

**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
<b>Исследование возможных подключений котлов к дымовым трубам ТЭС</b>

УДК 621.182.9:692.7

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<b>3-5Б2А1</b>	<b>Борисов Евгений Геннадиевич</b>		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<b>ст. преподаватель кафедры АТЭС</b>	<b>М.А. Вагнер</b>			

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<b>ст. преподаватель кафедры менеджмента</b>	<b>Н.Г. Кузьмина</b>			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<b>доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности</b>	<b>М.В. Василевский</b>	<b>к.т.н., доцент</b>		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<b>ст. преподаватель кафедры атомных и тепловых электростанций</b>	<b>М.А. Вагнер</b>			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

Томск – 2017 г.

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

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	<i>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 на основе АСУТП; 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  
Направление подготовки **13.03.01 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:

<b>бакалаврской работы</b>
(бакалаврской работы, /работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
<b>3-5Б2А1</b>	<b>Борисову Евгению Геннадиевичу</b>

Тема работы:

<b>Исследование возможных подключений котлов к дымовым трубам ТЭС</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	03.02.2017 № 609/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**10 июня 2017 года**

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></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 обзора является сбор и обобщение информации об опыте применения, возможном сочетании подключений пиковых и энергетических котлов к дымовым трубам ТЭС. Объектом исследования в работе являются дымовые трубы ТЭС, различные их конструкции. Предметом исследования выступают факторы, влияющие на способы подключения котлов к дымовым трубам. В зависимости от конструкции труб.</p> <p>Исходные данные к работе: 8 котлоагрегатов марки БКЗ-220-140 работающих на угле марки Д Привольнянского месторождения и 3 ПВК Золоуловитель электрофильтр</p>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назначение и конструкция дымовых труб ТЭС.</li> <li>2. Техническая характеристика и обзор отдельных примеров.</li> <li>3. Способы подключения котлов к дымовым трубам ТЭС.</li> <li>4. Обзор отдельных проектов (3 варианта).             <ol style="list-style-type: none"> <li>4.1. Подобрать ЭФ количество и марку по объему дымовых газов от энергетических котлов.</li> <li>4.2. Подключение котлов к дымовым тубам.</li> <li>4.2. Расчет рассеивания вредных выбросов (подбор минимальной высоты дымовой трубы (труб)).</li> <li>4.3. Расчет подфакельной приземной концентрации вредных выбросов (золы). Сравнение с ПДК.</li> </ol> </li> <li>5. Проанализировать полученные результаты.</li> <li>6. Сравнительная стоимость проектов.</li> <li>7. Экологические аспекты</li> <li>8. Заключение</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Схемы подключения дымовых труб к котлоагрегатам.</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p><b>Финансовый менеджмент</b></p>	<p><b>Кузьмина Н.Г., старший преподаватель кафедры менеджмента</b></p>
<p><b>Социальная ответственность</b></p>	<p><b>Василевский М.В., доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности</b></p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p><b>11 января 2017 года</b></p>
--	-----------------------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель кафедры АТЭС	Вагнер М.А.			11.01.2017

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б2А1	Борисов Е.Г.		11.01.2017

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-5Б2А1	Борисову Евгению Геннадиевичу

<b>Институт</b>	<b>Электронного обучения</b>	<b>Кафедра</b>	<b>АТЭС</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

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

:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Должностной оклад инженера 17000 руб. Должностной оклад старшего преподавателя 19500 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизации основных фондов: 20%</i>
3. <i>Социальные отчисления</i>	<i>Социальные отчисления-30% от ФЗП</i>

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Планирование работ и их временная оценка</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Смета затрат на проект</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Смета затрат на оборудование Оценка экономической эффективности</i>

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

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	10.03.17
---	----------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
ст. преподаватель	Кузьмина Н. Г.			10.03.17

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-5Б2А1	Борисов Е.Г.		10.03.17

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-5Б2А1	Борисову Евгению Геннадиевичу

<b>Институт</b>	<b>Электронного обучения</b>	<b>Кафедра</b>	<b>АТЭС</b>
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»</b>	
:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Исследование возможных подключений котлов к дымовым трубам ТЭС
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:	1. Рабочее место 2. Анализ существующих опасностей и вредных факторов а) шум б) воздухообмен в) вибрация 3. Освещение рабочего места 4. Вентиляция рабочего места 5. Электробезопасность 7. Пожаробезопасность
<b>2. Экологическая безопасность:</b>	Охрана окружающей среды

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	<b>10.03.2017</b>
---	-------------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
доцент	Василевский М.В.	к.т.н.		10.03.2017

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-5Б2А1	Борисов Е.Г.		10.03.2017

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа \_\_\_\_\_ 65 \_\_\_\_\_ с., \_\_\_\_\_ 8 \_\_\_\_\_ рис., \_\_\_\_\_ 10 \_\_\_\_\_ табл., \_\_\_\_\_ 25 \_\_\_\_\_ источников, \_\_\_\_\_ прил.

Ключевые слова: КОТЕЛ, ЭЛЕКТРОФИЛЬТР, ДЫМОВАЯ ТРУБА, УГОЛЬ.

Цель работы – Исследовать подключения котлов к дымовым трубам ТЭС

В процессе исследования проводились расчет выбросов золы энергетического и пикового котла при сжигания угля. И для минимизации выбросов перед дымовой трубой проводился расчет электрофильтра. Также сравнивалась надежность работы одностволовой и многостволовой дымовых труб. Были рассчитаны приземные концентрации для многостволовых труб

В результате расчета выяснилось, что работа многостволовой трубы более надежна.

## **Оглавление**

ВВЕДЕНИЕ .....	9
1 НАЗНАЧЕНИЕ И КОНСТРУКЦИЯ ДЫМОВЫХ ТРУБ ТЭС [3] .....	13
2 ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ОБЗОР ОТДЕЛЬНЫХ ПРИМЕРОВ .....	16
2.1 Дымовые трубы с отдельными газоотводящими стволами.....	16
2.2 Дымовые трубы с отдельным газоотводящим стволом .....	18
2.3 Многоствольная дымовая труба .....	19
3 СПОСОБЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ КОТЛОВ К ДЫМОВЫМ ТРУБАМ ТЭС...	20
4 ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА СПОСОБЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ КОТЛОВ К ДЫМОВЫМ ТРУБАМ .....	23
4.1 Расчёт котлоагрегата при сжигании угля .....	24
4.2 Расчет электрофильтра .....	26
5 РАСЧЕТ ПОДФАКЕЛЬНОЙ ПРИЗЕМНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ .....	34
6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	35
6.3 Смета затрат на оборудование .....	41
6.4 Экономический эффект .....	41
7 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	43
7.2 Анализ существующих опасностей и вредных факторов.....	46
7.3 Освещение рабочего места.....	51
7.4 Вентиляция рабочего места .....	52
7.5 Электробезопасность .....	53
7.6 Расчет защитного заземления .....	54
7.7 Пожаробезопасность .....	58
7.8 Охрана окружающей среды .....	60
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	63
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	64

## **ВВЕДЕНИЕ**

Современные энергоблоки ТЭС являются сложными структурами. Оснащенные новыми технологиями, они становятся энерготехнологическими многоцелевыми блоками. Новые технологии включают системы сероочистки и азотоочистки дымовых газов, системы термической и плазмотермической подготовки и газификации угля, парогазовые схемы, энергохимические комплексы, системы утилизации теплоты уходящих газов, газотурбинные и (или) паротурбинные надстройки [1]. При этом энерготехнологические угольные энергоблоки могут вырабатывать и отпускать потребителям два и более видов продукции (электрическую и тепловую энергию, синтетические жидкие и газообразные топлива, полукокс, товарную серу, продукцию для сельского хозяйства в виде аммонийных удобрений, продукцию для стройиндустрии, дорожного строительства и некоторые др.) [1].

В то же время, современные энергетические объекты являются крупными комплексами, которые имеют разностороннее влияние на многие сферы жизни и деятельности общества, рисунок 1 [1]. Эти объекты тесно взаимосвязаны с потребителями производимой продукции, с поставщиками сырья и между собой, и образуют энергетические системы с большим количеством экологических, социальных и технологических связей, рисунок 2 [1].

Вместе с тем особое внимание сегодня уделяется экологическому воздействию на среду обитания, которое оказывает антропогенная деятельность человека, в частности, и энергоблоков ТЭС. Под экологическим следует понимать такое воздействие, которое нарушает исторически сложившиеся процессы обмена веществом и энергией в окружающей среде. Масштабы этого воздействия, оказываемого техногенной цивилизацией нашей планеты – огромны.



Рисунок 1- Факторы взаимодействия энергоблоков ТЭС с окружающей средой



Рисунок 2- Установление связей между энергоблоком и окружением

Сущность экологического аспекта в энергетике можно вкратце сформулировать следующим образом, рисунок 3. Человек направляет свои усилия на природу, чтобы получить ископаемые, которые являются сырьем для его деятельности. Сырье попадает в общество и распределяется по производствам. В результате общество получает необходимый продукт, но, при этом, и нежелательное воздействие, как от самого продукта, так и от отходов производств [1]. Нежелательное воздействие испытывает и природа, что вновь отражается на человеке через уменьшение природных продуктов питания, увеличение заболеваний (от хронических простудных до генетических и даже мутаций) и т.п. При этом по возможному воздействию на среду выделено четыре сферы: атмосфера, литосфера, гидросфера и биосфера, кроме человека, так как интересы человека, в данном случае,

учитываются интересами социума (в частности, через системы: законодательную, правовую, здравоохранения и др.). Последнее обусловлено тем, что именно социум является заказчиком таких крупных производств, которыми являются ТЭС.

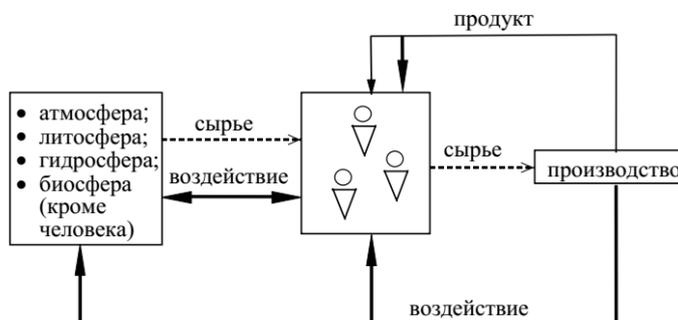


Рисунок 3- Причинно-следственная взаимосвязь системы «человек - окружающая среда»

Одним из главных элементов рассеивания дымовых газов является дымовая труба, главная функция, которой является рассеивание содержащихся в дымовых газах ТЭС токсичных веществ до безопасных концентраций в приземном слое или на уровне дыхания человека. Такие концентрации вредных выбросов или веществ нормируются [2].

Для некоторых веществ ПДК – предельно-допустимые концентрации в атмосферном воздухе населенных мест приведены в таблице 1 [2].

Таблица 1- Предельно допустимые концентрации важнейших токсинов в дымовых газах

Загрязняющие вещества	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	
	Максимально разовая*	Среднесуточная**
Пыль нетоксичная	0,3	0,15
Сернистый ангидрид	0,5	0,05
Двуокись азота	0,085	0,085
Окись углерода	3,0	1,0

\* Максимально разовая – отобрана в течение 20 мин

\*\*Среднесуточная – за сутки

Рассеивание – процесс, не защищающий окружающую среду, а лишь разбавляющий вредности, содержащиеся в факелах выбросов ТЭС и АЭС до относительно безопасного уровня. Частный показатель экологической безопасности – ПДК на уровне дыхания определяется на расстоянии по наиболее вероятному направлению от устья трубы, обеспечивающем тах значение ПДК на высоте 150 см. За это расстояние обычно принимают  $20 H_{\text{тр}}$ , где  $H_{\text{тр}}$  – высота трубы [2].

Процесс рассеивания вызывает постепенное истощение самокомпенсирующей способности атмосферного воздуха окружающей среды (ОС) и не является экологически самодостаточным [2].

Перед рассеиванием должны быть приняты все меры для очистки газов от твердых золовых частиц и окислов серы и азота, а также для подавления образования в процессе горения других вредных веществ [2].

Экологическому расчету предшествует расчет выбросов по основным элементам, после чего принимается конструктивное решение по дымовой трубе [2].

## 1 НАЗНАЧЕНИЕ И КОНСТРУКЦИЯ ДЫМОВЫХ ТРУБ ТЭС [3]

В котлах повышенной мощности с развитыми конвективными поверхностями нагрева, имеющими повышенное сопротивление, установка тягодутьевых машин обязательна [3]. В котлах же малой производительности, если отсутствуют экономайзеры и воздухоподогреватели, подвод воздуха и отвод продуктов сгорания возможны без тягодутьевых машин, с использованием естественной тяги, создаваемой дымовой трубой. Естественная тяга, измеряемая создаваемым напором  $H$ , в котлах с дымовыми трубами высотой  $h$  зависит от разности плотностей воздуха  $\rho_v$  в окружающей среде и газов  $\rho_r$  в конце котельной установки:

$$H = gh(\rho_v - \rho_r)$$

В соответствии с газовыми законами плотность среды обратно пропорциональна ее температуре [3].

В котлах с естественной тягой высота трубы определяется сопротивлением газоздушного тракта и необходимостью рассеивания дымовых газов с вредными примесями на расстояния, при которых приземная концентрация выбрасываемых вредных веществ не превышает допустимых норм [3].

В котлах с развитыми поверхностями нагрева дымовые трубы также создают дополнительный напор, называемый напором самотяги, позволяющий уменьшить мощность и развиваемый напор тягодутьевых машин на указанную величину напора самотяги [3].

Напор самотяги, как и напор естественной тяги, увеличивается с ростом высоты дымовой трубы, температуры уходящих из котлов газов и со снижением температуры воздуха в окружающей среде [3].

Для котлов с малым сопротивлением газоздушного тракта применяют трубы небольшой высоты (металлические или кирпичной кладки), расположенные рядом с котлом, а при башенной компоновке —

установленные над котлом на его каркасе и являющиеся продолжением восходящего газохода. Стволы металлических труб высотой до 60—80 м закрепляют с помощью расчалок [3].

Для котлов большой производительности дымовые трубы (рисунок 4) устанавливают на мощное фундаментное основание 1. В нижней части труба имеет утолщение — стакан 2, к которому подводятся патрубки 3 дымовых газов от одного или нескольких котлов. Основной ствол 4 трубы, опирающийся на стакан 2, выполняется конической формы, позволяющей обеспечить достаточно большую высоту труб при восприятии значительных массовых и ветровых нагрузок. Для защиты от повышенных температур и агрессивности газов трубы изнутри имеют футеровку, а иногда покрываются специальными материалами (например, стеклотканью и эпоксидным лаком). В соответствии с назначением футеровку изготавливают многослойной, причем внутренний слой является кислотоупорным [3].

Для отвода конденсирующейся влаги от внутренних стен трубы в ее верхних участках предусмотрены специальной формы выступы — слезники. Для обслуживания дымовых труб предусматривают специальные площадки 6 и лестницы 5. В целях безопасности на трубах устанавливают световые указатели и молниеотводы 7. Трубы большой высоты изготавливают железобетонными одноствольными или многоствольными — с общим наружным несущим стволом, в котором размещают индивидуальные трубы (стальные или железобетонные) отдельных котлов [3].

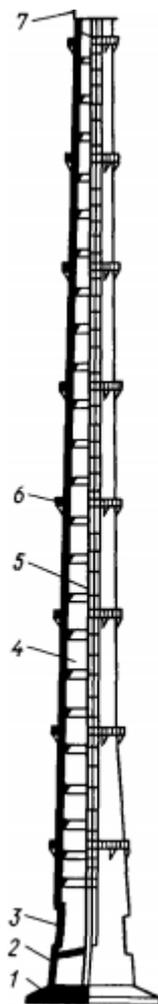


Рисунок 4- Конструкция дымовой трубы

1 — основание, 2 - стакан, 3—патрубки, 4—ствол, 5— лестница, 6 -  
площадки, 7— молниеотвод

## **2 ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ОБЗОР ОТДЕЛЬНЫХ ПРИМЕРОВ**

Дымовые трубы по выполнению газоотводящего ствола можно разделить на две группы: без отдельных газоотводящих стволов, у которых форма ствола определяется формой оболочки (как правило, конической); с отдельным от оболочки газоотводящим стволом и проходным зазором между ними [4].

### **2.1 Дымовые трубы с отдельными газоотводящими стволами**

Дымовые трубы с отдельными газоотводящими стволами имеют в верхней части минимальный уклон (в случае цилиндрической верхней части — нулевой), который возрастает по мере приближения к цоколю (рисунок 4). Трубы этой группы относятся к необслуживаемым, так как осмотр и ремонт их частей, соприкасающихся с газом, невозможны в процессе эксплуатации без отключения связанных с ними котлов. Наибольшее распространение имеют трубы с кирпичной футеровкой (рисунок 5, а). Внутренняя поверхность железобетонного ствола покрывается изоляцией — эпоксидным лаком и стеклотканью. Футеровка выполняется из красного и кислотоупорного кирпича на кислотостойкой (диабазовой или андезитовой) замазке и опирается на железобетонные консоли несущего ствола, выполняемые через 30—50 м. Сопряжения футеровочной кладки на консолях выполняются путем укладки слезниковых кирпичей, служащих для стекания влаги, образующейся на поверхности футеровки. Для защиты верхнего обреза трубы на нем устанавливается чугунный колпак, собираемый из секций. Для установки на трубе светооградительных огней предусматривают светофорные площадки, располагаемые по высоте трубы через каждые 15 или 30 м. Для обслуживания площадок делается ходовая лестница с ограждением. Предусматривается система грозозащиты. Трубу окрашивают полосами красного цвета шириной 2—2,5 м с интервалами по высоте 15 м.

Основными недостатками дымовых труб с кирпичной футеровкой

являются высокие трудозатраты на укладку кирпича и длительное время возведения (2—3 года). Поэтому получили применение трубы с монолитной футеровкой из силикатполимербетона и цементполимербетона (двухслойные), показанные на рисунке 5, б. При сооружении этих труб обеспечивается возможность одновременного возведения железобетонной оболочки и футеровки [4].

Определенные перспективы имеют самофутерующиеся трубы (рисунок 5, в). Защита газоотводящих стволов осуществляется с помощью создания плотных золовых отложений на внутренней поверхности газоотводящего ствола или футеровки методом самонапыления. На рисунке 5, г показана труба с противодавлением в зазоре. В ней между кирпичной футеровкой и железобетонной оболочкой имеется канал шириной 100—200 мм, в который подается нагретый воздух под давлением, препятствующим поступлению газов через футеровку, разрушительно действующих на железобетонную оболочку. Эти трубы более надежны, чем предыдущие конструкции, поскольку в них нет проникновения дымовых газов в железобетонную оболочку при нормальной работе воздушного зазора [4].

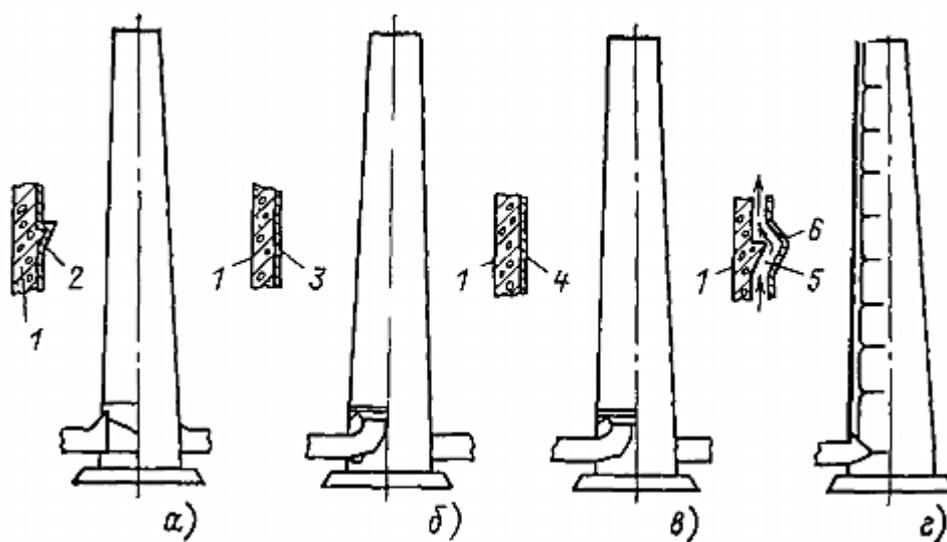


Рисунок 5- Дымовые трубы без отдельных газоотводящих стволов.

а — с кирпичной прижимной футеровкой; б — с монолитной футеровкой из силикатполимербетона или цементполимербетона

(двухслойная), в — покрытие слоем плотных золовых отложений на футеровку или железобетонный ствол (самофутерующиеся), г — с противодавлением в зазоре; 1 — железобетон; 2 — кирпичная футеровка; 3 — силикатполимербетон; 4 — нанесенные золовые отложения; 5 — вентилируемый зазор, б — кирпичная футеровка

## 2.2 Дымовые трубы с отдельным газоотводящим стволом

Дымовые трубы с отдельным газоотводящим стволом (рисунок б) имеют газоотводящий ствол цилиндрической формы, а между ним и железобетонной оболочкой устраивается проходное обслуживаемое пространство. При этом исключается возможность проникновения дымовых газов в железобетонную оболочку, обеспечивается возможность контроля, осмотра газоотводящего ствола и ремонта его с наружной стороны в процессе эксплуатации. Газоотводящий ствол у труб такого типа может выполняться стальным или из кислотоупорных материалов. С наружной стороны ствол покрывается тепловой изоляцией. Применение металлических газоотводящих стволов позволяет проводить монтаж промышленными методами, что обеспечивает быстрые сроки возведения.

Дымовые трубы с отдельными газоотводящими стволами могут выполняться как одноствольными, так и многоствольными [4].

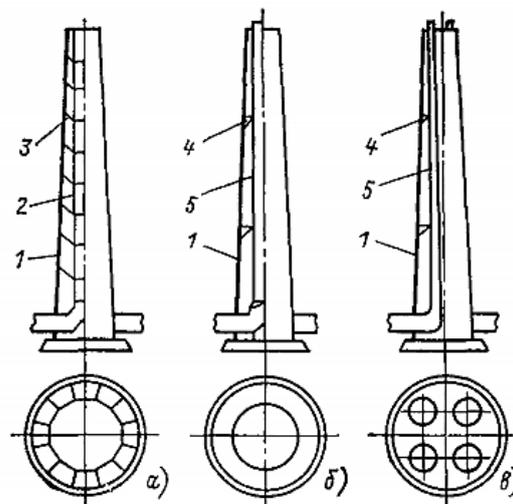


Рисунок 6- Дымовые трубы с отдельными газоотводящими стволами цилиндрической формы.

а — из неметаллических материалов; б — со стальными стволами и наружной изоляцией газоотводящего ствола; в — многоствольная с металлическими стволами; 1 — железобетонный ствол; 2 — ствол из коррозионно-стойкого неметаллического материала; 3 — металлические тяги; 4 —подвеска стволов; 5 — металлические стволы

### **2.3 Многоствольная дымовая труба**

Многоствольная дымовая труба (рисунок 6, в) представляет собой железобетонную оболочку, внутри которой расположены металлические газоотводящие стволы с наружной теплоизоляцией. Между стволами предусматриваются лестницы и площадки для обслуживания [4].

### 3 СПОСОБЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ КОТЛОВ К ДЫМОВЫМ ТРУБАМ ТЭС

Для обеспечения наилучшего рассеивания вредностей в атмосфере и по экономическим соображениям желательно иметь минимальное количество дымовых труб. Однако уменьшение числа труб на ТЭС приводит к увеличению длины газоходов и снижению надежности работы ТЭС при авариях и ремонтах газовых трактов. Поэтому на ГРЭС и ТЭЦ необходимо иметь не менее двух независимых газовых трактов. На конденсационных электростанциях обычно устанавливают две одноствольные трубы, на ТЭЦ — одну (в некоторых случаях две многоствольные) [4].

При выборе дымовых труб для ТЭЦ должны быть учтены некоторые особенности по сравнению с конденсационными электростанциями: дымовые трубы должны обладать более высокой надежностью, так как отпуск теплоты обычно не резервируется; ТЭЦ размещаются в городах, где существует большое количество источников выбросов, создающих заметный общий фон загрязнений: на ТЭЦ устанавливается разнотипное котельное оборудование (энергетические и пиковые котлы), имеющие различную характеристику отводимых газов; на выбор труб накладываются ограничения требованиями аэрофлота, архитектурными соображениями [4].

Этим особенностям в наибольшей мере отвечает многоствольная дымовая труба.

Для покрытия зимнего максимума тепловой нагрузки на ТЭЦ кроме энергетических котлов устанавливаются пиковые теплофикационные водогрейные котлы, отличающиеся рядом особенностей в отношении эвакуации дымовых газов.

На схеме рисунок 7 приведены некоторые типичные случаи подсоединения энергетических и водогрейных котлов ТЭЦ к одноствольным и многоствольным трубам [4].

К числу устаревших относится схема на рисунке 6, а, когда паровые котлы подсоединяются к железобетонной дымовой трубе, а на пиковых

водогрейных котлах типа ПТВМ устанавливаются индивидуальные низкие (с отметкой верха 60—80 м) металлические дымовые трубы, которые из-за малой высоты и маломощных газовых потоков, как правило, не удовлетворяют нормам загазованности даже при сжигании мазута умеренной сернистости. Эта схема не применима к котлам КВ-ГМ и КВ-ТК.

Установка железобетонной трубы для энергетических котлов и отдельной для всех пиковых котлов любой системы (рисунок 6, б) отличается большей надежностью отвода дымовых газов от пиковых котлов и пониженной концентрацией вредных на уровне дыхания вследствие более мощного объединенного потока и возможности сооружения более высокой дымовой трубы (обычно применяется  $h = 120$  м) [4].

Схему на рисунке 6 б нельзя считать типичной, так как при небольшом общем числе агрегатов ее можно заменить схемой на рисунке 6 в с одной одноствольной трубой высокой надежности либо при большем числе агрегатов одной многоствольной трубой.

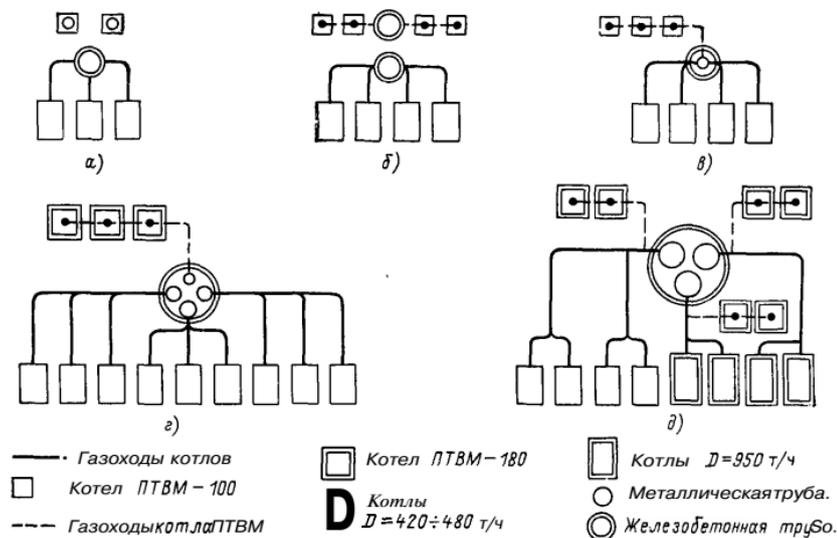


Рисунок 7- Схемы присоединения энергетических и пиковых водогрейных котлов к дымовым трубам ТЭЦ

а — подсоединение энергетических котлов на железобетонную трубу, а пиковых на индивидуальные металлические; б — подсоединение энергетических и пиковых котлов на самостоятельные железобетонные трубы; в — подсоединение энергетических и пиковых котлов на общую

дымовую трубу высокой надежности (с проходным зазором); г — подключение энергетических и пиковых котлов к различным стволам многоствольной трубы; д — подключение энергетических и пиковых котлов к одним и тем же стволам многоствольной трубы

Подсоединение энергетических и пиковых водогрейных котлов можно производить либо к одним и тем же стволам многоствольной трубы (рисунок бд), либо пиковых к одним стволам, а энергетических к другим (рисунок 7г).

По условиям надежности энергетические и пиковые водогрейные котлы целесообразно, как правило, подключать на один газоотводящий ствол, т. е. не выделять отдельного газоотводящего ствола для пиковых котлов. В этом случае при выходе из строя одного ствола не происходит полного отключения пиковых водогрейных котлов, так как оборудование, подключенное к другим газоотводящим стволам, остается в работе [4].

На раздельное подключение энергетических и пиковых водогрейных котлов следует идти в том случае, если совместное подключение не проходит по условиям обеспечения самотяги пиковых водогрейных котлов ПТВМ. На пиковые водогрейные котлы с дымососами (КВ-ГМ и КВ-ТК) это ограничение не распространяется.

Рекомендации по подключению котлов к многоствольной трубе даны в таблице 2

Таблица 2- Рекомендуемое количество котлоагрегатов, подключаемых к одному газоотводящему стволу многоствольной дымовой трубы, шт.

Паропроизводительность, теплопроизводительность	Раздельное подключение энергетических и пиковых котлов	Совместное подключение энергетических и пиковых котлов
400-500 т/час	2-3	2
1000 т/час	1-2	1
100 Гкал/час	3-6	1-3
180 Гкал/час	2-4	1-2

#### 4 ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА СПОСОБЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ КОТЛОВ К ДЫМОВЫМ ТРУБАМ

Исходные данные:

8 котлоагрегатов марки БКЗ-220-100 работающих на угле марки Д Привольнянского месторождения и 3 ПВК ( в качестве ПВК выбраны котлы марки КВ-ТСВ-20)

В таблице 3 представлены технические характеристики котлоагрегата БКЗ-220-100 С

Таблица 3 – технические характеристики котлоагрегата БКЗ-220-100 С

Марка котла	БКЗ-220-100
Тип котла	паровой
Рабочее давление, МПа	10
Температура пара на выходе, С	540
Температура питательной воды, С	215
Паропроизводительность, т/час	220

В таблице 4 представлены технические характеристики котлоагрегата ПВК-100

Таблица 4- технические характеристики котлоагрегата ПВК-100

Марка котла	ПВК-100
Тип котла	водогрейный
Рабочее давление, Мпа	2,25
Теплопроизводительность, МВт	100
Температурный график сети, С	150/70

Характеристика угля привольнянского месторождения представлены в таблице 5

Таблица 5- Характеристика угля привольнянского месторождения

$Q_{нр}$ МДж/кг	$W_p, \%$	$A_p, \%$	$S_{к+ор}^p$ ,%	$C^p, \%$	$H^p, \%$	$N^p+O^p,$ %
19,68	13	21,8	2,8	49,9	3,6	8,9

#### 4.1 Расчёт котлоагрегата при сжигании угля

4.1.1 Теоретическое количество воздуха для полного сгорания твердого топлива (при  $\alpha=1$ ):

$$V^0 = 0,0889 \cdot (C^p + 0,375 \cdot S_{к+ор}^p) + 0,265 \cdot H^p - 0,0333 \cdot O^p =$$

$$= 0,0889 \cdot (49,9 + 0,375 \cdot 2,8) + 0,265 \cdot 3,6 - 0,0333 \cdot 7,9 = 5,22 \text{ м}^3/\text{кг} \quad (1)$$

4.1.2 Теоретические минимальные объёмы продуктов сгорания при полном сгорании топлива с  $\alpha=1$ :

теоретический объём азота:

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot V^0 + 0,8 \cdot N^p / 100 = 0,79 \cdot 5,22 + 0,8 \cdot 1 / 100 = 4,13 \text{ м}^3/\text{кг}, \quad (2)$$

теоретический объём трёхатомных газов:

$$V_{RO_2} = 1,866 \cdot \frac{C^p + 0,375 \cdot S_{к+ор}^p}{100} = 1,866 \cdot \frac{49,9 + 0,375 \cdot 2,8}{100} = 0,95 \text{ м}^3/\text{кг} \quad (3)$$

теоретический объём водяных паров:

$$V_{H_2O}^0 = 0,111 \cdot H^p + 0,0124 \cdot W^p + 0,0161 \cdot V^0 = 0,111 \cdot 3,6 + 0,0124 \cdot 13 + 0,0161 \cdot 5,22 =$$

$$= 0,644 \text{ м}^3/\text{кг} \quad (4)$$

При избытке воздуха  $\alpha > 1$  (принимаем  $\alpha = 1,03$ ) объём водяных паров:

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161 \cdot (\alpha - 1) \cdot V^0 = 0,679 + 0,0161 \cdot (1,03 - 1) \cdot 5,776 = 0,682 \text{ м}^3/\text{кг} \quad (5)$$

объём дымовых газов:

$$\begin{aligned} V_r &= V_{RO_2} + V_{N_2}^0 + V_{H_2O} + (\alpha - 1) \cdot V^0 = \\ &= 0,95 + 4,13 + 0,682 + (1,03 - 1) \cdot 5,22 = 5,918 \text{ м}^3/\text{кг} \end{aligned} \quad (6)$$

#### 4.1.2 Расход тепла в котлах

$$\begin{aligned} Q_{BK3-220-100}^{\text{м}} &= \frac{(D_{\text{котла}}) \cdot 1000}{3600} \cdot (1,04 \cdot (h_o - h_{нс}) + 0,03 \cdot (h_{\sigma} - h_{нс})) \\ &= \frac{(220) \cdot 1000}{3600} \cdot (1,04 \cdot (3477 - 924,2) + 0,03 \cdot (1408 - 924,2)) = 162 \text{ МВт} \end{aligned} \quad (7)$$

$$h_o = f(P_o = 10 \text{ МПа } t_o = 540^\circ \text{C}) = 3477 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}};$$

$$h_{пв} = f(P_o = 13 \text{ МПа } t_o = 215^\circ \text{C}) = 924,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}};$$

$$h_{\sigma} = f(P_o = 10 \text{ МПа}) = 1408 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

#### 4.1.3 Расход топлива на котлы

$$B^{BK3-220-100} = \frac{3600 \cdot Q_{BK3-220-100}^{\text{м}}}{1000 \cdot Q_H^p \cdot \eta_k} = \frac{162}{19,68 \cdot 0,92} = 8,95 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (8)$$

$$B^{ПВК-100} = \frac{3600 \cdot Q^{ПВК-100}}{1000 \cdot Q_H^p \cdot \eta_k} = \frac{100}{19,68 \cdot 0,92} = 5,52 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

#### 4.1.3 Расход газов после одного котла

$$V^{BK3-220-100}_r = B^{BK3-220-100}_r \cdot V_{r_o} = B \cdot V_{r_o} = 8,95 \cdot 5,918 = 53 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \quad (9)$$

$$V^{ПВК-100}_r = B^{ПВК-100}_r \cdot V_{r_o} = B \cdot V_{r_o} = 5,52 \cdot 5,918 = 32,67 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

#### 4.1.4 Расчет содержания золы после котлов

-Доля золы топлива в уносе Азл составляет 5 %

- содержание горючих веществ в уносе золы (Гзл) составляет 5,5 %

- содержание горючих веществ в шлаке (Гшл) составляет 4,5 %

$$\begin{aligned} M^{БКЗ-220} &= 10 \cdot B \left( A_p + \frac{Q_H^p}{32,7} \cdot q_4 \right) \cdot \alpha_{\text{ун}} \cdot (1 - \varepsilon) = \\ &= 10 \cdot 8,94 \left( 21,8 + \frac{19,68}{32,7} \cdot 1,4 \right) \cdot 0,95 \cdot 1 = 1923 \frac{\text{г}}{\text{с}} \end{aligned} \quad (10)$$

$$A'' = \frac{A^R}{Q_{H,P}} = \frac{21,8}{19,68} = 1,1$$

Массовый выброс твердых частиц-1,76-2,93 кг/т.у.т

Массовая концентрация частиц в дымовых газах при  $\alpha=1,4$

150-250 мг/нм<sup>3</sup>

$$\begin{aligned} M^{ПВК-100} &= 10 \cdot B^{ПВК-100} \left( A_p + \frac{Q_H^p}{32,7} \cdot q_4 \right) \cdot \alpha_{\text{ун}} \cdot (1 - \varepsilon) = \\ &= 10 \cdot 5,52 \left( 21,8 + \frac{19,68}{32,7} \cdot 1,4 \right) \cdot 0,95 \cdot 1 = 1187 \frac{\text{г}}{\text{с}} \end{aligned}$$

Концентрация золы в дымовых газах

$$C_{\text{ЗОЛЫ}}^{БКЗ-220-100} = \frac{1000 \cdot M_{\text{ЗОЛЫ}}^{БКЗ-220-100}}{V_{BKЗ-220-100}^Г} = \frac{1000 \cdot 1923}{53} = 36283 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3} \quad (11)$$

## 4.2 Расчет электрофильтра

Расчет ведем по методике [5]

Исходные данные:

Размер частиц в потоке газа лежит в диапазоне 5 мкм...40 мкм

Температура уходящих газов: 120 °С

Объем очищаемого потока газа для одного котла:  $V_{BK3-220-100}^r = 53 \frac{M^3}{c}$ ;

Объем для восьми котлов:

$$V_{8 \times BK3-220-100}^r = 424 \frac{M^3}{c}$$

4.2.1 Определяем величину скорости дрейфа частиц размером 5 и 40 мкм.

Определение средней напряженности электрического поля  $E$  и  $K_{OK}$

Определяем по «справочным данным»

$Al_2O_3$  и  $Si_2O_3$

Рассчитываем  $K_\phi$

$$K_\phi = \frac{(Al_2O_3 + Si_2O_3)A^r}{(W^r + 9 \cdot H^r)S^r} = \frac{(50+22)21,8}{(13+9 \cdot 3,6)1,4} = 24,69 \quad (12)$$

Тогда,

$$u_{дг} = 1,7 \text{ м/с}$$

$$E = 270, \text{ кВ,}$$

$$K_{OK} = 0,7$$

$$m_0 = 0,4 \text{ кг/м}^2$$

4.2.2 Определяем расчетную площадь проходного сечения

$$f_{BK3-220}^p = \frac{v_{дг}}{z \cdot u_{дг}} = \frac{53}{1 \cdot 1,7} = 31,2 \text{ м}^2 \quad (13)$$

$z$  - количество золоуловителей ( 1-3)

$v_{дг}$  - объем дымовых газов

$u_{дг}$ , м/с - скорость дымовых газов (см п1)

выбираем ЭГАВ1-20-7,5-4-4 (1 – количество секций; 20 – количество газовых проходов; 7,5– высота электродов, м; 4 – количество элементов в осадительном электроде; 4 – количество электродных полей) с фактической

площадью активного сечения  $39,8\text{ м}^2$  и площадью осаждения  $F_{\text{ос}} = 3072\text{ м}^2$  (для энергетического котла), Длина поля  $L=3,2\text{ м}$ .

#### 4.2.3 Уточняем фактическую скорость дымовых газов

$$u_{\text{дг}}^{\text{БКЗ-220}} = \frac{53}{1 \cdot 39,8} = 1,33\text{ м/с} \quad (14)$$

Если скорость выходит за пределы рекомендуемых значений, то нужно сменить ЭФ или количество ЭФ.

#### 4.2.4 Определяем скорость дрейфа частиц, параметр, эффективность работы электрофильтра и сводим все в таблицу

$$v_i = 0,25(K_{\text{ок}} * E)^2 * d_i * 10^{-6} = 0,25(0,7 * 270)^2 * 1 * 10^{-6} = 0,0089\text{ , м/с}$$

$$K_{\text{ун}} = K_{\text{м}} K_{\text{эл}} K_{\text{вс}} [1 - 0,25(u_{\text{дг}}^{\phi} - 1)] = 1 \cdot 1 \cdot 1,7 [1 - 0,25(1,33 - 1)] = 1,31$$

$$K_{\text{м}} = \frac{7,5}{7,5} = 1$$

$$K_{\text{эл}} = 1$$

$$K_{\text{вс}} = 1,7 \text{ (четырёхпольный)} = 1,3 \text{ (трехпольный)}$$

$$\Pi_i = 0,2 K_{\text{ун}} \sqrt{\frac{v_i}{u_{\text{дг}}^{\phi}} \frac{n L n}{T}} = 0,2 \cdot 1,31 \sqrt{\frac{0,0089 \cdot 4 \cdot 3,2}{1,33 \cdot 0,15}} = 2,2 \quad (15)$$

где  $T=0,15\text{ м}$  – расстояние между осадительными и коронирующими электродами.

$$\varepsilon_i = e^{-2,2} \quad (\text{по таблице зависимости проскока от параметра})$$

$$\varepsilon_i = 0,11$$

#### 4.2.5 Фракционная эффективность золоулавливания

$$\eta_i = 1 - \varepsilon_i$$

$$\eta_i = 1 - 0,11 = 0,89$$

Расчет электрофильтра по фракциям представлен в таблице 6

Таблица 6- Расчет электрофилтра по фракциям

$d_i$	1	3	5	10	20	30	40
$v_i$	0,0089	0,0268	0,0447	0,0893	0,1786	0,2679	0,3572
$\Pi_i$	2,2	3,8	4,8	6,9	9,7	11,9	13,7
$\varepsilon_i$	0,1100	0,0224	0,0082	0,001	0,00006	0	0
$\eta_i$	0,89	0,9776	0,9918	0,999	0,99994	1,000	1,000
$\Phi_i$	6	5	7	12	15	18	37

#### 4.2.6 Полная эффективность электрофилтра

$$\eta_{\text{эф}}^{\text{зф}} = \sum_1^i \eta_i \frac{\Phi_i}{100} = 0,0534 + 0,04888 + 0,069426 + 0,11988 + 0,149991 + 0,18 + 0,37 = 0,991;$$

#### 4.3 Расчет высоты дымовой трубы

Расчет дымовой трубы произведем для двух вариантов

Для четырехствольной трубы, для трехствольной трубы

Масса выбросов

$$M^{БКЗ-220} = M_3^{БКЗ-220} \cdot (1 - \eta) = 1923 \cdot (1 - 0,991) = 17,3 \frac{\text{г}}{\text{с}} \quad (16)$$

$$M^{ПВК-100} = M_3^{ПВК-100} \cdot (1 - \eta) = 1187 \cdot (1 - 0,991) = 10,68 \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

#### Для 4 ствольной трубы.

Дымовые газы от 3хПВК отправляем в один ствол, от 2 энергетических котло в в другой ствол, от следующих 3 отправляем в третий ствол, от других 3 котлов в другой ствол

1. Для пиковых котлов 3хПВК-100

$$H_{MIN} = \sqrt{\frac{3 \cdot A \cdot F \cdot M^{ПВК-100} \cdot m \cdot n}{C_{ПДК}} \sqrt[3]{\frac{z}{V_G \cdot \Delta T}}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 200 \cdot 2 \cdot 10,68 \cdot 0,8 \cdot 3}{0,3} \sqrt[3]{\frac{1}{97,98 \cdot 130}}} = 65,5 \text{ м}$$

2. Для 2х энергетических котлов БКЗ-220

$$H_{MIN} = \sqrt{\frac{2 \cdot A \cdot F \cdot M^{БКЗ-220} \cdot m \cdot n}{C_{ПДК}} \sqrt[3]{\frac{z}{V_G \cdot \Delta T}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 200 \cdot 2 \cdot 17,3 \cdot 0,8 \cdot 3}{0,3} \sqrt[3]{\frac{1}{105,8 \cdot 130}}} = 81 \text{ м}$$

3. Для 3х энергетических котлов БКЗ-220

$$H_{MIN} = \sqrt{\frac{3 \cdot A \cdot F \cdot M^{БКЗ-220} \cdot m \cdot n}{C_{ПДК}} \sqrt[3]{\frac{z}{V_G \cdot \Delta T}}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 200 \cdot 2 \cdot 17,3 \cdot 0,8 \cdot 3}{0,3} \sqrt[3]{\frac{1}{158,7 \cdot 130}}} = 90 \text{ м}$$

где  $A=200 \text{ с}^{\frac{2}{3}} \text{ м}^2 / (\text{гК}^{\frac{1}{3}})$  – коэффициент температурной стратификации для Сибири

$m$  и  $n$  – коэффициент характеризующий скоростной режим дымовой трубы;

$F=2$  – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе с эффективностью золоуловителя более 90%

$\Delta T=130^{\circ}\text{C}$  – разница между температурой газов на выходе из трубы и окружающим воздухом

Принимаем стандартную трубу 120 м

$w_0$  – скорость выхода газов из устья трубы, определяется по формуле

Для 3х пиковых котлов

$$w_0 = \frac{4V_{ог}}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 97,98}{3,14 \cdot 2,5^2} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Для пиковых котлов

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{V_{\text{ог}}}{\varpi_{\text{дг}}}} = 1,13 \sqrt{\frac{97,98}{20}} = 2,5 \text{ м}$$

$\varpi_{\text{дг}} = 20 \text{ м/с}$  - скорость газа на выходе из трубы

Для двух энергетических

$$w_0 = \frac{4V_{\text{ог}}}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 105,8}{3,14 \cdot 2,5^2} = 21,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Для двух энергетических котлов

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{V_{\text{ог}}}{\varpi_{\text{дг}}}} = 1,13 \sqrt{\frac{105,8}{21,5}} = 2,5 \text{ м}$$

Для трех энергетических

$$w_0 = \frac{4V_{\text{ог}}}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 158,7}{3,14 \cdot 3,15^2} = 20,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Для трех энергетических котлов

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{V_{\text{ог}}}{\varpi_{\text{дг}}}} = 1,13 \sqrt{\frac{158,7}{20,4}} = 3,15 \text{ м}$$

Из ряда стандартных дымовых труб выбираем многостволую трубу 120 м.

#### Для 4 ствольной трубы.

Дымовые газы от 1хПВК+2хБКЗ-220 отправляем в один ствол, от 1хПВК+2БКЗ в другой ствол, 1хПВК+2БКЗ в третий ствол от следующих 2хБКЗ отправляем в четвертый ствол

1. Для пиковых котлов 1хПВК-100+2хБКЗ-220

$$H_{MIN} = \sqrt{\frac{A \cdot F \cdot M^{БКЗ} \cdot m \cdot n}{C_{ПДК}} \sqrt[3]{\frac{z}{V_G \cdot \Delta T}}} = \sqrt{\frac{45,28 \cdot 200 \cdot 2 \cdot 0,8 \cdot 3}{0,3} \sqrt[3]{\frac{1}{138,46 \cdot 130}}} = 83,4 \text{ м}$$

2. Для энергетических котлов 2хБКЗ-220

$$H_{MIN} = \sqrt{\frac{A \cdot F \cdot M^{БКЗ} \cdot m \cdot n}{C_{ПДК}} \sqrt[3]{\frac{z}{V_G \cdot \Delta T}}} = \sqrt{\frac{34,6 \cdot 200 \cdot 2 \cdot 0,8 \cdot 3}{0,3} \sqrt[3]{\frac{1}{105,8 \cdot 130}}} = 81 \text{ м}$$

где  $A=200 \text{ с}^{\frac{2}{3}} \text{ мг} / (\text{гК}^{\frac{1}{3}})$  – коэффициент температурной стратификации для Сибири

$m$  и  $n$  – коэффициент характеризующий скоростной режим дымовой трубы;

$F=2$  – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе с эффективностью золоуловителя более 90%

$\Delta T=130^{\circ}\text{C}$  – разница между температурой газов на выходе из трубы и окружающим воздухом

$w_0$  – скорость выхода газов из устья трубы, определяется по формуле

Для пиковых котлов 1хПВК-100+2хБКЗ-220

$$w_0 = \frac{4V_{до}}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 138,46}{3,14 \cdot 2,95^2} = 20,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Для пиковых котлов 1хПВК-100+2хБКЗ-220

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{V_{\partial z}}{\varpi_{дг}}} = 1,13 \sqrt{\frac{138,46}{20,2}} = 2,95 \text{ м}$$

$\varpi_{дг} = 20,2 \text{ м/с}$  - скорость газа на выходе из трубы

Для энергетических котлов 2хБКЗ-220

$$w_0 = \frac{4V_{\partial z}}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 105,8}{3,14 \cdot 2,5^2} = 21,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{V_{\partial z}}{\varpi_{дг}}} = 1,13 \sqrt{\frac{105,8}{21,5}} = 2,5 \text{ м}$$

Из ряда стандартных дымовых труб выбираем многоствольную трубу 120 м.

Коэффициент  $m$  определяется [5]:

$$m = 0,8$$

Вывод: Из расчетов видно, что четырехствольные трубы меньше по высоте, чем трехствольные. Многоствольные трубы более надежные в эксплуатации и меньше высотой. Очень важное значение имеет схема подключения дымовых труб. Поэтому маневренность у многоствольных дымовых труб гораздо больше, за счет большей вариации подключений котлов.

## 5 РАСЧЕТ ПОДФАКЕЛЬНОЙ ПРИЗЕМНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ

### 5.1 Приземная концентрация золы

#### а) ЗПВК+2БКЗ+3БКЗ+3БКЗ

$$C_{Mi} = \frac{AM_i F m m_p}{H^2 \sqrt[3]{V_{др} \Delta T}} = \frac{200 \cdot 170,44 \cdot 2 \cdot 0,96 \cdot 1 \cdot 1}{120^2 \sqrt[3]{521,18 \cdot 130}} = 0,111 \frac{мг}{м^3}$$

$$C_{Mi} < ПДК_{ЗОЛЫ} \quad 0,111 < 0,3$$

#### б) ЗПВК+2БКЗ+3БКЗ+3БКЗ

$$C_{Mi} = \frac{AM_i F m m_p}{H^2 \sqrt[3]{V_{др} \Delta T}} = \frac{200 \cdot 170,44 \cdot 2 \cdot 0,96 \cdot 1 \cdot 1}{120^2 \sqrt[3]{521,18 \cdot 130}} = 0,111 \frac{мг}{м^3}$$

$$C_{Mi} < ПДК_{ЗОЛЫ} \quad 0,111 < 0,3$$

Для первого случая ЗПВК+2БКЗ+3БКЗ+3БКЗ

Параметр f

$$f = \sum 10^3 w_0^2 \cdot Д / (H^2 \Delta T) / 4 = (2 \cdot 10^3 w_0^2 \cdot Д / (H^2 \Delta T) + 10^3 w_0^2 \cdot Д / (H^2 \Delta T) + 10^3 w_0^2 \cdot Д / (H^2 \Delta T)) / 4 = 2 \cdot 10^3 \cdot 20,4^2 \cdot 3,15 / (120^2 \cdot 130) + 10^3 \cdot 20^2 \cdot 2,5 / (120^2 \cdot 130) + 10^3 \cdot 21,5^2 \cdot 2,5 / (120^2 \cdot 130) / 4 = 0,63$$

Параметр m

$$m_1 = 1 / (0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}) = 1 / (0,67 + 0,1\sqrt{0,63} + 0,34\sqrt[3]{0,63}) = 0,96$$

Для второго случая 3х(1хПВК-100+2хБКЗ-220)+2хБКЗ-220

Параметр f

$$f = \sum 10^3 w_0^2 \cdot Д / (H^2 \Delta T) / 4 = (2 \cdot 10^3 w_0^2 \cdot Д / (H^2 \Delta T) + 10^3 w_0^2 \cdot Д / (H^2 \Delta T) + 10^3 w_0^2 \cdot Д / (H^2 \Delta T)) / 4 = 3 \cdot 10^3 \cdot 20,2^2 \cdot 2,95 / (120^2 \cdot 130) + 10^3 \cdot 21,5^2 \cdot 2,5 / (120^2 \cdot 130) / 4 = 0,63$$

Параметр m

$$m_1 = 1 / (0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}) = 1 / (0,67 + 0,1\sqrt{0,63} + 0,34\sqrt[3]{0,63}) = 0,96$$

Параметр  $V_m$  определяется

$$V_m = 0,65 \sqrt{V_{др} \Delta T / H} = 0,65 \sqrt{521,18 \cdot 130 / 120} = 15,4 ;$$

$n=1$  при  $V_m > 2$

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

В данном разделе рассчитывается себестоимость исследования «Использование одностовольных и многостовольных труб ТЭЦ». В технических расчетах были приведены пункты их существенного отличия. Дымовые трубы многостовольного типа популярны не только из-за своих технических характеристик, но и из-за оптимального соотношения цена/качество, что является важным фактором при выборе типа дымовых труб у многих заказчиков. Также очень важно, что представленная конструкция никак не уступает по уровню надежности (устойчива к коррозии и негативному воздействию конденсата) и суммируемой мощности трубе одностовольного типа.

### **6.1 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

Таблица 7 - Перечень работ и оценка времени их выполнения

	Наименование работ	Время для выполнения задания в днях	
		Инженер	Руководитель
1	Составление задания	1	1
2	Краткая характеристика работы дымовых труб	9	
3	Анализ выбросов при разных схемах подключения котлов к дымовой трубе	9	1
4	Расчет электрофильтра	26	1
5	Подбор электрофильтра	1	1
6	Расчет двухствольной и многоствольной дымовой трубы	27	1
7	Оценка экономической эффективности проекта	6	1
8	Утверждение ВКР руководителем		1
9	Итого	79	7

## 6.2 Смета затрат на разработку проекта.

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

$$K_{np} = K_{mat} + K_{am} + K_{zn} + K_{co} + K_{np} + K_{nr} \quad (6.1)$$

Где,

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

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

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

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

$K_{np}$  – прочие затраты, руб.;

$K_{nr}$  – накладные расходы, руб.

### 6.2.1. Материальные затраты при проведении работы

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

Материальные затраты принимаем 1000руб.

### 6.2.2. 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 8

Таблица 8 – Амортизация основных фондов

Вид техники	Количество	Стоимость техники, Цк.т.	Норма амортизации, Там.	Иам.
Компьютер	1	25000руб.	20%	1082руб.
Принтер	1	8000руб.	20%	31 руб.

Затраты на амортизацию основных фондов рассчитываются по следующей формуле:

$$K_{ам} = \frac{T_{исп.к.т}}{T_{кал.дней}} \cdot Ц_{к.т} \cdot \frac{1}{T_{ам.}} \quad (6.2)$$

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.

$$K_{ам. Комп} = \frac{79}{365} \cdot 25000 \cdot \frac{1}{5} = 1082 \text{ руб.}$$

$$K_{ам. Прин.} = \frac{7}{365} \cdot 8000 \cdot \frac{1}{5} = 31 \text{ руб.}$$

Сумма амортизационных отчислений по основным фондам:

$$K_{ам.осн}^{\Sigma} = K_{ам.комп} + K_{ам.прин.} = 1082 + 31 = 1113 \text{ руб.}$$

### 6.2.3 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

$$K_{факт.зн} = \frac{ЗП_{мес.пл}}{21} \cdot n \quad (6.3)$$

Где:

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

$n$  – количество фактически затраченных дней,

для инженера  $n = 79$  дней, а для руководителя  $n = 7$  дней. Данные берем согласно таблицы № 3

Зарплата рассчитывается по следующей формуле:

$$ЗП_{мес} = ЗПо \cdot K1 \cdot K2 \quad (6.4)$$

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:

$$K_{факт.зп.ин} = \frac{24310}{21} \cdot 79 = 91452 \text{ руб.}$$

$$K_{факт.зп.рук} = \frac{27885}{21} \cdot 7 = 9295 \text{ руб.}$$

Затраты на заработную плату составят:

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

$$\Phi ЗП = 91452 + 9295 = 100747 \text{ руб.}$$

#### 6.2.4 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)

$$K_{соц.} = 30\% \cdot \Phi ЗП \quad (6.5)$$

$$K_{соц.} = 0,3 \cdot 100747 = 30224 \text{ руб.}$$

### 6.2.5 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.

$$K_{np} = 10\% \cdot (K_{mat} + K_{am} + \PhiЗП + K_{соц}) \quad (6.6)$$

$$K_{np} = 0,1 \cdot (1000 + 1113 + 100747 + 30224) = 13307 \text{ руб.}$$

### 6.2.6 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.

$$K_{НР} = 2 \cdot \PhiЗП \quad (6.7)$$

$$K_{НР} = 2 \cdot 100747 = 201494 \text{ руб}$$

Таким образом, суммарные капитальные вложения составят:

$$K_{np} = 1000 + 1113 + 30224 + 100747 + 13307 + 201494 = 347885 \text{ руб.}$$

Таблица 9- Затраты на разработку проекта

Затраты	Сумма, руб
Накладные расходы	201494
Прочие затраты	13307
Социальные отчисления:	30224
Фактическая заработная плата	100747
Амортизационные отчислений по основным фондам	1113
Материальные затраты	1000
Затраты на расчет проекта	347876

### 6.3 Смета затрат на оборудование

Стоимость электрофильтра ЭГАВ1-20-7,5-6-3 с доставкой и установкой приведена в таблице 10

Таблица 10- Смета затрат на оборудование

Наименование оборудования	Ошибка!, ед.	Цена за единицу, млн.руб	Ошибка!, млн.руб.	Транспортные расходы, млн.руб.	Затраты на монтаж, млн.руб.	Затраты на сооружение фундамента, млн.руб.	Полная стоимость, млн.руб.
ЭГАВ1-20-7,5-4-4	30	15	450	45	15	30	585

### 6.4 Экономический эффект

#### 6.4.1 Плата за выброс золы в атмосферу

Без электрофильтра

$$I_{в.з.д.р} = M_{ЗОЛЫ}^{ОБЩАЯ} \cdot (1 - \eta_{ЗУ}) \cdot S_{зл} \quad (6.8)$$

$$I_{в.з.д.р} = 602424 \cdot (1 - 0) \cdot 515 = 310 \frac{\text{млн.р}}{\text{год}}$$

где

$S_{зл} = 515 \frac{\text{руб}}{\text{т}}$  -норматив платы за выброс одной тонны в пределах

установленных лимитов;

$\eta_{зл}$  -КПД золоуловителя;

После реконструкции

$$I_{в.з} = 602424 \cdot (1 - 0,986) \cdot 103 = 0,868 \frac{\text{млн.р}}{\text{год}}$$

$S_{зл} = 103 \frac{\text{руб}}{\text{т}}$  -норматив платы за выброс одной тонны золы в пределах

допустимых норм

$$\Delta \mathcal{E}_{ЭК} = I_{в.з.р} - I_{в.з} \quad (6.9)$$

$$\Delta \mathcal{E}_{ЭК} = 310 - 0,868 = 309,132 \text{ млн.руб}$$

В результате проведенных расчетов и сделанного в технической части анализа. Дымовая труба многоствольного типа, становится более популярной в энергетике. Связано, это не только по параметру цена и качество, но и то, что котельные агрегаты стали работать более эффективно, а температура газов в значительной степени снизилась. Это не дает возможности быстро прогреть дымоход, что может привести к появлению сернистого конденсата, разрушающего кирпичные дымоходы.

## **7 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

В настоящее время в понятие корпоративной и социальной ответственности входит широкий круг вопросов.

### **Социальные:**

Социальные вопросы охватывают целый спектр тем: от установления деловых отношений на принципах открытости, обеспечения справедливого уровня заработной платы, создания безопасных условий труда до уважения прав человека и поддержки местных сообществ. Корпоративная ответственность также предполагает, что компания приносит максимальную экономическую пользу обществу за счет создания рабочих мест, закупок товаров и услуг, осуществления инвестиций.

### **Этические:**

В этической сфере одной из важных для бизнеса задач является формирование честной, справедливой и информационно открытой деловой среды для конкурентов, поставщиков, партнеров, клиентов, государственных организаций и общества в целом.

### **Экологические:**

Охрана окружающей среды, в частности, охрана атмосферного воздуха, земельных и водных ресурсов, энергоэффективность, поддержание и сохранение биоразнообразия – неотъемлемая часть корпоративной ответственности.

Из написанного выше можно дать определение корпоративной и социальной ответственности. Корпоративная социальная ответственность — это концепция, в соответствии с которой организации учитывают интересы общества, беря на себя ответственность за влияние их деятельности на заказчиков, поставщиков, работников, акционеров, местные сообщества и прочие заинтересованные стороны общественной сферы. Это обязательство выходит за рамки установленного законом обязательства соблюдать законодательство и предполагает, что

организации добровольно принимают дополнительные меры для повышения качества жизни работников и их семей, а также местного сообщества и общества в целом.

Социальная ответственность — ответственность субъектов бизнеса соблюдения норм и правил, неявно определенных или неопределенных законодательством (в области этики, экологии, милосердия, человеколюбия, сострадания и т. д.), влияющих на качество жизни отдельных социальных групп и общества в целом.

Индивидуальная ответственность — это обязанность работника возместить прямой действительный ущерб, нанесённый предприятию своими виновными действиями или бездействием, в размере и порядке, установленными законодательством.

Соответственно, чтобы не нарушить социальные отношения рабочего и корпорации, то человеческому ресурсу, нужно также принять социальную ответственность и работать с точки зрения социальной и индивидуальной ответственностью.

В данной работе проводится исследование различных схем подключений паровых и водогрейных котлов к одноствольным трубам или многоствольным. Основным критерий сравнения является экологичность, капиталовложения и безопасность в эксплуатации. Дымовые трубы с отдельными газоотводящими стволами имеют в верхней части минимальный уклон (в случае цилиндрической верхней части — нулевой), который возрастает по мере приближения к цоколю. Трубы этой группы относятся к необслуживаемым, так как осмотр и ремонт их частей, соприкасающихся с газом, невозможны в процессе эксплуатации без отключения связанных с ними котлов. Дымовые трубы с отдельным газоотводящим стволом (рисунок 6) имеют газоотводящий ствол цилиндрической формы, а между ним и железобетонной оболочкой устраивается проходное обслуживаемое пространство. При этом исключается возможность проникновения дымовых газов в

железобетонную оболочку, обеспечивается возможность контроля, осмотра газоотводящего ствола и ремонта его с наружной стороны в процессе эксплуатации. Газоотводящий ствол у труб такого типа может выполняться стальным или из кислотоупорных материалов. С наружной стороны ствол покрывается тепловой изоляцией. Применение металлических газоотводящих стволов позволяет проводить монтаж индустриальными методами, что обеспечивает быстрые сроки возведения.

### 7.1 Рабочее место

Соблюдение правил и норм по безопасности жизнедеятельности позволяет улучшить и облегчить условия труда, обеспечить широкие возможности для высокопроизводительной работы.

Место размещения пунктов управления в каждом конкретном случае определяется с учетом особенностей технологического процесса, норм и противопожарных требований строительного проектирования, компоновочных и строительных решений, удобства управления автоматизируемым объектом, простоты обслуживания системы. Управление технологическими процессами осуществляется, как правило, со щитов управления, где концентрируются десятки и сотни контрольных приборов, сигнальных устройств, регуляторов, которые также располагаются и в непосредственной близости от объекта (в данном случае, в котельном цехе). При проектировании постов управления руководствуются техническими требованиями на основании нормативных документов.

Ниже приведены некоторые требования, на основании которых необходимо спроектировать рабочее место оперативного персонала на постах управления:

- 1) обеспечение оптимальных информационных связей между оператором и объектом управления;

2) обеспечение достаточных размеров пространства, необходимого для действий по управлению технологическим объектом, а также при перемещении оперативного персонала при обслуживании технических средств;

3) оптимальное размещение пульта управления и кресла оператора;

4) оптимальное размещение технических средств контроля и управления, органов управления и средств диспетчерской и оперативной связи, расположенной в зоне деятельности оператора;

5) обеспечение индикации отказов источников электропитания технических средств;

6) обеспечение наличия предупредительных и информационных плакатов, необходимых для оперативного и ремонтного обслуживания комплекса технических средств;

7) обеспечение нормативных уровней факторов окружающей среды, действующих на оператора во время работы.

Выполнение перечисленных требований значительно повысит производительность труда оператора и уменьшит вероятность возникновения ошибок управления [15].

## 7.2 Анализ существующих опасностей и вредных факторов

На электростанциях существует множество опасных и вредных факторов, влияющих на здоровье работающих, которые могут привести к травмам, профессиональным заболеваниям. К ним относятся такие факторы, как загрязнение воздуха газами, угольной пылью, слишком высокой или низкой температурой и влажностью воздуха, шум и вибрация, облучение, поражение электрическим током.

На ТЭЦ возможно такое сочетание обстоятельств, когда возникает опасность повреждения организма каким-либо из перечисленных выше факторов. Такая опасность создается движущимися частями машин, электрооборудованием, раскаленными топочными газами, паром и горячей водой; незащищенными, горячими поверхностями [15].

В связи с этим производственные травмы могут быть: механическими, химическими, термическими, электрическими и др. Причиной травм является неправильная организация труда, неудовлетворительное состояние оборудования, несовершенство технологических процессов. Поэтому требуется обеспечить наиболее благоприятные условия труда, предусмотренные санитарными нормами проектирования промышленных объектов и производств.

Для оценки производственной среды необходимо исследовать условия микроклимата. В понятие “метеорологические условия” воздушной среды рабочих помещений входят: температура, относительная влажность, насыщенность кислородом и скорость движения воздуха. Длительное воздействие на человека неблагоприятных метеорологических условий резко ухудшает самочувствие, снижает производительность труда.

Температура воздуха в помещении зависит в основном от производственного процесса, при осуществлении которого всегда выделяется теплота. Источниками теплоты на ТЭЦ являются котлы, паропроводы, газоходы и пр. Между организмом человека и внешней средой происходит непрерывный процесс теплового обмена. При этом независимо от температуры окружающей среды, температура тела человека сохраняется постоянной на уровне 36,5-36,8 °С. Установлено, что пределы возможных температур, при которых организм человека сохраняет жизнеспособность, относительно невелики. Смерть человека наступает при повышении температуры тела до 43 °С и при падении ее ниже 27-25 °С.

Влажность воздуха оказывает значительное влияние на терморегуляцию организма. Повышенная влажность является

неблагоприятным фактором не только в условиях жары, но и при пониженной температуре.

Подвижность воздуха усиливает теплоотдачу и скорость испарения с поверхности кожи человека. В жаркое время года ветер умеренной силы усиливает испарение и конвективно удаляет тепло, поэтому жара переносится человеком легче. Все производственные помещения разделены на два класса. К первому классу отнесены помещения с незначительными избытками явного тепла (до 23 Дж/м<sup>3</sup>·с). Ко второму классу относятся помещения со значительными избытками тепла (более 23 Дж/м<sup>3</sup>·с). Шкаф контроля можно отнести к помещениям первого класса. Температура, относительная влажность, скорость движения воздуха в рабочей зоне помещения, относящегося к первому классу, должны соответствовать оптимальным нормам метеорологических условий для категории работ по уровню энергозатрат Ia (до 139 Вт) (СанПиН 2.2.4.548-96):

- для холодного периода года – температура воздуха 22-24 °С, относительная влажность воздуха 60-40 %, скорость движения воздуха в рабочей зоне помещения 0,1 м/с;

- для теплого периода года – температура воздуха 23-25 °С, относительная влажность воздуха 60-40 %, скорость движения воздуха в рабочей зоне помещения 0,1 м/с.

Шум оказывает неблагоприятное действие не только на органы слуха, но и на всю нервную систему человека, вызывая общее утомление, понижение работоспособности, головные боли и пр. Резонанс резко усиливает вредное воздействие звука. При увеличении в помещении уровня шума общее число речевых сообщений, передаваемых друг другу находящимися в этом помещении людьми, уменьшается, а число требований повторить сообщения увеличивается. В пунктах контроля необходимо создавать приемлемые условия слышимости при минимальном влиянии неблагоприятных факторов на органы слуха оператора. Допустимые значения уровней шума в помещениях пунктов контроля приведены в СН

562-96 ("Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки"). Уровни звукового давления (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами (Гц): 31,5 Гц – 103 дБ, 63 Гц – 91 дБ, 125 Гц – 83 дБ, 250 Гц – 77 дБ, 500 Гц – 73 дБ, 1000 Гц – 70 дБ, 2000 Гц – 68 дБ.

Одним из основных способов борьбы с шумами, помимо мер по уменьшению шума самих источников, является звукоизоляция помещения. Необходимо не допускать возникновения источников шума внутри помещений шкафов контроля (дребезжание аппаратуры, вибрация стен, обшивки, стекол).

При оценке влияния вибрации на организм человека наиболее важными факторами являются частота и амплитуда вибрации. Пороговая частота вибраций составляет 18 Гц, при меньшей частоте вибрация воспринимается в виде отдельных толчков. Верхний порог частоты воспринимаемых вибраций находится на уровне 1500 Гц. При дальнейшем повышении частоты вибрации возникает ощущение равномерного прикосновения определенной силы.

Вибрации, под воздействием которых может оказаться оператор в производственных условиях, могут быть вызваны главным образом сотрясением пола и других элементов зданий вследствие ударного действия [17]. Передаваясь телу человека, вибрации отражаются на нормальном функционировании отдельных органов и вызывают общее утомление оператора. Необходимо также отметить, что при вибрациях, воздействующих на человека с амплитудой 0,025 мм при частоте от 10 до 130 Гц, существенно уменьшается острота зрения (быстро уменьшается возможность различать показания приборов даже в условиях нормального освещения). К тому же в помещениях шкафов контроля имеются приборы, у которых по условиям их технической эксплуатации имеются ограничения по эксплуатации в условиях вибрации, что отрицательно сказывается на показаниях данных приборов.

Для уменьшения воздействия вибраций и шумов на организм человека можно рекомендовать следующие мероприятия:

1) снижение шума в самих источниках - в электрических машинах, станках, механизмах и др. устройствах;

2) в механических устройствах часто причинами недопустимого шума являются: износ подшипников, неточная сборка деталей при ремонтах и т. д. Поэтому в процессе эксплуатации всех видов машин и механического оборудования следует точно выполнять все требования «Правил технической эксплуатации»;

3) защита людей от вибраций на рабочих местах осуществляется методом виброизоляции путём установки упругих элементов между вибрирующей машиной и основанием. В качестве амортизаторов вибраций используют стальные пружины или резиновые прокладки;

4) в качестве индивидуальной защиты от вибраций, передаваемых человеку через ноги, рекомендуется носить обувь на войлочной или толстой микропористой резиновой подошве.

Поддержание на заданном уровне параметров, определяющих микроклимат, может осуществляться кондиционированием или с большими допусками вентиляцией. Так как в шкафах контроля практически отсутствуют источники тепловыделения то, следовательно, ограничимся только кондиционированием и вентиляцией воздуха в помещении.

Во избежание вредного воздействия веществ, выделяющихся в виде газов, паров или пыли, необходимо обеспечивать высокую герметизацию оборудования и устанавливать местные вытяжки. Содержание вредных веществ в воздухе не должно превышать предельно допустимые концентрации (ПДК). Чем опаснее вещество, тем меньше его ПДК в воздухе рабочей зоны. ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны составляют такие значения, которые при ежедневной работе длительностью не более 8 часов в течение всего рабочего времени не вызывают у работающих заболеваний или отклонений в состоянии здоровья. Значения ПДК для часто

встречающихся веществ, приведены в таблице [15]. Так ПДК окиси углерода -  $20 \text{ мг/м}^3$ , пыли углерода: нефтяной кокс –  $6 \text{ мг/м}^3$ , сероводород –  $10 \text{ мг/м}^3$  и другие.

Наличие вредных веществ в воздухе производственного помещения определим путем анализа проб воздуха или газоанализаторами. Для защиты органов дыхания в аварийных ситуациях обслуживающий персонал обеспечивается респираторами, противогазами, кислородными изолирующими приборами и другими средствами индивидуальной защиты.

### 7.3 Освещение рабочего места

Информация, которую человек получает из внешнего мира, поступает в основном через зрительный канал. Поэтому качество информации, получаемой посредством зрения, во многом зависит от освещения. Неудовлетворительное освещение может исказить информацию; кроме того, оно утомляет не только зрение, но и весь организм в целом. Неправильное освещение может также являться причиной травматизма: плохо освещенные опасные зоны, слепящие лампы и блики от них, резкие тени ухудшают или вызывают полную потерю ориентации работающих. При неудовлетворительном освещении снижается производительность труда и увеличивается риск выполнения недопустимых действий, поэтому освещенность должна соответствовать нормам и правилам (СНиП 23-05-95) и отраслевым нормам. В помещениях щита управления должны соблюдаться следующие нормы искусственного освещения –  $200 \text{ лк}$ .

На практике пользуются двумя видами освещения - естественным и искусственным. Естественное освещение положительно влияет не только на зрение, но также тонизирует организм человека в целом и оказывает благоприятное психологическое воздействие. Естественное освещение щита управления осуществляется боковым светом через световые проемы в наружных стенах.

В реальных условиях работы глаза яркость поля зрения неодинакова из-за различия коэффициентов отражения отдельных участков поля зрения и

распределения светового потока по освещаемым поверхностям. В результате этого возникает ощущение неудобства или напряженности - зрительный дискомфорт, который отвлекает внимание и уменьшает сосредоточенность, ведет к зрительному утомлению. Утомляет также неправильная передача цвета освещаемых предметов и пульсация яркости рабочих поверхностей во времени. В связи с этим необходимо нормировать и качественные показатели освещения: показатели ослепленности и дискомфорта, пульсацию и спектр излучения.

#### 7.4 Вентиляция рабочего места

Вентиляция представляет собой организованный и регулируемый воздухообмен, обеспечивающий удаление из помещения воздуха, загрязненного вредными газами, парами, пылью, а также улучшающий метеорологические условия в помещениях и цехах.

На щитах контроля чаще всего применяется кондиционирование воздуха, т.к. создать естественную вентиляцию сложно, особенно если щит контроля находится внутри цеха и температура в помещении всегда высокая. Применяется также приточно-вытяжная, обще-обменная система вентиляции, которая состоит из двух отдельных систем – приточной и вытяжной, которые одновременно подают в помещение чистый воздух и удаляют из него загрязненный. Кроме рабочей вентиляции существует аварийная вентиляция для быстрого удаления токсичных и пожароопасных веществ, поступающих в щитовую в случае аварийной обстановки. Наличие вентиляции обязательно, т. к. при загрязненном воздухе, повышенной температуре окружающего воздуха падает работоспособность рабочего персонала, а это может привести к технологическим авариям и производственным травмам (СНиП 41-01-2003).

## 7.5 Электробезопасность

Техническая эксплуатация действующих электроустановок ТЭЦ, подстанций и сетей осуществляется электротехническим персоналом в соответствии с ведомственными «Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей» (ПТЭ) и «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок».

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного для жизни воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества [16].

При воздействии электрического тока на человека может быть два вида поражений: электрические удары и электрические травмы.

Все помещения делятся по степени поражения людей электрическим током на три класса: без повышенной опасности, с повышенной опасностью, особо опасные.

- Щит управления относится к помещению с повышенной опасностью, а котельный цех к особо опасным помещениям.

Для предотвращения возможности поражения электрическим током можно рекомендовать следующие мероприятия:

- 1) при производстве монтажных работ необходимо использовать только исправный инструмент, аттестованный службой КИПиА;
- 2) с целью защиты от поражения электрическим током, возникающим между корпусом приборов и инструментом при пробое сетевого напряжения на корпус, корпуса приборов и инструментов должны быть заземлены;
- 3) при включенном сетевом напряжении работы на задней панели должны быть запрещены;
- 4) все работы по устранению неисправностей должен производить

квалифицированный персонал;

5) необходимо постоянно следить за исправностью электропроводки.

Известно, что поражения или травмы от электрического тока происходят под воздействием высоких и низких напряжений. Большинство несчастных случаев происходит в электроустановках напряжением 380/220 В, с которыми часто имеют дело люди без специальной подготовки. В системе электропитания проектируемой информационно-измерительной подсистемы имеют место именно эти напряжения. Поэтому защитные мероприятия от поражения электрическим током в данной электроустановке необходимо выполнить в полном объеме, с соблюдением всех требований ПУЭ. Однако опыт показывает, что при отсутствии в проектах детальных указаний по выполнению заземления приводит к тому, что их фактическое выполнение часто не отвечает требованиям действующих правил. Как следствие в эксплуатацию передается электроустановка, в которой существует повышенная опасность электротравматизма. Поэтому недооценка требований электробезопасности при выполнении проекта автоматизации недопустима. Ниже произведено проектирование защитного заземления для шкафа контроля и сигнализации [17].

#### 7.6 Расчет защитного заземления

Назначение защитного заземления заключается в том, чтобы создать между корпусом защищаемого электроприемника и землей электрическое соединение с достаточно малым сопротивлением, меньшим сопротивления тела человека. Заземление в электроустановках информационно-измерительных систем выполняют при напряжении переменного тока 42 В и выше в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках.

Заземлению подлежат металлические корпуса контрольно-измерительных приборов, регулирующих устройств, корпуса электродвигателей

исполнительных механизмов, металлические щиты, металлические оболочки контрольных и силовых кабелей, стальные трубы электропроводок и т.д. [16]. Все эти элементы имеют место в данном проекте. Поэтому появляется необходимость проведения подобного рода мероприятий по защите обслуживающего персонала от поражения электрическим током. Для заземления электроустановок систем контроля и сигнализации будем использовать заземляющую сеть системы электроснабжения, которую нам и предстоит рассчитать.

Система заземления состоит из заземлителей - металлических предметов, углубленных в землю, заземляющих проводников и заземляющей магистрали. Заземляющие проводники одним концом присоединяются к корпусу оборудования, подлежащего заземлению, а другим к заземлителю или заземляющей магистрали. При наличии защитного заземления человек, прикасающийся к заземленному корпусу электрооборудования, оказавшемуся под напряжением, подключается параллельно цепи тока, протекающего на землю через искусственно выполненную цепь защитного заземления. Так как сопротивление тела человека значительно выше, чем сопротивление ветви заземления, то основная величина тока поражения будет проходить не через тело человека, а через заземляющее устройство [18].

Для заземления можно использовать трубы диаметром 45 мм (с толщиной стенок 2,5 мм), длиной 2500 мм и полосовую сталь сечением 48×4 мм. Заземлители разместим по контуру. Характер грунта в месте установки заземлителей – суглинок.

В соответствии с [18] трубчатые заземлители погружают в землю на глубину 0,8 м, расстояние между заземлителями примем равным трем длинам заземлителей  $a=7500$  мм.

Т.к. суммарная мощность генераторов или трансформаторов, питающих щит управления, более 100 кВА, определяем сопротивление заземлителей не более 4 Ом.

Удельное сопротивление грунта (суглинок):  $\rho_T = 1 \cdot 10^4$  Ом·см [18].

Учитывая возможность высыхания грунта летом и промерзания зимой, определяем расчетное значение удельных сопротивлений электродов и полос

$$\rho_{\text{Э}} = \rho_T \cdot K_{\text{Э}} = 1 \cdot 10^4 \cdot 1,9 = 1,9 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см}; \quad (7.1)$$

$$\rho_{\text{П}} = \rho_T \cdot K_{\text{П}} = 1 \cdot 10^4 \cdot 5 = 5 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см}, \quad (7.2)$$

где  $K_{\text{Э}}$  и  $K_{\text{П}}$  – повышающие коэффициенты, находятся по [18].

Определяем величину сопротивления одной забитой в землю трубы:

$$\begin{aligned} R_{\text{Э}} &= \frac{\rho_{\text{Э}}}{2\pi \cdot L_T} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot L_T}{d} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot h_T + L_T}{4 \cdot h_T - L_T} \right) = \\ &= \frac{1,9 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 250} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 250}{4,5} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 205 + 250}{4 \cdot 205 - 250} \right) = 60,8 \text{ Ом}, \quad (7.3) \end{aligned}$$

где  $\rho_{\text{Э}}$  – удельное расчетное сопротивление грунта для электрода, Ом·см;

$L_T$  – длина трубы, см;

$d$  – наружный диаметр трубы, см;

$h_T$  – глубина заложения трубы в землю, равная расстоянию от поверхности земли до середины трубы, см.

Определим потребное число трубчатых заземлителей:

$$N = R_{\text{Э}} / r_3 = 60 / 4 = 15 \text{ шт.} \quad (7.4)$$

где  $r_3$  – величина сопротивления заземляющего устройства, предусмотренная по норме, Ом;

$R_{\text{Э}}$  – сопротивление растеканию одиночного заземлителя в наихудших условиях.

Определяем длину соединительной полосы:

$$L_{\Pi} = 1,05 \cdot a \cdot (n-1) = 1,05 \cdot 7,5 \cdot 14 = 110,25 \text{ м.} \quad (7.5)$$

Определяем сопротивление полосы:

$$R_{\Pi} = \frac{\rho_{\Pi}}{2\pi \cdot L_{\Pi}} \cdot \ln \frac{2 \cdot L_{\Pi}^2}{h_{\Pi} \cdot B} = \frac{5 \cdot 10^4}{2\pi \cdot 110,25} \cdot \ln \frac{2 \cdot 110,25^2}{80 \cdot 4,8} = 3 \text{ Ом,} \quad (7.6)$$

где  $\rho_{\Pi}$  – удельное расчетное сопротивление грунта для полосы, Ом·см;

$L_{\Pi}$  – длина полосы, см;

$B$  – ширина полосы, см;

$h_{\Pi}$  – глубина заложения полосы в землю, см.

Рассчитаем результирующее сопротивление растеканию системы с учетом коэффициента использования труб и полосы [18]:

$$R_C = \frac{R_{\text{Э}} \cdot R_{\Pi}}{R_{\text{Э}} \cdot \eta_{\Pi} + R_{\Pi} \cdot \eta_{\text{Э}} \cdot n} = \frac{60 \cdot 3}{60 \cdot 0,68 + 3 \cdot 0,78 \cdot 6} = 3,28 \text{ Ом,} \quad (7.7)$$

где  $R_{\text{Э}}$  – сопротивление заземления одной трубы, Ом;

$n$  – число труб-заземлителей;

$\eta_{\text{Э}} = 0,78$  – коэффициент использования труб контура;

$R_{\Pi}$  – сопротивление заземления соединяющих полос, Ом;

$\eta_{\Pi} = 0,68$  – коэффициент использования соединительной полосы.

Полученная величина результирующего сопротивления удовлетворяет нормам [18]. Следовательно, проведенный расчет можно считать верным.

На рисунке 8 изображена схема расположения заземлителей в грунте.

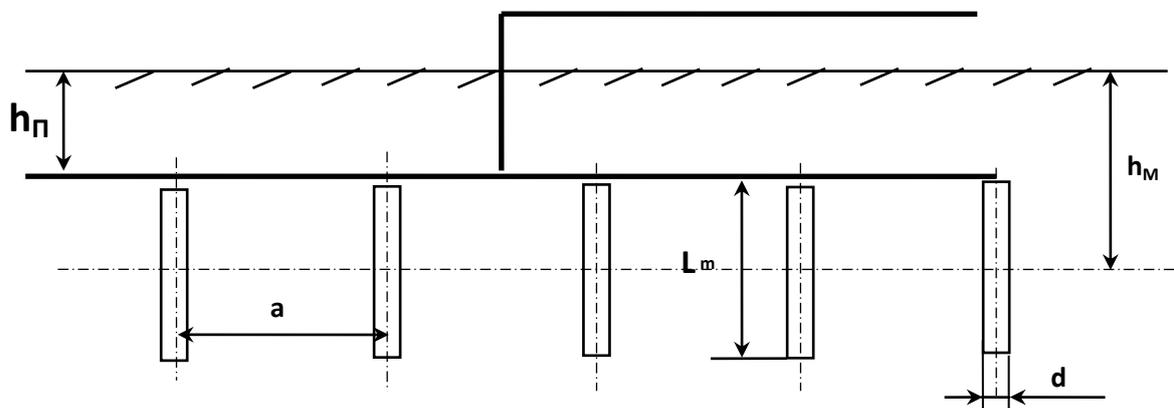


Рисунок 8 - Схема расположения заземлителей

### 7.7 Пожаробезопасность

Согласно нормам пожарной безопасности (НПБ 105-2003) в зависимости от характеристики вращающихся в производстве веществ и их количества, производства подразделяются по пожарной и взрывной опасности на категории А, Б, В, Г, Д.

Помещения котельного цеха относятся к категории Г (горючие газы, твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива). Здания и сооружения, отнесенные к пожароопасным помещениям, должны сооружаться из негорючих материалов. Огнестойкость стен и перегородок, выполненных из силикатного кирпича или железобетонных панелей, должна соответствовать пределу огнестойкости не менее 3 часов, а перекрытия и покрытия из железобетонных плит не менее 1,5 часа. При планировке промышленных предприятий необходимо предусматривать разрыв между производственными зданиями, сооружениями, закрытыми складами и вспомогательными зданиями.

Помещение шкафа контроля относится к категории Д, т.к. характеризуется наличием только негорючих веществ и материалов в холодном состоянии. Пожары на щитах управления возможны вследствие загорания изоляции жил при коротких замыканиях, сопровождающихся разрывом оболочки, а также при перегреве кабеля в условиях плохого охлаждения. Пожары на объектах

электростанций и сетей являются следствием нарушений правил и норм при проектировании электроустановок, правил монтажа электрооборудования и, главным образом, аварий, произошедших из-за неправильной эксплуатации, отказа в срабатывании соответствующих защит.

Горючими веществами в электроустановках, которые могут воспламениться, являются в основном изоляционные материалы – бумага, пряжа, ткани из органического волокна, резина, пластмассы, лаки и краски, кабельные компаунды и др. Горение большинства этих материалов сопровождается значительным выделением дыма и часто имеет вид тления без пламени [15]. Трансформаторное масло, кабельные компаунды, мастики и пропитки горят пламенем, со значительным выделением продуктов неполного сгорания в виде окиси углерода.

Противопожарные мероприятия:

- 1) помещение должно быть оборудовано: средствами тушения пожара, средствами связи;
- 2) электрическая проводка осветительных приборов и электрооборудования должна быть исправна;
- 3) необходим своевременный противопожарный инструктаж персонала.

Помещение должно быть обеспечено средствами пожаротушения в соответствии с нормами. Поэтому на  $100 \text{ м}^2$  пола имеем:

- 1) пенный огнетушитель ОП-10 – 1 шт.;
- 2) углекислотный огнетушитель ОУ-5 – 1 шт.;
- 3) ящик с песком на  $0,5 \text{ м}^3$  – 1 шт.;
- 4) железные лопаты – 2 шт.

Все пожароопасные производства должны иметь системы автоматического пожаротушения, поэтому в данном проекте предусмотрим такую систему. В качестве датчиков пожаровозникновения будем использовать комбинированные устройства (реагирующие на температуру и дым), которые

установим в помещении из расчета один на 50 м<sup>2</sup> пола. Световые извещатели расположим так, чтобы они охватывали помещение в радиусе не более 30 метров. Установим также в помещении щита управления сигнализационную комплексную пожарную установку СКПУ-1, которая имеет информационный блок, связанный с пожарной частью, которая при получении сигнала немедленно прибудет на место пожара, чтобы принять меры по его ликвидации.

### 7.8 Охрана окружающей среды

Энергетика, являющаяся основным движущим фактором развития всех отраслей промышленности имеет наиболее высокие темпы развития и масштабы производства. Поэтому доля участия энергетических предприятий в загрязнении окружающей среды продуктами сгорания органических топлив, содержащими вредные примеси, а также отходами низкопотенциального тепла весьма значительна. Для предотвращения увеличения вредных выбросов в окружающую среду необходимы значительные затраты средств для разработки и внедрения экономически приемлемых способов достижения поставленной задачи.

При сжигании топлива образуется большое количество окиси азота. Образование окиси азота увеличивается с ростом температуры и избытка воздуха в топке. Образовавшаяся окись азота в конвективных газах частично окисляется до двуокиси азота (1—2 %). В атмосфере распадается на окись азота и атмосферный кислород. Затем в результате реагирования с углеводородами (выхлопным газом) вновь образуется двуокись азота. Это соединение является не только токсичным, но и влияет на дыхательные пути человека.

Количество оксидов азота, образующихся при горении, зависит от уровня и распределения температур, т.е. от соотношения скорости горения и скорости отвода теплоты от факела. Наибольший выход оксидов азота

образуется при горении высококалорийного топлива в форсированных топках. В воде окись азота практически не растворяется. Очистка продуктов питания от него технически сложна и в большинстве случаев экономически нерентабельна.

Образование оксидов азота в процессе горения топлива значительно уменьшается при снижении температуры горения, при сокращении времени пребывания азота и кислорода высокотемпературной части факела, а так же при уменьшении свободного кислорода в факеле. Радикальным качеством снижения образования оксидов азота является организация двухступенчатого сжигания топлива.

По этому методу в первичную зону горения подается 50-70 % необходимого для горения воздуха, 50-30 % поступает во вторую зону, где происходит дожигание топлива. Отвод тепла из первичной зоны горения делается достаточно большим, чтобы заключительная стадия процесса горения происходила при более низких температурах.

Одним из основных средств уменьшения загрязнения атмосферы вредными примесями, выбрасываемыми через дымовые трубы, является уменьшение рассеивания дымовых газов посредством увеличения количества труб и их высоты.

При большой высоте труб дымовые газы, вынесенные в высокие слои атмосферы продолжают распространяться в них, в следствие чего резко снижается концентрация вредных примесей в приземном воздухе. При этом в неблагоприятных атмосферных условиях дымовой факел может прорваться в верхние слои инверсионной зоны атмосферы и, таким же образом, окажется изолированным от контакта с нижними слоями атмосферы.

На основании всего вышеизложенного можно сделать вывод о необходимости уменьшения выброса вредных примесей в атмосферу, т.к. последние оказывают наиболее решающее влияние на загрязнение атмосферы.

Вывод: Человек направляет свои усилия на природу, чтобы получить ископаемые, которые являются сырьем для его деятельности. Сырье попадает в общество и распределяется по производствам. В результате общество получает необходимый продукт, но, при этом, и нежелательное воздействие, как от самого продукта, так и от отходов производств. Нежелательное воздействие испытывает и природа, что вновь отражается на человеке через уменьшение природных продуктов питания, увеличение заболеваний (от хронических простудных до генетических и даже мутаций) и т.п. При этом по возможному воздействию на среду выделено четыре сферы: атмосфера, литосфера, гидросфера и биосфера, кроме человека, так как интересы человека, в данном случае, учитываются интересами социума (в частности, через системы: законодательную, правовую, здравоохранения и др.). Последнее обусловлено тем, что именно социум является заказчиком таких крупных производств, которыми являются ТЭС.

Перед рассеянием должны быть приняты все меры для очистки газов от твердых золовых частиц и окислов серы и азота, а также для подавления образования в процессе горения других вредных веществ.

Экологическому расчету предшествует расчет выбросов по основным ингредиентам, после чего принимается конструктивное решение по дымовой трубе.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Многоствольные дымовые трубы значительно повышают надежность ТЭС. Для ТЭС с набором большого количества разнотипного оборудования, особенно на ТЭЦ, получили применение многоствольные трубы, в которых внутри железобетонной оболочки устанавливается несколько (обычно три-четыре) металлических стволов цилиндрической формы. Основное преимущество многоствольной трубы состоит в том, что имеется возможность обслуживать и ремонтировать каждый ствол независимо от других.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Некоторые экологические проблемы, возникающие при работе ТЭС и возможные пути их решения. П.А. Щинников, 2006
2. Природоохранные технологии ТЭС – СГТУ. Саратов 2010
3. Котельные установки и их обслуживание. Л.В. Деев, Н.А. Балахничев, 1990.-117 с
4. Рихтер Л. А. и др. Вспомогательное оборудование тепловых электростанций: Учебное пособие для вузов / Л. А. Рихтер, Д. П. Елизаров, В. М. Лавыгин. — М.: Энергоатомиздат, 1987. — 216 с, ил.
5. Процессы и аппараты пылеочистки. А.Г. Ветошкин, 2005-202 с.
6. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
7. Об экологической экспертизе. Закон РФ от 26.06.2008 №174 - ФЗ.
8. ГОСТ 12.0.003-74\* ССБТ Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
9. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
- 10.И-72 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и пром. коммуникаций. Министерство энергетики РФ. – М.: „Издательство НЦ ЭНАС” 2004.
- 11.Правила устройства электроустановок – М.: «изд-во НЦ ЭНАС», 2002 г. – 170 с.
- 12.Охрана труда. Учебное пособие Законодательные и нормативно – правовые акты по охране труда / Под ред Ю.С Москаленко – 2- е изд., испр. И допол. – Красноярск.:СибГТУ, 2008. – 661 с.
- 13.ПОТ Р М 916-2001, РД 153-34.0-03.150-00. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2001. – 209 с.

- 14.ГОСТ 12.4.124-83 ССБТ Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования. С изм. № 1.
- 15.СанПиН 2.2.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1996. – 20 с.
- 16.ГОСТ 12.1.005-88\* ССБТ Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху в рабочей зоны. С изм. № 1 от 06.2000 г.
- 17.СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М.:/Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2003. – 70с.
- 18.ГОСТ 12.4.051 – 87 ССБТ. Средства индивидуальной защиты органов слуха.Общие технические требования и методы испытаний.
- 19.ГОСТ 12.1.003-83\* ССБТ Шум. Общие требования безопасности. С изм. № 1 от 12.1988 г. – Переиздание 01.1996 г.
- 20.СНиП 23-03-2003 Защита от шума./ Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2004г.– 54 с.
- 21.ГОСТ 12.0.004-90 ССБТ Организация обучения безопасности труда. Общие положения.
- 22.Постановление Минтруда и Социального развития РФ №1/29 от 13.01.03.
- 23.Кнорринг Г. М. Осветительные установки. – Л.: Энергоиздат, 1981.– 284 с.
- 24.СНиП 23-05-2003 Естественное и искусственное освещение./ Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2001 г. – 50 с.
- 25.СНиП 2.09.04-2001 Административные и бытовые здания./ Госстрой России. – М.: ГПЦ ПП, 2001 г. – 19 с.
- 26.СНиП 2.04.02-2002 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: ГУП ЦПП, 2002. – 159 с. С изм №1 от 01.1986, попр. – 2002.
- 27.СанПиН 2.1.4.1074 - 01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. М.: Госкомсанэпидемнадзора России, 2001.-25 с.

28.ППБ 01-03 Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.-  
М.:ГПС МЧС РФ, 2003. –176 с.