 \text{ мг/м}^3$$

для электрофилтра

$$M_3^y = \frac{1,81}{0,9864 \cdot 7,8} = 0,236 \text{ г/м}^3 = 236 \text{ мг/м}^3$$

3.3.5. Определение массового выброса диоксида серы в атмосферу

$$M_{SO_2} = 20 \cdot B \cdot S^r \left(1 - \frac{\eta'_{SO_2}}{100} \right), \text{ г/с}, \quad (54)$$

где $\eta'_{SO_2} = 10\%$ - доля SO_2 , уловленная золовыми частицами в газоходе котла (1, табл. 2.9);

$S^r = 0,4\%$ - содержание серы в топливе.

$$M_{SO_2} = 20 \cdot 0,9864 \cdot 0,4 \left(1 - \frac{10}{100} \right) = 7,1 \text{ г/с}$$

3.3.6. Удельные выбросы оксидов серы

$$M_{SO_2}^y = \frac{M_{SO_2}}{B \cdot V_{cr}} = \frac{7,1}{0,9864 \cdot 7,106} = 1,013 \text{ г/м}^3 = 1013 \text{ мг/м}^3 \quad (55)$$

$$V_{cr} = V_r - V_{H_2O} = 7,8 - 0,694 = 7,106 \text{ м}^3/\text{кг} \text{ сухой объём дымовых газов}$$

3.3.7. Определение массового выброса окислов азота в атмосферу

$$M_{NO_2} = 0,034 \cdot K \cdot B \cdot Q_H^r \left(1 - \frac{q_4}{100} \right) \beta_1, \text{ г/с}, \quad (56)$$

где K – коэффициент, характеризующий выход NO_2 на 1 т условного топлива, кг/т;

Для котлов паропроизводительностью менее 70 т/ч

$$K = \frac{D_{\Phi}}{20} = \frac{25}{20} = 1,25 \text{ кг/т,}$$

где D_{Φ} – фактическая паропроизводительность котла.

β_1 – коэффициент, учитывающий влияние на выход NO_2 качества сжигаемого топлива, для твердого топлива

$$\beta_1 = 0,178 + 0,47 \cdot N^{\Gamma} = 0,178 + 0,47 \cdot 1,4 = 0,836,$$

где $N^{\Gamma} = N^P = 1,4$

$$M_{NO_2} = 0,034 \cdot 1,25 \cdot 0,9864 \cdot 18 \left(1 - \frac{4}{100}\right) 0,836 = 0,605 \text{ г/с}$$

3.3.6. Удельные выбросы оксидов азота

$$M_{NO_2}^y = \frac{M_{NO_2}}{B \cdot V_{ст}} = \frac{0,605}{0,9864 \cdot 7,106} = 0,086 \text{ г/м}^3 = 86 \text{ мг/м}^3 \quad (57)$$

Сравним выбросы с "Нормативами удельных выбросов в атмосферу для котельных установок, вводимых на ТЭС до 01.01.2001 г".

Таблица 3 - Нормативами удельных выбросов в атмосферу для котельных установок, вводимых на ТЭС до 01.01.2001 г

Загрязнитель	Нормативы, мг/м ³	Удельные выбросы, мг/м ³		Превышение, раз	
		БЦ	Электрофильтр	БЦ	Электрофильтр
Твёрдые частицы	100-500	3540	236	7,08	-
Диоксид серы	700-1400		1013		-
Диоксид азота	300-640		86		-

Как видно из таблицы, превышение выбросов твёрдых частиц после БЦ в 7,08 превышают норму, выбросы диоксида серы и диоксида азота не превышают нормативы. После электрофильтра все перечисленные выбросы в норме.

3.4. Определение максимальной приземной концентрации

Расчет ведем по методике, изложенной в [1]

3.4.1. Величина максимальной концентрации i -го вредного вещества, выбрасываемого с дымовыми газами из одиночной дымовой трубы с круглым устьем в приземном слое атмосферы при неблагоприятных метеорологических условиях, на расстоянии X_m от трубы определяется по формуле

$$C_{Mi} = \frac{A \cdot M_i \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta_p}{H^2 \sqrt[3]{V_{\text{зол}} \cdot \Delta T}}, \text{ мг/м}^3, \quad (58)$$

где $A=200$ (для Сибири) – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы и определяющий условия вертикального и горизонтального рассеивания вредных веществ в воздухе.

M_i – расход вредного вещества (золы, окислов SO_2 , NO_2), выбрасываемого в атмосферу от всех присоединенных к трубе котлов, г/с;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе; равен для газообразных веществ 1, а для пыли и золы – 2,5 при степени очистки в золоуловителях до 90 % ;

m и $n=1$ – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса;

$V_{\text{зол}}$ – объемный расход дымовых газов от всех присоединенных к трубе котлов, $\text{м}^3/\text{с}$;

$$f = \frac{10^3 \cdot \omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}, \quad (59)$$

где $H=100$ – высота дымовой трубы, м;

$\Delta T=140$ – разница между температурой газов на выходе из трубы и температурой воздуха, $^\circ\text{C}$;

$D=3,5$ – диаметр устья дымовой трубы, м;

ω_0 – скорость выхода газов из устья трубы, определяется по формуле

$$\omega_0 = \frac{4 \cdot V_{\text{зол}}}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 13,33}{\pi \cdot 3,5^2} = 1,38 \text{ м/с} \quad (60)$$

$$f = \frac{10^3 \cdot 1,38^2 \cdot 3,5}{100^2 \cdot 140} = 0,0047$$

Коэффициент m определяется в зависимости от параметра f :

$$m = \frac{1}{0,67+0,1\sqrt{f}+0,34\sqrt[3]{f}} = \frac{1}{0,67+0,1\sqrt{0,0047}+0,34\sqrt[3]{0,0047}} = 1,362 \quad (61)$$

$\eta_p=1$ – коэффициент, учитывающий рельеф местности

$$C_{M_3} = \frac{A \cdot M_3 \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta_p}{H^2 \sqrt[3]{V_{30л} \cdot \Delta T}} = \frac{200 \cdot 27,27 \cdot 2,5 \cdot 1,362 \cdot 1 \cdot 1}{100^2 \sqrt[3]{13,33 \cdot 140}} = 0,15 \text{ мг/м}^3$$

$$C_{M_{SO_2}} = \frac{A \cdot M_{SO_2} \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta_p}{H^2 \sqrt[3]{V_{30л} \cdot \Delta T}} = \frac{200 \cdot 7,1 \cdot 1 \cdot 1,362 \cdot 1 \cdot 1}{100^2 \sqrt[3]{13,33 \cdot 140}} = 0,015 \text{ мг/м}^3$$

$$C_{M_{NO_2}} = \frac{A \cdot M_{NO_2} \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta_p}{H^2 \sqrt[3]{V_{30л} \cdot \Delta T}} = \frac{200 \cdot 0,605 \cdot 1 \cdot 1,362 \cdot 1 \cdot 1}{100^2 \sqrt[3]{13,33 \cdot 140}} = 0,0013 \text{ мг/м}^3$$

Расстояние X_M , на котором достигается максимальная концентрация вредных веществ C_{Mi} по оси факела, при $F < 2$ определяется как

$$X_M = d \cdot H = 12,26 \cdot 100 = 1226 \text{ м} \quad (62)$$

при $F \geq 2$

$$X_M = \frac{d \cdot H(5-F)}{4} = \frac{12,26 \cdot 100(5-2,5)}{4} = 766,25 \text{ м}, \quad (63)$$

где d – безразмерная величина, определяется по формулам:

$$d = 7 \cdot \sqrt{V_M} \cdot (1 + 0,28\sqrt[3]{f}) = \quad (64)$$

$$= 7 \cdot \sqrt{2,8} \cdot (1 + 0,28\sqrt[3]{0,0047}) = 12,26 \quad \text{при } V_M > 2$$

$$V_M = 0,65 \sqrt{\frac{V_{30л} \cdot \Delta T}{H}} = 0,65 \sqrt{\frac{13,33 \cdot 140}{100}} = 2,8 \quad (65)$$

Таблица 4 – Предельно допустимые концентрации вредных веществ

Вредные вещества	ПДК _{м.р.} , мг/м ³	ПДК _{с.с.} , мг/м ³
Легучая зола	0,3	0,15
SO ₂	0,5	0,05
NO ₂	0,2	0,04

Как видно из таблицы, предельная допустимая концентрация вредных веществ находятся в пределах нормы.

3.5. Анализ возможности реализации золы потребителям. Схема отпуска золы потребителям

Основной потребитель золы и шлака является промышленность. Зола и шлак используют в строительстве, добавляют в бетон, производство сухих смесей для штукатурки. Так же золу и шлак можно использовать для рекультивации отработанных карьеров, заполнение шахт, посыпание дорог зимой. Возможность добавлять в основание дорог. Так как на котельной используется кузнецкий каменный уголь, то из полученной при сжигании золы извлекают ценный материал - алюмосиликатные микросферы.

Так как с каждым годом золошлакоотвал увеличивается в размерах, следовательно и увеличивается плата за содержание и хранение золошлакоотвала. Отпуск золы и шлака потребителю даёт дополнительную прибыль. От этого котельная получит дополнительную прибыль от продажи золы и шлака и уменьшение золошлакоотвала, и уменьшение платы за золошлакоотвал.

Возможные варианты реализации золы потребителям:

1. Непосредственно с золосадительной станции.

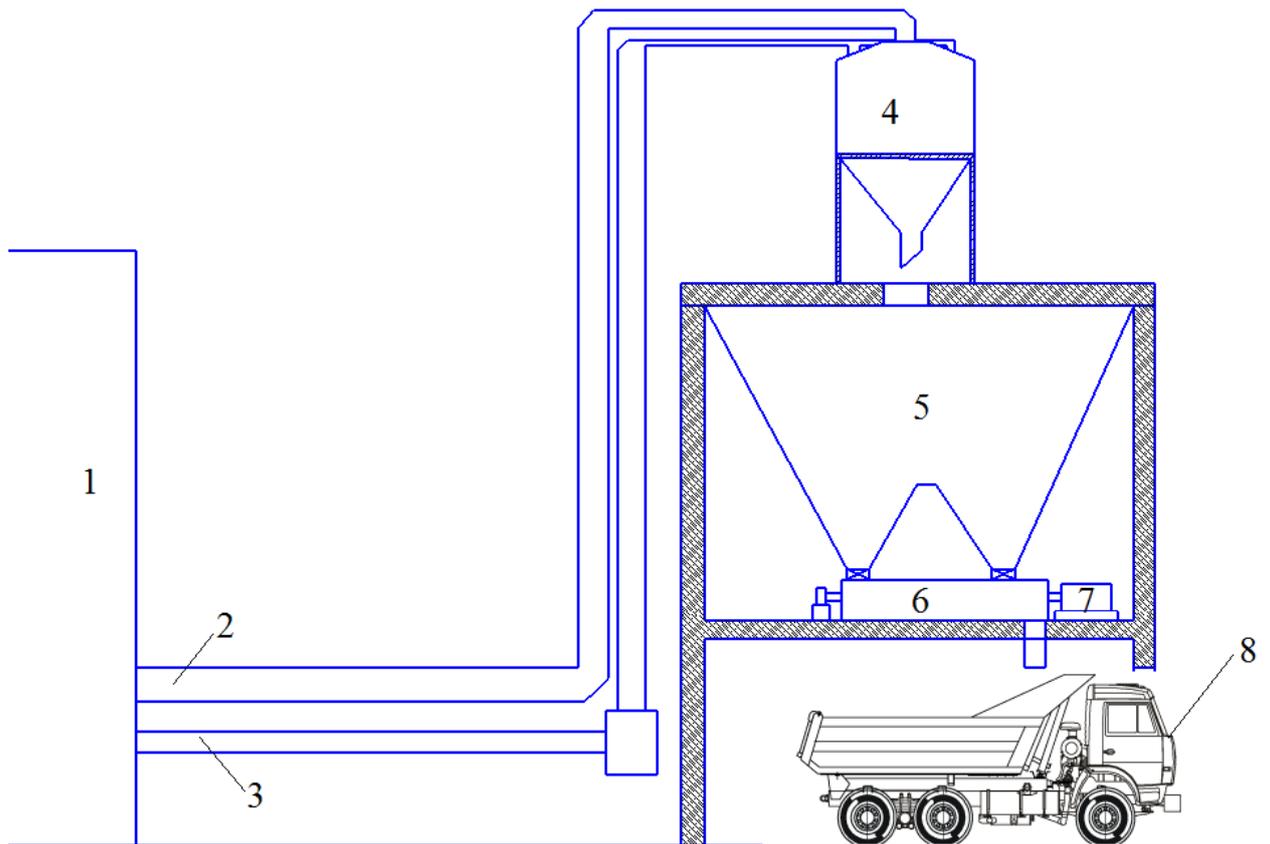


Рисунок 4 - Схема отпуса золы потребителям через золоосадительную станцию

1 – котельная; 2,3 – золопроводы; 4 – циклон золоосадительной станции;
 5 – бункер золоосадительной станции; 6 – шнек; 7 – эл. двигатель;
 8 – автосамосвал.

Зола и шлак с бункера золоосадительной станции шнековым питателем отгружается потребителю в автосамосвалы.

2. С золошлакоотвала

Зола и шлак на котельной №10 транспортируются на золошлакоотвал в сухом виде, то есть возможность отпуса золы потребителя с золошлакоотвала с помощью погрузчика в автосамосвалы.

4. Экономический анализ объекта

4.1. Оценка технико-экономической эффективности системы золоудаления

Наиболее эффективным и экономичным методом очистки больших объемов дымовых газов от золы является применение сухих электрофильтров. Капитальные затраты на сооружение электрофильтров высоки, так как эти аппараты металлоемки, занимают большую площадь, снабжаются специальными повысительно - выпрямительными агрегатами электропитания, цена электрофильтра 3670 тыс. руб. против 1327 тыс. руб. (цена БЦ-2-7х(5+3)), для котельной эти затраты большие и невыгодны.

Дополнительный экономический эффект даст продажа золошлакового материала потребителю, за счёт этого также уменьшится плата за содержание золошлакоотвала. Но для реализации желательно продавать золошлаковые отходы одинаковым химическим составом, либо знать точный химический состав золы и шлака для информации потребителю. Для этого нужно установка лабораторий для анализа золошлаковых отходов.

Так же из золы и шлака есть возможность добывать микросферы.

Микросферы - это одна из составляющих частей зол уноса от ТЭЦ, работающих на каменных углях. По сути представляют собой сферические полые частицы с различной толщиной стенок, как правило толстостенные. Обладают рядом уникальных свойств, воссоздать которые искусственным методом достаточно дорого.

Для реализации добычи микросфер нужно дорогостоящее оборудование.

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

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1. Расчет затрат на проектирование и исследование ВКР

Расчет ведем по методике, изложенной в [9]

Затраты на проектирование ВКР подразделяются на капитальные (единовременные) и текущие. Капитальные затраты на НИР включают в себя: стоимость оборудования, приборов, необходимых для проведения исследований и проектных работ.

Таблица 5 – Перечень работ и оценка времени их выполнения

№п.п.	Наименование работ	Количество исполнителей	Продолжительность, в днях
1	Выдача и получение задания	НР (Ст.преподаватель 13р.) Инженер (10р.)	1
2	Исследование литературы	Инженер (10р.)	13
3	Консультация	НР (Ст.преподаватель 13р.) Инженер (10р.)	1
4	Анализ объекта исследования	Инженер (10р.)	7
5	Исследование возможных вариантов решения	Инженер (10р.)	7
6	Расчет оптимального варианта	Инженер (10р.)	11
7	Консультация	НР (Ст.преподаватель 13р.) Инженер (10р.)	1
8	Оформление работы согласно нормам	Инженер (10р.)	7
9	Подписание работы руководителем, консультация	НР (Ст.преподаватель 13р.) Инженер (10р.)	2
Итого:		НР (Ст.преподаватель 13р.) Инженер (10р.)	4 50

Капитальные вложения в проект.

$$K_{np} = U_{mat} + U_{ам} + U_{зн} + U_{со} + U_{пр} + U_{накл} \quad (66)$$

где: U_{mat} – материальные затраты 5800 рублей.

$U_{ам}$ – издержки на амортизацию, руб.

$U_{зн}$ – издержки на заработанную плату, руб.

$U_{со}$ – издержки на социальные отчисления, руб.

$U_{пр}$ – прочие издержки, руб.

$U_{накл}$ – накладные расходы.

Амортизационные затраты рассчитываются.

$$U_{ам} = \frac{T_{исп}}{T_{кал}} \cdot C_{кт} \cdot \frac{1}{T_{сл}} = \frac{46}{365} \cdot 20000 \cdot \frac{1}{8} = 315,07 \text{ руб.} \quad (67)$$

$T_{исп}$ – время использования персонального компьютера, 46 дней;

$T_{кал}$ – число дне в календарном году, 365 дней;

$C_{кт}$ – стоимость персонального компьютера, 20 тыс. рублей;

$T_{сл}$ – срок службы персонального компьютера, 8 лет;

Затраты на заработанную плату рассчитываются как

$$\Phi ЗП = ЗП_{рук} + ЗП_{инж}, \quad (68)$$

где: $ЗП_{рук}$ – заработанная плата руководителя;

$ЗП_{инж}$ – заработанная плата инженера.

Заработанная плата руководителя рассчитывается как:

$$U_{ЗП}^{мес} = (ЗП_0 \cdot K_1 + Д) \cdot K_2, \quad (69)$$

где: $ЗП_0$ – месячный оклад 16750 руб.;

K_1 – коэффициент учитывающий отпуск 10%;

D – доплата за интенсивность труда 2000 руб.;

K_2 – районный коэффициент 30%;

$$U_{ЗП}^{рук.мес} = (16750 \cdot 1,1 + 2000) \cdot 1,3 = 26552,5 \text{ рублей.}$$

Фактическая зарплата руководителя

$$U_{ЗП}^{рук.факт} = \frac{U_{ЗП}^{рук.мес}}{21} \cdot n_{\phi}; \quad (70)$$

где: $U_{ЗП}^{мес}$ – Заработанная плата руководителя за месяц;

n_{ϕ} –Количество дней консультации у руководителя по факту 4 дня.

$$U_{ЗП}^{\phi} = \frac{U_{ЗП}^{мес}}{21} \cdot n_{\phi} = \frac{26552,5}{21} \cdot 4 = 5057,62 \text{ рублей}$$

Заработанная плата инженера рассчитывается как;

$$U_{ЗП}^{мес} = ЗП_0 \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (71)$$

где: $ЗП_0$ – месячный оклад 14500 руб.;

K_1 – коэффициент учитывающий отпуск 10%.

K_2 – районный коэффициент 30%;

$$U_{ЗП}^{инж.мес} = 14500 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 20735 \text{ руб.}$$

Но так как работа для инженера длится 50 дней, дорассчитаем зарплату:

$$U_{ЗП}^{инж} = \frac{U_{ЗП}^{инж.мес}}{21} \cdot n_{\phi} = \frac{20735}{21} \cdot 20 = 19747,6 \text{ рублей}$$

И тогда издержки на заработанную плату составят:

$$\Phi ЗП = U_{ЗП}^{рук.факт} + U_{ЗП}^{инж.мес} + U_{ЗП}^{инж.факт} = 5057,62 + 20735 + 19747,6 = 45540,22 \text{ руб.}$$

Социальные отчисления рассчитываются как

$$U_{со} = \Phi ЗП \cdot 0,3 = 45540,22 \cdot 0,3 = 13662,06 \text{ руб.} \quad (72)$$

Прочие затраты рассчитываются как;

$$U_{проч} = 0,1 \cdot (U_{мат} + U_{ам} + U_{зн} + U_{со}), \text{ руб} \quad (73)$$

$$U_{проч} = 0,1 \cdot (5800 + 315,07 + 45540,22 + 13662,06) = 6531,73 \text{ руб.}$$

Накладные расходы рассчитываются как;

$$U_{накл} = 200\% \cdot \Phi ЗП, \text{ руб} \quad (74)$$

$$U_{накл} = 200\% \cdot 45540,22 = 91080,44 \text{ руб.}$$

Тогда смета затрат на проект составит;

$$K_{пр} = U_{мат} + U_{ам} + U_{зн} + U_{со} + U_{пр} + U_{накл}, \text{ руб} \quad (75)$$

$$K_{пр} = 5800 + 315,07 + 45540,22 + 13662,06 + 6531,73 + 91080,44 = 162929,52 \text{ руб.}$$

Все расчеты по затратам на работу приведены в таблице 4

Таблица 6 - Данные затрат на выполнение ВКР

Вид затрат	Стоимость, руб.
Материальные затраты	5800
Амортизационные затраты	315,07
Затраты на заработанную плату	45540,22
Социальные отчисления	13662,06
Прочие затраты	6531,73
Накладные расходы	91080,44
Итого	162929,52

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

6. Социальная ответственность

Работа котельных установок сопровождается: выделением в воздух рабочей зоны вредных веществ; повышенными уровнями шума и вибраций; возможным нарушением герметичности систем, находящихся под давлением; вероятностью возникновения взрывов, пожаров в помещениях. Для охраны труда немаловажное значение имеют состояние воздушной среды производственных помещений, их освещение, вентиляция, электромагнитные и радиоактивные излучения, вибрация и шум.

Для охраны труда важное значение имеет строгое соблюдение действующих правил и норм, которые разработаны и внедрены на практике в интересах сохранения здоровья.

Одним из важнейших мероприятий по охране труда является противопожарная профилактика – система мероприятий, обеспечивающих взрыво- и пожаробезопасность на производстве.

Целью выпускной квалификационной работы является анализ системы золоудаления котельной №10 г. Белово. Поэтому необходимо правильно организовать безопасную работу обслуживающего персонала и персонала находящегося вблизи систем золоудаления.

6.1. Производственная безопасность.

Основной задачей охраны труда при эксплуатации системы золоудаления является охрана здоровья и жизни людей от несчастных случаев, которые могут произойти по вине самого обслуживающего персонала, либо по вине администрации предприятия.

На всех предприятиях, в учреждениях и организациях должны быть созданы здоровые и безопасные условия труда. Эта обязанность возложена на администрацию предприятия, учреждения, организации, независимо от формы собственности.

Администрация обязана строго соблюдать законы о труде; внедрять современные средства техники безопасности, предупреждающие производственный травматизм; обеспечивать санитарно-гигиенические условия, предупреждающие возникновение профессиональных заболеваний рабочих и служащих; обеспечивать современное и надлежащее медицинское освидетельствование персонала и обучение его безопасности и высокопроизводительным способам и приемам работы.

Медицинский осмотр трудящихся, подвергающихся воздействию вредных и неблагоприятных условий труда, производится предварительно при поступлении на работу и периодически в процессе работы. Цель осмотров – выявление ранних форм заболеваний и разработка оздоровительных мероприятий, направленных на предупреждение профессиональных болезней и несчастных случаев.

Обучение работающих безопасности труда проводится на всех предприятиях и в организациях независимо от характера и степени опасности производства в процессе профессионально-технического обучения, повышения квалификации на профессиональных курсах и на курсах безопасности труда и при проведении инструктажей.

Инструктажи работающих по характеру и времени проведения подразделяются:

- на вводный – с целью ознакомления работника с общими положениями об охране труда и особенностями данного предприятия;
- первичный на рабочем месте - для ознакомления с технологическими процессами работы и освоения безопасных приемов труда;
- вторичный – не реже чем через 6 месяцев для проверки и повышения знаний по охране труда;
- текущий – перед производством работ, на которые оформляется наряд – допуск.

Так, к обслуживанию объектов котлонадзора и подъемных сооружений допускаются лишь лица, имеющие необходимую теоретическую и практическую подготовку, прошедшие проверку знаний правил охраны труда с выдачей удостоверения на право обслуживания указанных объектов.

Руководящие, инженерно-технические работники, а также мастера предприятий, производств, объектов и организаций, подконтрольных Госгортехнадзору, обязаны периодически сдавать экзамены на знание правил, норм и инструкций по технике безопасности.

Надзор и контроль за соблюдением законодательства о труде и правил по охране труда осуществляют:

Специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции, не зависящие в своей деятельности от администрации предприятий, учреждений, организаций и их вышестоящих органов, профессиональные союзы и уполномоченные (доверенные) профсоюзами или трудовыми коллективами лица по охране труда.

Высший надзор над точным исполнением законов о труде всеми министерствами и ведомствами, предприятиями, учреждениями и организациями и их должностными лицами возложен на Генерального прокурора РФ.

Государственный надзор осуществляют следующие органы: Федеральный горный и промышленный надзор России, Федеральная инспекция труда при Министерстве труда, Государственный комитет

санитарно-эпидемиологического надзора РФ, Государственный надзор за ядерной и радиационной безопасностью, Государственный энергетический надзор РФ.

Опасные и вредные производственные факторы.

Вредный производственный фактор - фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению работоспособности.

Опасным производственным фактором - фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или к другому внезапному резкому ухудшению здоровья.

Вредными производственными факторами, которые могут привести к несчастным случаям на производстве и профзаболеваниям являются: загазованность, запыленность, вибрация, высокая температура шлака и золы, поражение эл. током при несоблюдении правил эл. безопасности, психофизиологические, неудовлетворительные метеорологические условия.

Шум и вибрация

Шум на человека оказывает вредное физиологическое действие, которое заключается не только в повреждение слухового аппарата, но и в отрицательном влиянии на нервную систему. В соответствии с ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ Шум. Общие требования безопасности» допустимый уровень шума и эквивалентные уровни шума на рабочих местах составляет: в помещениях управления, рабочих комнатах – 60 дБА, в производственных помещениях – 85 дБА.

Под влиянием шума развиваются различные профессиональные заболевания: нарушается ритм сердечной деятельности, изменяется кровяное давление, ухудшается действие органов дыхания. Меры защиты от шума, целью которых является снижение уровней шума ниже нормативных, можно разделить на три основных направления:

- подавление шума в источниках, что осуществляется при проектировании машин и технологического процесса;

- предупреждение распространения шума – изоляция источника и поглощения шума;
- Строительные и организационные меры.

Снизить уровень аэродинамического шума удастся глушителями, в которых дробление потока газа либо звукопоглощение.

Индивидуальными средствами защиты является применение наружных и внутренних противозумов. Внутренние противозумы - это заглушки, вставляемые в слуховой канал. Внешние противозумы закрывают все ушную раковину.

Механические колебания могут передаваться не только по воздуху, но также через конструкции и почву. При достаточно больших амплитудах колебаний динамически неуравновешенных машин у человека возникает ощущение вибрации или сотрясения.

Под воздействием вибрации происходят изменения в нервной и костно-суставных системах, повышение артериального давления, нарушения функции зрения, падения мышечной силы.

Защита от вибраций должна начинаться, прежде всего, с их ликвидации. Устранение вибраций достигается в первую очередь совершенствованием кинематических схем и улучшением работы механизмов.

Применяются, кроме того, динамические виброгасители – добавочную колеблющуюся систему с динамической частотой, равной частоте возмущающей силы, но с реакциями, противоположными ей.

Электробезопасность

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, направленных на защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электромагнитного поля и статического электричества.

Опасность электрического тока в отличии от прочих опасностей усугубляется тем, что человек не в состоянии оценить без специальных

приборов напряжение. Опасность обнаруживается слишком поздно - когда человек уже поражён.

Электрический ток, проходя через живые ткани, производит термическое, электрическое и биологическое воздействие. Это приводит к различным нарушениям в организме, вызывая как местные повреждения тканей и органов, так и общее поражение организма.

Освещение котельной

Помещение котельной по задачам зрительной работы подразделяются на группы:

I – помещения в которых производится различение уровня воды, при фиксированном направлении линии зрения;

II – помещения в которых ведётся надзор за работой технологического оборудования;

III – помещения в которых производится обзор окружающего пространства при кратковременном различии объектов;

IV – обзор окружающего пространства без различия объектов.

Таблица 7 - Освещение помещений котельных

№п/п	Группа помещений	Наименований помещений	Освещённость, лк
1	2	3	4
1	I	Котельный зал, контрольно-измерительный пункт, лаборатория ХВО, площадка деаэратора	300
2	II	Площадка фильтров, насосное отделение, бойлерная, пылеприготовление, шлакозолоудаление, галерея топливоподачи	150 100
3	III	Комната для принятия пищи, склад углехранания	100 10

Противопожарные мероприятия

Опасными факторами пожара для людей являются открытый огонь и искры, повышенная температура воздуха и предметов, токсичные продукты горения, дым, пониженная концентрация кислорода в воздухе, обрушение и повреждение зданий, сооружений, установок, а также взрывы.

В целях предотвращения пожара предусматривают следующие меры:

- предотвращение образования горючей среды;
- предотвращение образования в горючей среде или внесения в неё источников зажигания;
- поддержание температуры и давления горючей среды, ниже максимальнодопустимого по горючести;
- уменьшение определяющего размера горючей среды, ниже максимальной по горючести.

Система пожарной защиты предусматривает следующие меры:

- максимальновозможное применение негорючих и трудногорючих веществ и материалов;
- изоляцию горючей среды;
- предотвращение распространения пожара за пределы очага;
- применение средств пожаротушения;
- применение конструкций производственных объектов с регламентированным пределом их огнестойкости и горючести;
- эвакуация людей в случае пожара;
- применение средств коллективной и индивидуальной защиты от огня;
- применение средств пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре;
- организацию пожарной охраны объекта.

Огнегасительные средства:

- Вода, при работе с которой происходит охлаждение горящего вещества ниже температуры воспламенения и уменьшения концентрации

горючего вещества в зоне горения. Нельзя пользоваться водой при тушении горючих жидкостей и электроустановок.

- Пенный огнетушитель ОП-5. Пена изолирует горящий предмет от кислорода. Эффективно тушит горючие жидкости. Продолжительность действия ОП-5 – 1 минута.
- Углекислотный огнетушитель ОУ-8, ОУ-5, ОУ-2 применяется для тушения пожаров в электроустановках.
- Сухой песок в ящиках размером 500*500*800, установленных на отметке котлов.
- Противопожарный щит с набором для тушения пожара.
- Пожарный кран.

6.2. Экологическая безопасность.

В технологическом процессе электростанций используется сжигание топлива, в ходе которого образуются отходы.

При сжигании одной тонны угля образуется от 60 до 550 килограмм золы, от 6 до 120 килограмм окислов серы, от 2 до 10 килограмм окислов азота. Также при сжигании топлива могут образовываться токсичные продукты неполного сгорания (окись углерода и некоторые углеводороды).

Твердые частицы (пыль, зола и др.) воздействуют на окружающую среду в зависимости от химического состава и размера.

В кузнечных углях не содержится тяжёлых металлов, но содержится оксид кальция, свободный оксид кальция, оксид кремния, свободный оксид кремния. При воздействии на окружающую среду твердых частиц возможно снижение солнечного освещения и видимости, увеличение облачности, туманности, разрушение и загрязнения материалов. Также твёрдые частицы оказывают негативное воздействие на здоровье людей в зависимости от химического состава.

Сернистый ангидрид при воздействии с окружающей средой окисляется до SO_3 , что приводит к образованию тумана, содержащего пары H_2SO_4 и вызывает хроническое поражение растений, снижение урожайности в сельском хозяйстве, уничтожение лесов. При воздействии на человека сернистый ангидрид вызывает заболевание дыхательных путей.

Оксид азота (NO) при контакте с атмосферой окисляется до NO_2 , который поглощает солнечный свет, образует коричневую дымку (один из главных компонентов фотохимических туманов - смогов), разрушает материалы, снижает урожайность в сельском хозяйстве, уничтожает леса. При воздействии на человека оксиды азота вызывают уменьшение содержания гемоглобина в крови.

Золоотвал. При хранении золошлаковых отходов происходит унос некоторого их количества ветром, а также смыв их водой. Загрязняющее вещество – зола.

ЗОС. При погрузке золы и шлака на машину происходит пыление плюс высокая температура пыли. Для устранения этой пыли используют вентиляторы которые производят отсос горячей пыли из помещения ЗОС.

Для очистки дымовых газов используют батарейные циклоны в которых происходит осаждение частиц золы.

В помещении котельной происходит пыление золошлаковых частиц, скопление вредных газов. Для устранения используют вентиляторы удаляющие вредные вещества из помещения.

6.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

При работе системы золошлакоудаления во избежании аварий и несчастных случаев нужно строго соблюдать правила техники безопасности и инструкции по эксплуатации систем золошлакоудаления.

При работе золошлакоудаления возможны выбросы раскалённых золы и шлака при резких открытий шиберов, также при открытии лючков и лазов не убедившись в пустоте бункеров.

Так как некоторые элементы системы золошлакоудаления находятся на высоте возможны опрокидывание персонала и предметов с высоты.

При отгрузке золы в автотранспорт возможен перегруз автотранспорта золой, вследствие чего автотранспорт засыпается горячей золой, что может привести к возгоранию автотранспорта.

Чтобы не произошло всего выше перечисленного созданы требования охраны труда во время работы системы золошлакоудаления:

Соблюдать меры предосторожности и держаться за поручни при передвижении по лестницам и площадкам.

Не становиться на перила площадок и лестниц, трубопроводы, кожухи муфт, работающие дробилки, а также на конструкции и перекрытия, не предназначенные для прохода и не имеющие специальных поручней и ограждений.

Содержать в чистоте рабочие площадки, проходы и помещения. Необходимо помнить, что захламление проходов и площадок рабочего помещения может привести к тяжёлым несчастным случаям.

Запрещается чистить, обтирать и смазывать вращающиеся или движущиеся части механизмов, а также перелезать через ограждения или просовывать руки за них для смазки и уборки.

Запрещается при обтирке наружной поверхности работающих механизмов наматывать на руки или пальцы обтирочный материал. В качестве обтирочных материалов следует применять хлопчатобумажные или льняные ткани.

Не касаться голыми руками пневмотрубопроводов во избежание ожогов.

При ремонте дробилок шнека или вакуум-насосов необходимо снять напряжение на щите и вывесить плакат “Не включать - работают люди”, на рабочем месте “Работать здесь”.

При выпуске пыли из бункеров золоудаления, газоходов и котла и отгрузке золы на машину соблюдать осторожность, имея ввиду высокую температуру пыли.

При спекании шлака в бункере, возле шлаковой дробилки, запрещается разбивать шлак через верхнее окно шлаковой дробилки во время её работы.

При попадании в дробилку твердых предметов необходимо остановить дробилку, закрыть реечный затвор, после чего открывать окно дробилки для ее осмотра и удаления твердых предметов.

При выпуске шлака, в дробилку с высокой температурой и не догоревшим топливом не заглядывать в насадку и не стоять против неё. Необходимый осмотр насадки производить издали, с расстояния не менее двух метров, пробивку насадки при её забивании производить стоя с боку насадки.

При попадании в насадку твёрдых предметов из дробилки, во избежание ожога от шлака и травмирования рук от вращающихся частей дробилки, отключить двигатель дробилки, закрыть реечный затвор и удалять твердые предметы с помощью инструмента.

Не входить в камеры под осадитель и циклоны на осадительной камере во время работы системы пневмотранспорта, а также при наличии материала в осадительной камере при открытом дисковом затворе. Во время отгрузки золы и шлака через смачивающий шнек ЗОС на машину, находиться под бункером запрещается.

При выпуске шлака из сборного бункера осадительной станции находиться рядом с автомашиной запрещено.

При производстве ремонта клапанов осадительных бункеров, циклонов пневмотрубопроводов и шлаковых шнеков необходимо вывешивать плакаты

“Не включать – работают люди”, “Не открывать – работают люди”. Снимать плакаты может только машинист золоудаления после того, как сам лично убедится, что работы закончены в присутствии нач-ка смены, ремонтный персонал удаляется. В случае, если дежурный персонал обнаружит, что плакаты “Не включать – работают люди”, Не открывать - работают люди” кем-то снят без предупреждения, он обязан найти производителя работ по наряду, выяснить и лично убедиться в отсутствии людей на месте производства работ и только после этого производить запуск системы в работу.

Запрещается спускаться в сборный бункер осадительной станции и в сборный бункер шнекового конвейера во время работы системы. Работы в бункерах производят только по наряду-допуску.

В случае зашлаковывания осадительной камеры и невозможности устранения зашлаковки через горловину, расшлаковку камеры следует производить с соблюдением следующих правил:

- а) работу производить не менее чем 3-м рабочим;
- б) рабочий обязан надеть защитные очки и шланговый противогаз, забор воздуха шлангом производить из чистой зоны;
- в) рабочий” работающий внутри камеры, должен надеть предохранительные очки, пояс с верёвкой, двое других рабочих обязаны держать верёвку и наблюдать за ним, а при первой необходимости поднять его из камеры. Работу в камере производить поочередно, но не более 30 минут каждому.

6.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Рабочее место – это зона приложения труда определённого работника или группы работников (бригады). Организация рабочего места заключается в выполнении ряда мероприятий, обеспечивающих рациональный и безопасный трудовой процесс и эффективное использование орудий и предметов труда, что повышает производительность и способствует снижению утомляемости работающих.

Размер зоны приложения труда зависит от характера труда и может ограничиваться площадью, оснащённой технологическим основным и вспомогательным оборудованием, технологической оснасткой, инструментами и приспособлениями, в данном случае пультом или щитом управления.

Рациональная организация рабочего места учитывает его оптимальную планировку, выбор рабочей позы оператора и расположение органов управления. Правильный выбор рабочей позы исключает или сводит к минимуму количество лишних движений совершаемых оператором.

Наиболее часто употребляемые предметы и органы управления должны размещаться в оптимальной рабочей зоне досягаемости рук без наклонов туловища; редко употребляемые – в более отдалённой зоне. Этот принцип применим и к технической документации оперативного (дежурного) персонала электростанций. Дежурный у щита управления периодически делает записи в различные ведомости и журналы, которые находятся у него на столе пульта (щита) управления.

Рабочие места проектируются с учётом антропометрических данных человека – усреднённых размеров человеческого организма, так как, если размещение органов управления не соответствует физическим возможностям оператора, то выполняемая работа становится тяжёлой и утомительной. При этом учитываются рост, размах и длина рук, ширина плеч человека, высота его колен.

В процессе управления, для различных операций, предпочтительно использовать органы управления, действующие по различному принципу: перекидные, кнопочные, клавишные, поворотные и др. Форма и размеры органов управления должны соответствовать размерам и биомеханическим особенностям руки оператора. Таким образом, при организации рабочего места необходимо выполнять требования эргономики, т.е. учитывать все факторы, влияющие на эффективность действий человека- оператора при обеспечении безопасных приёмов его работы.

Среди мероприятий, направленных на создание рациональных условий трудового процесса, важное значение имеет режим труда и отдыха. Особенно это относится к работе производственного персонала, выполняющего однообразную работу. Следует отметить, что в течение рабочего дня работоспособность человека не сразу достигает своего наибольшего устойчивого значения. Сначала имеется период вработывания, продолжающийся от 0,5 до 1,5 часов в зависимости от характера трудового процесса. Затем наступает период высокой устойчивой трудоспособности, продолжающийся около 3 часов, после чего наступает стадия пониженной трудоспособности вследствие утомления. Одним из средств борьбы с производственным утомлением являются кратковременные перерывы.

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе проведен анализ системы золоудаления котельной №10 г. Белово.

Работа системы золоулавливания не вызывает нареканий у персонала котельной. Система пневмотранспорта золы и шлака обеспечивает бесперебойную эвакуацию отходов производства в накопительные бункеры. Транспорт золошлаков обходится без использования воды, таким образом, снижая экологическую нагрузку на окружающую среду, и позволяет экономить на очистке водных стоков за счет значительного уменьшения их объема.

В результате получили данные :

Удельные выбросы твёрдых частиц $M_3^y = 3540 \text{ мг/м}^3$

Удельные выбросы оксидов серы $M_{SO_2}^y = 1013 \text{ мг/м}^3$

Удельные выбросы оксидов азота $M_{NO_2}^y = 86 \text{ мг/м}^3$

Величина максимальной концентрации твёрдых частиц $C_{M_3} = 0,15 \text{ мг/м}^3$

Величина максимальной концентрации оксидов серы $C_{MSO_2} = 0,015 \text{ мг/м}^3$

Величина максимальной концентрации оксидов азота $C_{MNO_2} = 0,0013 \text{ мг/м}^3$

В сравнении с нормативами полученные данные не превышают нормы, кроме удельных выбросов твёрдых частиц, которые превышают в 7,08 раз нормы.

В итоге анализа рекомендую установить электрофильтр, наладить отпуск золы и шлака потребителям.

Список используемых источников

1. Беспалов В.И., Беспалова С.У., Вагнер М.А. Природоохранные технологии на ТЭС: учебное пособие.- Томск: Изд-во ТПУ, 2007.-168 с.
2. Назмеев Ю.Г. Системы золошлакоудаления ТЭС.- Издательство МЭИ, 2002. – 572с.
3. Справочник по пыле- и золоулавливанию/ М.И. Биргер, А.Ю. Вальдберг, Б.И. Мягков и др.; Под общ. ред. А.А. Русанова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 312 с.
4. Носков А.С., Савинкина А.М., Анищенко Л.Я. Воздействие ТЭС на окружающую среду и способы снижения наносимого ущерба (технологические аспекты).- Новосибирск. Изд. ГПНТБ СО АН СССР, 1990. – 177с.
5. Тепловой расчёт котлов (Нормативный метод). Издание 3-е, переработанное и дополненное. Издательство НПО ЦКТИ, СПб,1998. 256с. с ил.
6. Ю.Л. Гусев. Основы проектирования котельных установок. (Учебное пособие). 2-е изд. М., Стройиздат, 1973. 248 с.
7. Щинников П.А. Некоторые экологические проблемы от действия ТЭС и возможные пути их решения: Учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. – 42 с.
8. Экология энергетики: Учебное пособие / Под общей редакцией В.Я. Путилова. М: Издательство МЭИ, 2003. — 716 с: ил.
9. Коршунова Л.А. Управление и организация производства: учеб. пособие / Л.А. Коршунова, Н.Г. Кузьмина; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 189 с.
10. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.