

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

---

Инженерная школа **неразрушающего контроля и диагностики**  
Специальность **20.03.01 «Техносферная безопасность»**  
Отделение **контроля и диагностики**

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Разработка мероприятий по уменьшению вредных выбросов от теплогенераторов предприятия</b>

УДК 621.1.002.5:628.4(571.17)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1Е31	Усольцева Алёна Юрьевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Василевский М.В.	К.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицын В.В.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вторушина А.Н.	К.Х.Н.		

Томск – 2018 г.

**Результаты освоения образовательной программы по направлению 20.03.01  
Техносферная безопасность**

<b>Код результата</b>	<b>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</b>	<b>Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон</b>
<b>Общие по направлению подготовки</b>		
P1	Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы, применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, 2, ОПК-2). CDIO Syllabus (2.4, 4.1, 4.2.7, 4.7). Критерий 5 АИОР (п. 2.12)
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информационных технологий в развитии современного общества и для ведения практической инновационной инженерной деятельности в области техносферной безопасности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-1). CDIO Syllabus (3.2). Критерий 5 АИОР (п. 2.5)
P3	Способность эффективно работать самостоятельно, в качестве члена и руководителя интернационального коллектива при решении междисциплинарных инженерных задач с осознанием необходимости интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3, 5, 6, 7, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-5, ПК-8). CDIO Syllabus (2.4, 2.5, 3.1, 3.3, 4.2), Критерий 5 АИОР (п. 2.9, 2.12, 2.14)
P4	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, ОПК-4). CDIO Syllabus (3.2). Критерий 5 АИОР (п. 2.11)
P5	Способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования с целью выбора и оптимизации устройств, систем и методов защиты человека и природной среды от опасностей.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-8, ОПК-1, ПК-5). CDIO Syllabus (1.1, 2.1). Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8)
<b>Профиль</b>		
P6	Уметь выбирать, применять, оптимизировать и обслуживать современные системы обеспечения техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов	Требования ФГОС ВО (ОПК-5, ПК-5, ПК-6, ПК-7). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2, 2.4, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8), требованиями проф. стандарта 40.056 Профессиональный стандарт «Специалист по противопожарной профилактике»
P7	Уметь организовать деятельность по обеспечению техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателя, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов	Требования ФГОС ВО (ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ОПК-3, 4, 5). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5, 3.1) Критерий 5 АИОР (п. 2.6, 2.12), требованиями проф. стандарта 40.056 Профессиональный стандарт «Специалист по противопожарной профилактике»
P8	Уметь оценивать механизм, характер и риск воздействия техносферных опасностей на человека и природную среду	Требования ФГОС ВО (ПК-12, ПК-16, ПК-17). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8), требованиями проф. стандартов 40.056 «Специалист по противопожарной профилактике», 40.054 «Специалист в области охраны труда»
P9	Применять методы и средства мониторинга техносферных опасностей с составлением прогноза возможного развития ситуации	Требования ФГОС ВО (ПК-12, ПК-14, ПК-15, ПК-17, ПК-18). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8)

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность  
 Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ А.Н. Вторушина  
 05.02.2018 г.

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

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
З-1ЕЗ1	Усольцевой Алёне Юрьевне

Тема работы:

<b>Разработка мероприятий по уменьшению вредных выбросов от теплогенераторов предприятия</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	29.01.2018 №436/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Котельный цех ТЭЦ АО «Каскад-Энерго», расположенный в г. Анжеро-Судженск, Кемеровская область. Режим работы непрерывный. Оборудование: котлы серий КЕ и КВ-ТС. Вид топлива: каменный уголь марок ДР.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Аналитический обзор литературных источников с целью установления наилучшего способа очистки дымовых газов, образующихся в результате работы котельного цеха. Исследование существующей системы очистки дымовых газов, установленной в котельной на АО «Каскад-Энерго». Исследование проекта по улучшению системы очистки. Предложения по использованию альтернативных вариантов оборудования. Техничко-экономическое обоснование предложенных рекомендаций.

<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Спицын Владислав Владимирович
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	05.02.2018 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Василевский Михаил Викторович	к.т.н.		05.02.2018 г.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1Е31	Усольцева Алёна Юрьевна		05.02.2018 г.

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Направление подготовки (специальность) 20.03.01 «Техносферная безопасность»  
 Уровень образования Бакалавриат  
 Отделение контроля и диагностики  
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Составление и утверждение технического задания на тему	5
	Выдача задания на тему	5
	Постановка цели и задач	10
	Проведение литературного обзора по теме загрязнения атмосферного воздуха выбросами с предприятия теплоэнергетике, методы и способы очистки выбросов	20
	Изучение объекта исследования, существующего на объекте котельного цеха	20
	Обработка и анализ полученных данных и предложение рекомендаций по модернизации систем очистки дымовых газов	20
	Составление расчетно-пояснительной записки	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Василевский М.В.	к.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вторушина А.Н.	к.х.н.		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-1Е31	Усольцевой Алёне Юрьевне

Тема: Разработка мероприятий по уменьшению вредных выбросов от теплогенераторов предприятия

<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение</b>	<b>Контроля и диагностики</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление / специальность</b>	20.03.01 Техносферная безопасность

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

<p>1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i></p> <p>2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i></p> <p>3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i></p>	<p>Работа с информацией, представленной в электронных ресурсах компаний, занимающихся поставками оборудования для комплексных систем золоулавливания.</p>
---	---

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

<p>1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i></p> <p>2. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i></p>	<p>- Анализ конкурентных технических решений</p> <p>- Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</p>
---	--

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

--

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Спицын Владислав Владимирович	Кандидат экономических наук, доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-1Е31	Усольцева Алёна Юрьевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-1Е31	Усольцевой Алёне Юрьевне

<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение</b>	<b>Контроля и диагностики</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	20.03.01 Техносферная безопасность

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

1. Характеристика объекта исследования	Котельный цех ТЭЦ АО «Каскад-Энерго»
--	--------------------------------------

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

<b>1. Производственная безопасность</b>	1.1. Анализ выявленных вредных производственных факторов (повышенный уровень влажности и температуры, напряженность труда, тяжесть труда, повышенный уровень шума, повышенный уровень вибрации) 1.2. Анализ выявленных опасных производственных факторов (механический фактор, электрический ток)
<b>2. Экологическая безопасность:</b>	Анализ воздействия рассматриваемого предприятия на атмосферу. Разработка решений по обеспечению экологической безопасности.
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	3.1. Выбор наиболее типичной ЧС 3.2. Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	Специальные правовые нормы трудового законодательства

**Дата выдачи задания для раздела по линейному графику**

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент	Мезенцева Ирина Леонидовна			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-1Е31	Усольцева Алёна Юрьевна		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 76 страницы, 14 рисунков, 15 таблиц, 29 источников, 0 приложений.

Ключевые слова: очистка дымовых газов, теплоэнергетика, котельная, батарейный циклон

Объектом исследования является (ются) ТЭЦ Анжеро-Судженска АО «Каскад-Энерго»

Цель работы – анализ котельного цеха на ТЭЦ АО «Каскад-Энерго» г. Анжеро-Судженска, анализ используемого оборудования и существующей системы очистки дымовых газов, предложения по ее модернизации

В процессе исследования проводились обзор литературных источников по данной проблеме, анализ существующей системы очистки, проектов ПДВ и проектов по защите окружающей среды АО «Каскад-Энерго», выявление потребности в модернизации системы очистки, предложения по ее улучшению и расчет экономической эффективности предложенной модернизации.

В результате исследования проанализированы данные по выбросам, изучен существующий проект по защите окружающей среды, было предложено лучшее решение по модернизации существующей системы очистки дымовых газов, которое выгодно, как с финансовой, так и с технической стороны

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: комплексная система золоулавливания КПЗУ-45, степень очистки дымовых газов 95%



## **Список сокращений**

ТЭЦ – теплоэлектроцентраль;

КПД – коэффициент полезного действия;

СЗЗ – санитарно-защитная зона

ОС – окружающая среда;

НВОС – негативное воздействие на окружающую среду;

ПГУ – пылегазоуловитель;

БЦ – батарейный циклон;

КПЗУ – комплексный пылезолоуловитель;

ГВС – газозвоздушная смесь;

ЗВ – загрязняющие вещества;

ПДК – предельно допустимая концентрация;

ГОСТ – государственный стандарт;

ГН – гигиенический норматив;

СП – свод правил.

# Содержание

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	<b>11</b>
<b>ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ</b> .....	<b>13</b>
1.1 Проблемы загрязнения атмосферы предприятиями теплоэнергетики .....	13
1.2 Основные методы снижения выбросов в атмосферу при работе ТЭЦ.....	17
1.3 «Сухие» и «мокрые» методы очистки газов .....	22
1.3.1 Достоинства и недостатки «сухих» методов очистки газов .....	29
1.3.2 Достоинства и недостатки «мокрых» методов очистки газов .....	29
<b>ГЛАВА 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ</b> .....	<b>31</b>
2.1 Общие сведения о котельной АО «Каскад-Энерго».....	31
2.2 Техническая характеристика оборудования и краткое описание технологических схем.....	34
<b>ГЛАВА 3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ</b> .....	<b>54</b>
3.1 Анализ конкурентных технических решений .....	55
3.2 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	58
<b>ГЛАВА 4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ</b> .....	<b>62</b>
Введение .....	62
4.1 Производственная безопасность объекта .....	63
4.1.1 Анализ вредных и опасных факторов производственной среды.....	63
4.1.2 Опасные производственные факторы.....	68
4.2 Экологическая безопасность .....	68
4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	70
4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	71
4.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства .....	71
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	<b>73</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	<b>74</b>

## **Введение**

Современные котельные установки в системе теплоэнергетики в основном эксплуатируются на твердом топливе. Тепловые электростанции, использующие местные виды топлив (торф, сланцы, низкокалорийные и многозольные угли), ориентируются на потребителя и одновременно находятся у источников топливных ресурсов.

Результаты исследований показывают, что 2/3 тепловой энергии и остатков бывшего топлива в буквальном смысле вылетают в трубу, нанося вред окружающей среде. По этой причине проектирование систем очистки выбросов, повышения КПД топлива в топках камер сгорания являются актуальными. В процессе проектирования решаются как технические, так и экологические проблемы. При выборе и разработке методов очистки выбросов в атмосферу наряду с использованием уже известных технологий проектные институты учитывают имеющиеся преимущества или недостатки этих технологий и с учетом специфики источника выброса подбирают наиболее эффективные системы.

Выбор схем очистки и технологии обусловлены спецификой выбрасываемых веществ, условия образования выброса, региона нахождения источника выброса и возможность рекуперации продуктов очистки выбросов. Важным при подготовке задания на проектирование систем совершенствования очистки выбросов в атмосферу является правильный подход к подготовке исходных данных для проектирования. Недочет отдельных параметров для проектирования может привести ошибке при проектировании, выбору схем и технологии очистки, также к большим материальным и финансовым затратам без получения эффективности проведенных мероприятий. Поэтому при подготовке исходных данных для проектирования необходимо рассматривать вариантность, провести сравнительный анализ существующих эффективных методов очистки и анализ приведенных затрат на внедрение системы очистки. Выбор варианта очистки

будет определяться исходя не только из экономических показателей, а в первую очередь, из экологичности.

При выборе метода очистки или обезвреживания выбросов предпочтение отдаётся той, схеме, для реализации которой необходимы минимальные капитальные и эксплуатационные затраты, а также затраты на электроэнергию, на реагентное хозяйство, в ряде случаев и затраты на обращение с образующимися в ходе очистки отходами, если отсутствует сброс сточных вод (или загрязнённость их не превышает установленных нормативов).

В данной работе рассмотрены альтернативные варианты на выполнение проекта по усовершенствованию системы газоочистки в котельной предприятия АО «Каскад-Энерго» г. Анжеро-Судженск при сжигании топлива на ТЭЦ, содержащих взвешенные вещества и диоксид серы.

Цель работы: разработка мероприятий по уменьшению выбросов от теплогенераторов предприятия АО «Каскад-Энерго» гор. Анжеро-Судженск.

Достижение цели предлагает решение следующих задач:

- Определиться с источником-загрязнителем на ТЭЦ г. Анжеро-Судженска;
- Исследовать характеристики источника-загрязнителя;
- Заменить на более совершенную систему очистки дымовых газов.

## **Глава 1. Теоретическая часть**

### **1.1 Проблемы загрязнения атмосферы предприятиями теплоэнергетики**

Загрязнение атмосферного воздуха определяет благополучие населения посредством формирования среды обитания и оказывая негативное влияние на здоровье населения, проживающего в зоне загрязнения предприятия-загрязнителя. В результате загрязнения атмосферного воздуха происходит изменение газового состава атмосферы, меняются качественные и количественные показатели веществ в составе атмосферы. Антропогенная нагрузка на атмосферный воздух увеличивается в следствии использования «грязных технологий», применения типов топлива, в которых содержатся опасные для окружающей среды токсичные вещества. Анализ загрязнения атмосферы по различным городам Российской Федерации показывает, что значительную долю в выбросах в атмосферу занимают выбросы загрязняющих веществ от предприятий жилищно-коммунального хозяйства и крупных энергетических хозяйств. Если рассматривать крупные городские конгломераты, то источником тепловой энергии, выработка электричества и подготовка горячей воды осуществляется на предприятиях энергетики- ТЭЦ, ТЭС. На их доля в выбросах только по углекислому газу (CO<sub>2</sub>) приходится больше 50 % валовых выбросов [1].

В первую очередь рост объемов загрязнения атмосферы зависит от темпов развития отраслей промышленности машиностроения, металлургии и нефтехимии. Уровень загрязнения атмосферы выбросами объектов теплоэнергетики зависит от используемого топлива и содержания в этом топливе токсичных для окружающей среды в продуктах горения. При сжигании твердого топлива в атмосферу поступают сажа, углеводороды, окислы серы, окислы азота. При сжигании газообразного топлива в атмосферу поступают предельные углеводороды и окислы азота.

В результате сжигания мазута образуются углеводороды, пентаоксид ваннадия, без/а/пирен, оксиды азота, оксиды серы, ароматические углеводороды. При сжигании мазута образуются большие объемы взвешенных частиц, содержащие токсичные примеси в составе золы. Причиной загрязнения атмосферы является использование некачественного топлива, несоблюдение технологии сжигания топлива и отсутствие систем очистки и доочистки выбросов в атмосферу. В некоторых регионах для снижения негативного воздействия выбросов в атмосферу используют так называемый пассивный метод снижения концентрации ЗВ, путем увеличения высоты трубы котельной или ТЭЦ. В связи с ростом городского населения и расширением границ городских поселений, в некоторых городах объекты теплоэнергетики оказались в окружении селитебной территории и нет возможности выделить реальные СЗЗ, в связи с чем при разработке мероприятий по снижению негативного воздействия на окружающую среду предусматривают корректировку размеров санитарно-защитной зоны в сторону уменьшения, что противоречит требованиям СанПиН 2.2.1./2.1.1.1200-03 [2].

Проблемы регулирования и нормирования выбросов в атмосферу предприятиями теплоэнергетики и ЖКХ в настоящее время приобретают особый характер в связи с изменениями технологии строительного производства. Если раньше теплоснабжение и горячее водоснабжение жилых, общественных зданий, промышленных предприятий производилось централизованно, то в настоящее время используют технологию индивидуального отопления и горячего водоснабжения. В связи с этим контролировать масштабы загрязнения городской агломерации становится более сложным, так как рассеивание источников загрязнения приводит к увеличению территорий загрязнения. Если от отдельного жилого дома с индивидуальными котлами не наблюдается превышения концентраций ЗВ в атмосфере, то с учетом группы источников эти превышения могут наблюдаться на значительной территории. Вопросы проектирования

индивидуальных котлов и соединения выбросов в одну дымовую трубу не отрегулированы и расчет выбросов производится без учета зоны покрытия выбросов и СЗЗ для таких домов в нормативных документах не установлены. В связи с этим в некоторых городах наблюдается повышенное содержание парниковых газов, а при эффекте суммации таких веществ как  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NO}_2$  воздействие на окружающую среду увеличивается в разы. Анализ выбросов от предприятий теплоэнергетики и квартальных котельных ЖКХ показывает значительное содержание в них оксидов азота, значительное содержание которых может привести к образованию кислотных дождей. Анализ загрязнений крупных городов Российской Федерации показывает опасность возникновения кислотных дождей в таких городах как Нижнекамск, Кемерово, Тюмень и др.

Кроме выбросов в атмосферу загрязняющих веществ, происходит тепловое загрязнение окружающей среды. Температура выбрасываемых газов в основном выше окружающей среды и в связи с этим в районе воздействия выбросов формируется определенный микроклимат, вызывающий неспецифические реакции живых организмов. Данные исследований показывают, что среднегодовая температура в крупных городах и промышленных центрах на 6–7 градусов выше температуры воздуха прилегающих территорий. Загрязнение атмосферного воздуха и появления таких экологических проблем негативно сказывается на окружающую природную среду и здоровье человека и приводит к исчезновению некоторых видов животных, которые не успевают адаптироваться, угнетает растительность, приводит к ухудшению здоровья населения из-за развития определенной группы болезней (при интенсивном воздействии) и снижению адаптационного резерва (при хроническом – пороговом уровне воздействия).

Формирование таких микрозон приводит к антициклоничности погоды и изменению температуры инверсии, сопровождающейся накоплением промышленных выбросов в приземном слое атмосферы («токсические туманы»).

Анализируя данные по выбросам в атмосферу по г. Кемерово и Кемеровской области можно сделать вывод, что максимальные приземные концентрации по саже (углерод) достигают 6,2 ПДК, по взвешенным веществам 3,6 ПДК. Значительную долю в загрязнение атмосферного воздуха занимают выбросы от ТЭЦ и квартальных котельных. За пятилетний период (2012-2016 годы) среднегодовые концентрации: бенз(а)пирена были высокими и изменялись неравномерно, максимальное значение было отмечено в 2012 году (3,1 ПДК), минимальное – в 2014 году (1,5 ПДК); диоксида азота и взвешенных веществ снизились в 1,6 раза и 1,3 раза[3].



## **1.2 Основные методы снижения выбросов в атмосферу при работе ТЭЦ**

Снижения загрязнения атмосферы выбросами от ТЭЦ и котельных в системе ЖКХ можно добиваться путем улучшения качества используемого топлива или перехода с твердого или жидкого топлива на газовое, а также в результате внедрения передовых технологий по улучшению КПД топлива и внедрения систем очистки выбросов. Все это требует перевооружения всего котельного оборудования и вливания больших финансовых средств.

Одним из основных направлений экологизации объектов теплоэнергетики в настоящее время является использование парогазовых установок (ПГУ). Использование ПГУ позволяет повысить КПД используемого топлива и приводит к снижению объема вредных выбросов в атмосферу за счет полноты сгорания используемого топлива. Использование ПГУ требует проведения работ по совершенствованию оборудования, но и интенсифицировать демонтаж и реконструкцию устаревшего оборудования, доля которого в энергосистемах страны с каждым годом увеличивается. В парогазовых установках в качестве рабочих тел используют продукты сгорания топлива в газовых турбинах, после которых они поступают в парогенераторы для получения водяного пара.

Второе направление снижения выбросов - повышение качества используемого топлива с целью удаления в составе выбросов парниковых газов: золы, окислов серы и окислов азота. При выборе топочного материала предпочтение нужно отдавать малозольному и малосернистому топливу. Если есть возможность использования газообразного топлива, предприятиям теплоэнергетики необходимо переориентировать себя на перевооружение котельных установок, а при отсутствии такой возможности применять технологии, снижающие зольность и сернистость топлива. В составе топочного мазута отечественного производства содержание сернистых соединений доходит до 3,5 %. В основу предлагаемых технологий снижения

содержания серы положены использование установок по обогащению топлива с доведением содержания серы до 1,5 %. Данные технологии снижают себестоимость в 1,3-2 раза по сравнению с сооружениями. При использовании твердых топлив необходимо ориентироваться на использование малосернистого угля. С точки зрения снижения выбросов в атмосферу имеет важное значение применение технологии обогащения и переработки твердого топлива. При снижении зольности 1 млн.т угля выброс золы сокращается на 1 %

Снижения выбросов золы, оксидов серы и азота можно добиться в результате использования эффективных систем очистки газов в золоуловителях, устанавливаемых за котлами. В основном КПД золоуловителей принимают равной 99,5 %, в самом деле на практике коэффициент очистки намного ниже. Основными золоуловителями, применяемыми в России можно назвать мокрые инерционные, сухие инерционные и электрофильтры. Ввиду относительно низкой стоимости мокрых золоуловителей половина тепловых электростанций снабжены мокрыми пылеуловителями. Практика показывает, что эффективность очистки на этих пылеуловителях достигает 95-97%. С точки зрения эффективности и надежности используют сухие инерционные пылеуловители, но низкая эффективность очистки мелкодисперсной пыли ограничивает их применение.

В промышленности применяется несколько способов очистки выбросов от диоксида серы. Наибольшее распространение, среди сухих и мокрых методов очистки, получили адсорбционный и абсорбционный методы [4].

При концентрации однитипных ЗВ с концентрацией не менее 1 г/м<sup>3</sup> и которые плохо растворяются в воде, применяют адсорбционный метод очистки. Данный метод позволяет улавливать малорастворимые ЗВ и получить экономический эффект от рекуперации уловленных частиц в выбросах [5]. Сухие способы очистки используют при температуре

выбрасываемых газов 110-150 градусов с применением в основном углеродных поглотителей. При концентрации диоксида серы в составе ГВС в интервале температуры 50-100 градусов динамическая активность углеродных адсорбентов находится в пределах от 3 до 43 г/кг. В присутствии паров воды и кислорода адсорбционная способность углеродных адсорбентов возрастает, что сопровождается окислением и образованием серной кислоты. Концентрация серной кислоты зависит от условий, в которых содержится сорбент и содержания влаги в составе ГВС.

При использовании силикагелей, образующихся из перенасыщенных растворов кремниевых кислот ( $n\text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ ) сорбционная способность по диоксиду серы высокая даже при температурах 150–200°C и низких концентрациях целевого компонента в газе. В этом случае адсорбированные  $\text{SO}_2$  в  $\text{SO}_3$ , в составе ГВС окисляются кислородом. Насыщенный поглотителем реагент можно проводить нагретым воздухом.

В практике испытан метод применения ионообменных смол в качестве поглотителя  $\text{SO}_2$ . Ограниченность использования ионообменных смол в качестве сорбента по температуре (25-60°C), требований по влагосодержанию и содержанию взвешенных частиц не позволяет применять данный метод в производственных условиях, так как перед применением ионообменника необходима тщательную очистку выбрасываемых газов от твердых взвешенных примесей [6].

При повышенных температурах и низких концентрациях  $\text{SO}_2$  в газах котельных ТЭЦ можно применить в качестве сорбента кислотостойкие цеолиты. При отсутствии влаги в выбросах, применение кислотостойких цеолитов показывает высокую эффективность очистки. При высоком содержании влаги в выбросах эффективность заметно снижается, идет процесс окисления  $\text{SO}_2$  с переходом в  $\text{SO}_3$ . Недостатком данного метода является то, что сорбент после использования требует утилизации, что затруднено большими энергозатратами [7].

Все методы очистки, перечисленные выше требуют решения проблемы по утилизации и регенерации. Данная технология слишком энергозатратная и требует использования дорогостоящих кислотостойких материалов.

Использование электрофильтров для очистки газов от окислов серы основано на использовании импульсных электронных пучков в потоке ГВС с содержанием влаги. Использование данного способа достаточно затруднено с технической точки зрения и требует огромных энергетических затрат.

При содержании в ГВС веществ кислого и щелочного характера используют мокрый способ очистки. В качестве поглотителя при данном способе используют абсорбенты, которые помещают в насадочные абсорберы, абсорберы с взвешенным слоем насадки (ВН), скрубберы (полые и Вентури) и барботажные абсорберы (тарельчатые).

При определении конструкции абсорбера необходимо иметь следующие исходные данные: удельный расход абсорбента, число единиц переноса ( $N_{ог}$ ), фиктивную линейную скорость ( $\omega$ ) потока газовой смеси, возможность протекания химической реакции в абсорбенте, лимитирующее сопротивление процессу массоотдачи, степень рециркуляции абсорбента.

В ряде случаев, замена насадочного абсорбера на абсорбер со взвешенным слоем насадки позволяет исключить из схемы очистки специальный пылеулавливающий аппарат [8].

При выборе абсорбентов обращают особое внимание тем технологическим растворам, которые позволяют улавливать  $SO_2$  из состава ГВС и вернуть в технологически цикл вместе с использованным раствором. Поэтому предпочтение отдают водно-кислотным и водно-щелочным растворам, суспензиям солей щелочных металлов. В практике известны способы использования сточных и оборотных вод в качестве абсорбентов. В данном случае, условием использования сточных и оборотных вод является, присутствие в составе этих вод веществ, вступающих в реакцию и образующие труднорастворимые соединения или летучие соединения. В качестве примера можно привести использование. Примером такого способа является

использование известняков (известковый способ). В данном случае труднорастворимое соединение легко выводится из системы, однако при этом необходимо решать вопрос его полезного использования. Реализация такого метода во многом определяется технологией утилизации осадка, спросом и ценой на продукт его утилизации [9].

### 1.3 «Сухие» и «мокрые» методы очистки газов

#### «Сухие» методы очистки

Такими методами представляют собой способ очистки, в процессе которого исключается использование водных растворов или других жидкостей в качестве поглотителей. Однако данные методы не исключают применение небольшого количества воды для подготовки промышленных выбросов перед их очисткой в аппаратах. К примеру, часто используется подача небольшого количества распыленной воды в газовый поток для уменьшения его температуры, вода при этом полностью испаряется. Существуют следующие основные аппараты «сухой» очистки газов:

#### Пылевые камеры

Это простейший тип оборудования для улавливания пылевых частиц из газового потока под действием силы тяжести. Главное назначение таких камер: удаление крупных частиц.

Для повышения эффективности применяются горизонтальные полки в камерах. На практике выяснилось, что эффективность улавливания увеличивается незначительно, т.к. при удалении пылевых частиц с полок, часть из них уносится вместе с газовым потоком.

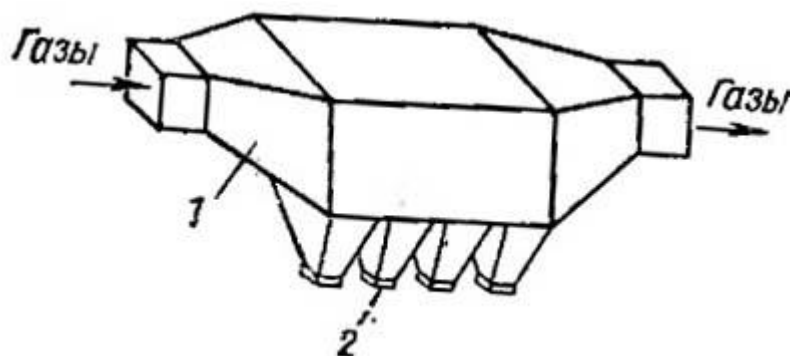


Рисунок 1 - Пылеосадительная камера

1 - корпус; 2 - пылеотводящий бункер

## Жалюзийные пылеуловители

Данный тип пылеуловителя состоит из жалюзийной решетки и отсосного пылеуловителя. Решетка представляет собой ряд пирамид и конусов, сечение которых уменьшается по ходу течения газов. Устанавливают такие решетки в специальных камерах или газоходах.

Принцип действия жалюзийных пылеуловителей основан на проходе газового потока через решетку, которая разделяет поток на более мелкие потоки. Проходя через пластины решетки, грубодисперсные частицы под действием инерционных сил стремятся сохранить первоначальное направление, но при ударе о пластины их отбрасывает в противоположную движению газов сторону. В результате этих столкновений газы очищаются от грубодисперсных примесей. Оставшийся внутри решетки газ с грубодисперсной пылью удаляется отсосным пылеуловителем для дальнейшей очистки.

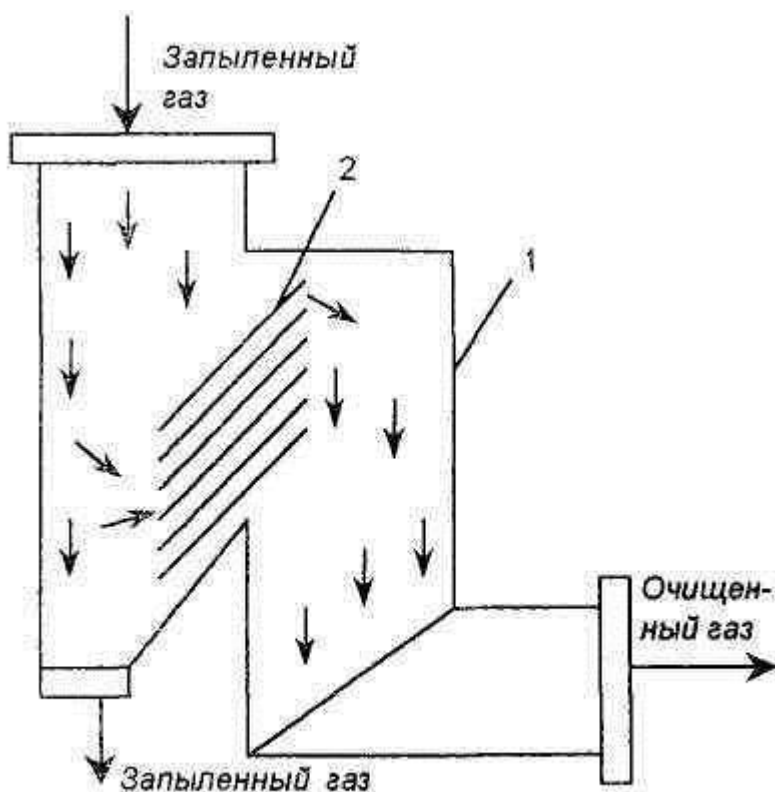


Рисунок 2 – Жалюзийный пылеуловитель

1 – корпус; 2 – решетка

## Циклоны

Для очистки выбросов от пылевых частиц широкое применение получили циклоны. Принцип действия циклона основан на вращательном движении газов внутри специальной камеры, где под действием центробежных сил пыль оседает на стенках корпуса циклона. При достижении стенок корпуса пылевые частицы теряют первоначальную скорость и под действием силы тяжести опускаются в специальный бункер для сбора пыли. Очищенный от пыли газ поступает в выхлопную трубу, образуя вращающийся вихрь, и выбрасывается в атмосферу.

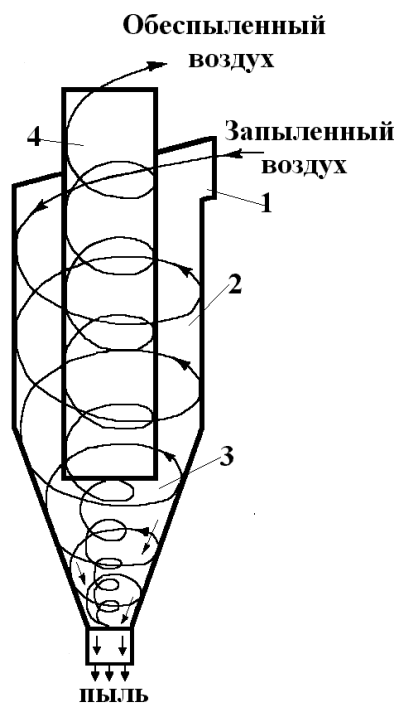


Рисунок 3 – Циклон

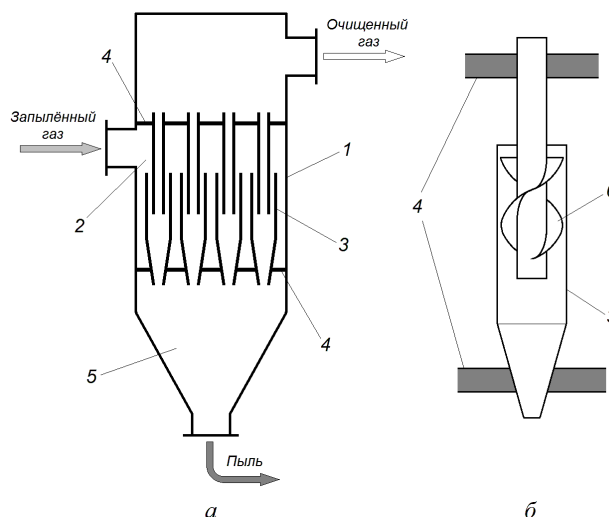
1 – входной патрубок; 2 – верхняя цилиндрическая часть циклона; 3 – конусная часть; 4 – выхлопная труба

## Батарейные циклоны

Для увеличения эффективности улавливания пылевых частиц применяют уменьшение диаметра корпуса циклона. Но при установке большого количества циклонов малого диаметра, возникли трудности с равномерным распределением газов и отводом пыли.



Чтобы решить эти проблемы был составлен аппарат, состоящий из нескольких циклонных элементов, включенных параллельно. Объединены циклоны в одном корпусе, имеющем общий подвод и вывод дымовых газов и общий бункер для сбора пыли. Этот аппарат называется батарейный циклон. Принцип его работы идентичен обычным циклонам, только здесь применяется сразу несколько циклонов одновременно, работающих в одном режиме.



**Рисунок 4 - Батарейный циклон (а) и его элемент (б)**

**1 – корпус; 2 – газораспределительная камера; 3 – корпус циклонного элемента; 4 – трубные решётки; 5 – бункер для пыли; 6 – лопастные устройства для закручивания газового потока внутри циклонных элементов**

### **«Мокрые» методы очистки**

Это методы очистки, основанные на использовании воды или других жидкостей в качестве поглощающего вещества. К тому же, в некоторых аппаратах, например, электрофильтрах, вода используется для удаления с электродов осевших частиц.

Многие аппараты «мокрого» метода очистки используются не только для непосредственного удаления взвесей из газов, но и для охлаждения дымовых газов.

В процессе очистки образуется отработанная жидкость в больших количествах, для уменьшения объемов используются системы рециркуляции отработанной воды.

## Полые газопромыватели

Принцип действия полого газопромывателя основан на прохождении газа через слой распыленной воды. При прохождении пылевые частицы оседают на каплях воды, а очищенный газ выводится из аппарата.

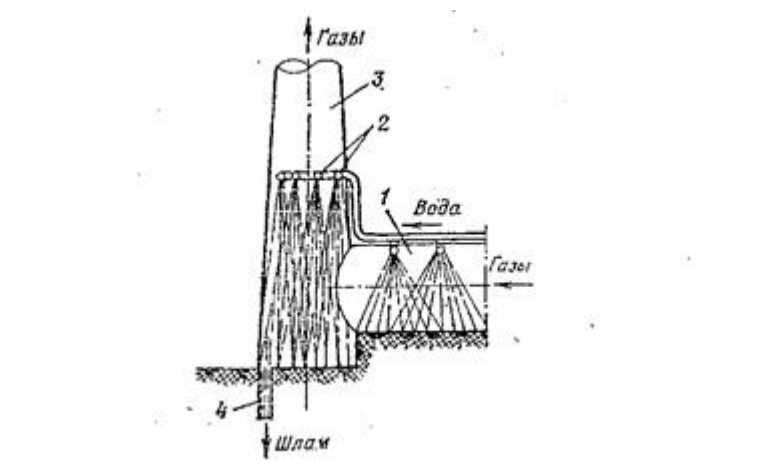


Рисунок 5 - Орошаемый газоход

1 - газоход; 2- форсунки; 3- дымовая труба; 4- шламовая труба

Наиболее простым полым газопромывателем является орошаемый газоход. Ряд форсунок или брызгал встраивается в газоход или дымовую трубу для создания водяных завес на пути запыленного газового потока. Во избежание значительного брызгоуноса скорость газов в орошаемом газоходе принимают не более 3м/с. Расход воды принимают в пределах от 0,1 до 0,3 л/м<sup>3</sup>. Улавливаются частицы крупнее 20 мкм. Коэффициент очистки составляет 50-60 %.

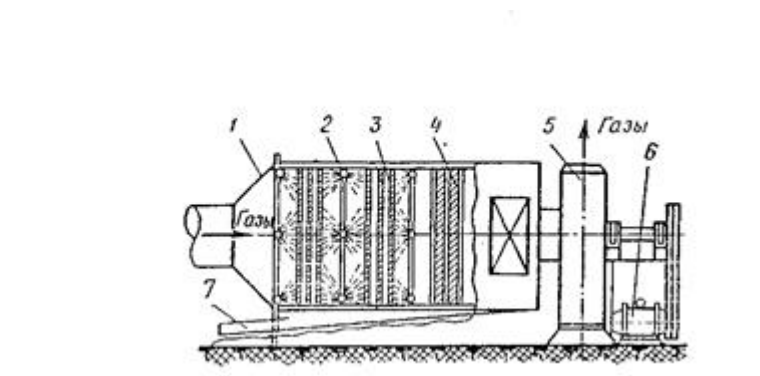


Рисунок 6 - Промывная камера

1 - корпус; 2 - форсунки, 3 - перфорированные перегородки; 4 - брызгоуловитель; 5 - вентилятор; 6 - электродвигатель; 7 - шламовая труба

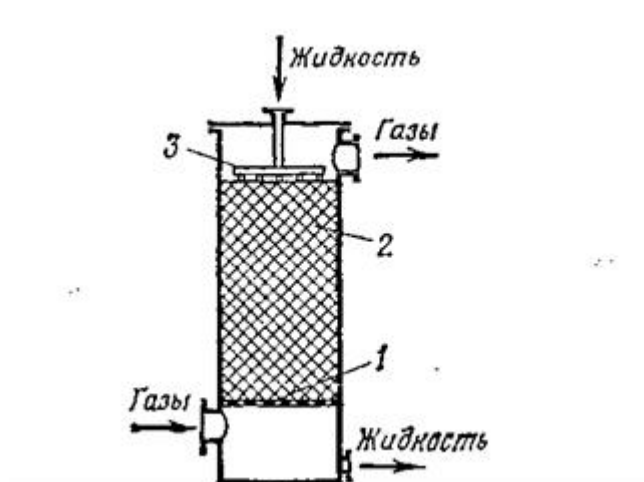
Промывные камеры сооружаются из металла, железобетона или кирпича. Внутри камеры в несколько рядов, чаще всего в шахматном порядке, размещают форсунки.

Для повышения эффективности очистки иногда на пути движения газов устанавливают отбойные пластины, перфорированные листы или сетки. В конце камеры устанавливают брызгоуловитель.

Размеры промывных камер выбирают так, чтобы скорость движения в них составляла 1,5-2,5 м/с, а время пребывания газов в камере было не менее 3 с. Расход воды на промывку газов составляет от 0,2 до 1,0 л/м<sup>3</sup>. Улавливаются частицы крупнее 10 мкм.

### **Насадочные газопромыватели**

Насадочные газопромыватели представляют собой колонны, заполненные телами различной формы засыпаемыми в колонну на опорную решетку в беспорядке или укладываемыми правильными рядами (регулярная насадка).



**Рисунок 7 - Противоточный насадочный скруббер**

**1 - опорная решетка; 2 - насадка; 3 - оросительное устройство**

Насадочные скрубберы имеют ряд недостатков в своей работе, главным из них является частое забивание при обработке дымовых газов, из-за чего в настоящее время данная технология применяется редко.

## Газопромыватели центробежного действия

Наибольшее распространение получили скрубберы центробежного действия. Их можно разделить на два основных вида: аппараты, в которых газовый поток закручивается с помощью лопастного устройства, и аппарата с улиточным подводом газов.

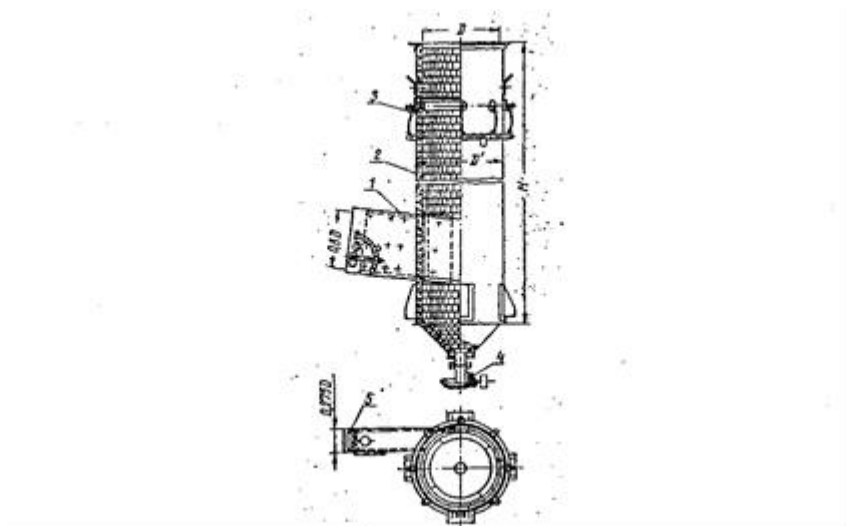


Рисунок 8 - Центробежный скруббер ВТИ

1 - входной патрубок; 2 - корпус, 3 - оросительное сопло; 4 - золосмывной аппарат

## Скоростные газопромыватели

Скоростные газопромыватели (скрубберы Вентури) включают в себя большую группу аппаратов. Общим у них является наличие трубы распылителя и установленного за ней каплеуловителя.

Запыленный газ входит в конфузор и его скорость увеличивается. В конфузор с помощью форсунки подают воду. Газ в горловине трубы приобретает высокую скорость (40 - 150 м/с). Вода в турбулентном потоке газа дробится на мельчайшие капли. Капельки воды интенсивно перемешиваются в потоке газа, сталкиваются с частицами пыли и укрупняют их.

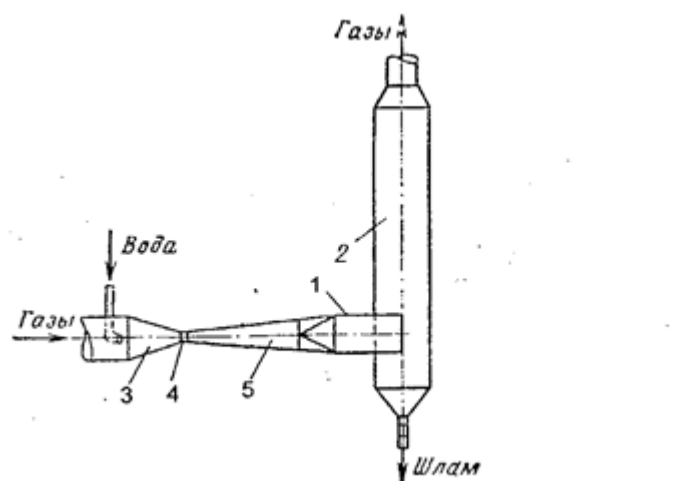


Рисунок 9 - Скруббер Вентури с выносным каплеуловителем

1 - труба-распылитель; 2 - циклон-каплеуловитель; 3 - конфузор; 4 - горловина, 5 - диффузор

### 1.3.1 Достоинства и недостатки «сухих» методов очистки газов

#### Достоинства:

1. Высокая температура остаточного выброса после очистки. Это позволяет утилизировать теплоту газов после очистки.
2. Высокая температура газов способствует лучшему их рассеиванию при выбросе в атмосферу.
3. Практически полностью отсутствует потребление воды для очистки. Исчезает необходимость работы с отработанными водами.
4. Сравнительно легкая утилизация уловленной пыли.

#### Недостатки:

1. Существует вероятность вторичного образования аэрозолей в системах пылетранспорта. Необходима герметизация систем или установка местного отсоса.
2. Пагубное воздействие конденсации паров кислых жидкостей, вызывающих коррозию общего или местного типа. Возможное образование трудноудаляемых отложений пыли.

### 1.3.2 Достоинства и недостатки «мокрых» методов очистки газов

#### Достоинства:

1. Более высокая степень очистки сравнительно сухих методов.
2. Аппараты мокрой очистки дымовых газов имеют более упрощенную конструкцию, т.к. отсутствуют движущиеся механические части.
3. Отсутствует вторичное образование аэрозолей, нет необходимости в дополнительных предохранительных мерах.

### **Недостатки:**

1. Аппараты мокрого способа очистки потребляют воду. В результате чего появляется необходимость дальнейшей переработки отработанных сточных вод.
2. Остаточный выброс после очистки охлажденный и влажный, в результате чего рассеивание ухудшается.
3. Необходимо обеспечивать комплекс мер по противокоррозионной защите, т.к. в большинстве случаев в выбросах присутствуют коррозионно-активные вещества.

## **Глава 2. Практическая часть**

### **2.1 Общие сведения о котельной АО «Каскад-Энерго»**

Акционерное Общество «Каскад-энерго» представляет собой комплекс зданий и сооружений, расположенных в центральной части жилой зоны г. Анжеро-Судженска, Кемеровской области по ул. Ленина, дом 4.

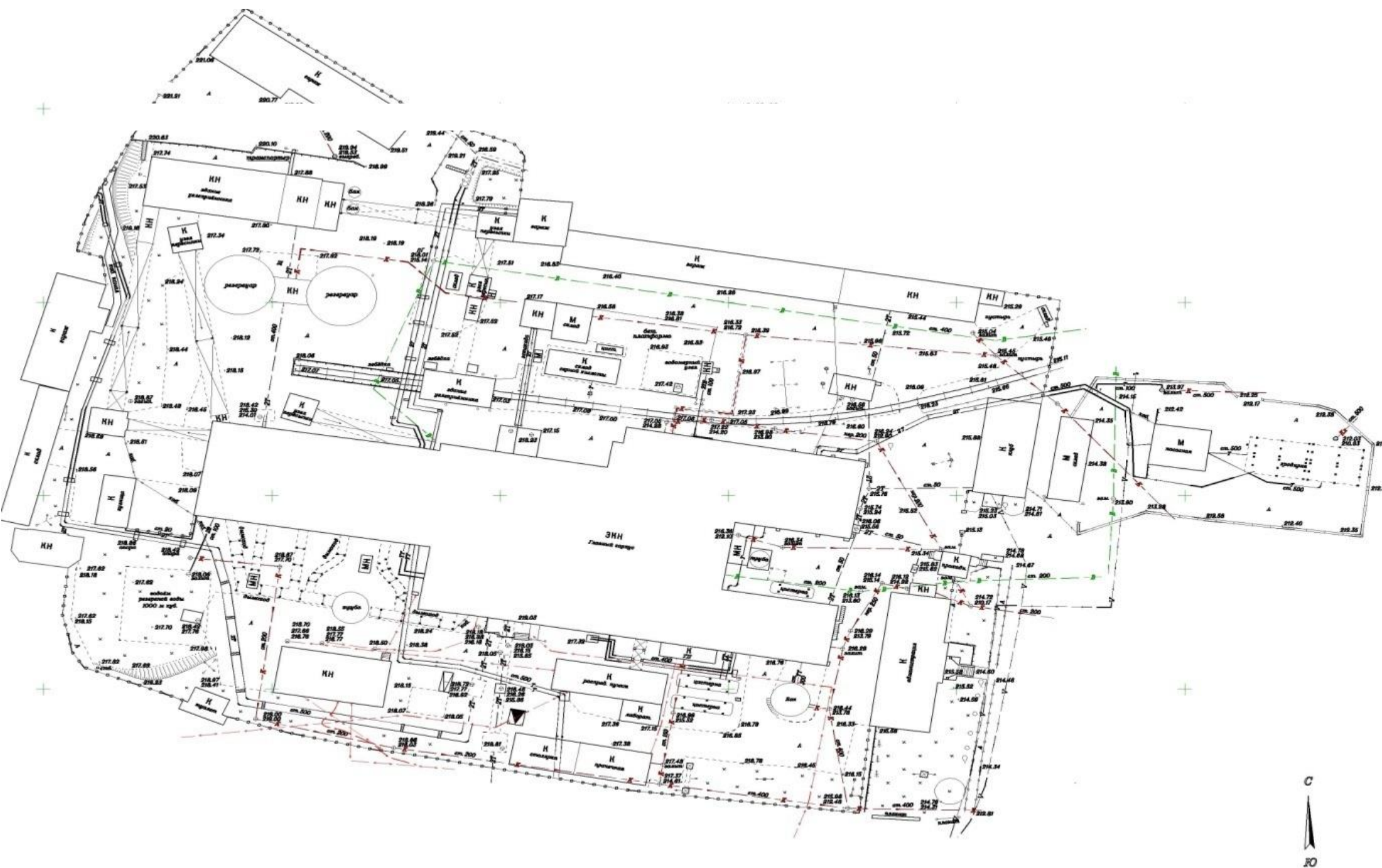
Анжеро-Судженская ТЭЦ – первая мощная электростанция в Сибири, дата её основания – 19 ноября 1905 года.

АО «Каскад-энерго» осуществляет свою деятельность в отрасли выработки электрической и тепловой энергии, является одним из основных предприятий, обеспечивающих тепловой энергией и горячей водой объекты жилищно-коммунальной инфраструктуры города Анжеро-Судженска. Анжеро-Судженская ТЭЦ является генерирующей котельной, в состав основного оборудования входят: пять паровых и пять водогрейных котлов, одна противодавленческая турбина мощностью 3,5 МВт и одна конденсационная, с производственным отбором турбина мощностью 6 МВт. Установленная тепловая мощность котельной составляет 170 Гкал/ч, установленная электрическая мощность – 9500 кВт.

К коллекторам котельной подключены пять тепломагистралей, с общей тепловой присоединенной нагрузкой 142,54 Гкал/ч. Система теплоснабжения открытая. Технологическая схема станции позволяет осуществлять выработку тепловой энергии в виде горячей воды по температурному графику 95/70°C. Располагаемая тепловая мощность с запасом покрывает тепловые нагрузки на систему, рассчитанную как для населения, так и для промышленных потребителей. Суммарный отпуск тепла внешним потребителям составляет 219 648,293 Гкал/год. Выработка электрической энергии (в 2016г.) составляет 28 643 933 кВт·ч в год, из которых 16 522 331 кВт·ч идет на собственные нужды котельной, обеспечение ПНС 1 180 012 кВт·ч в год и 10 941 590 кВт·ч отдается в сеть.

В качестве топлива используются каменные рядовые угли марок ДР, ДРОК со средними рабочими характеристиками лежащими в диапазоне:  $Q_{н}^p=4800 - 5500$  ккал/кг;  $W^p=11,9 - 20,4\%$ ;  $A^p=11,15 - 16,2\%$ ;  $V^r=41,7\%$ .





1-12500.00  
1-6500.00

- Лесные объекты:
- К - канализация
  - В - водопровод
  - ДТ - теплопровод
  - А - электропровод
  - V - овраг



Примечания:  
1 Система координат местная в. Анжеро-Судженск  
2 Система высот - Ялпайская

## **2.2 Техническая характеристика оборудования и краткое описание технологических схем**

В состав котельной АО «Каскад-энерго» входят четыре цеха: котельный, турбинный, топливно-транспортный, электрический.

### **Описание тепловой схемы котельной**

Котельная АО «Каскад-энерго» имеет достаточно сложную, взаимозависимую тепловую схему. Котельная имеет 2 вывода и 5 теплотрасс:

1-й вывод обеспечивает теплом потребителей линий «Южный», «Желябова», «Совхоз Анжерский», 2-й вывод – потребителей линий «Машзавод» и «Город».

Принципиальная тепловая схема котельной представлена на рисунке 10.

В состав тепловой схемы котельной входит следующее оборудование:

- 5 паровых котлов КЕ-25-14-270С Бийского котельного завода с номинальной проектной производительностью 25 т/час, давлением пара 13 кгс/см<sup>2</sup> и температурой пара 270 °С;
- 5 водогрейных котлов КВТС-20-150 Дорогобужского котельного завода с номинальной проектной теплопроизводительностью 20 Гкал/час, работающие в температурном режиме 70/150°С;
- Противодавленческая турбина ТГ3,5АС/6,3 Р12/1,2 ст. № 1;
- Теплофикационная турбина с регулируемым отбором пара П-6-1,2/0,5 ст. № 2;
- Подогреватели сетевой воды ПСВ-200;
- Сетевые насосы СЭ 1250-140-11, регулирование производительности которых осуществляется регулирующими клапанами;
- Насос питательный ЦНС 105/245;
- Насос исходной воды 1Д315/71;
- Подпиточный насос 200Д60Б;
- Другое вспомогательное оборудование.

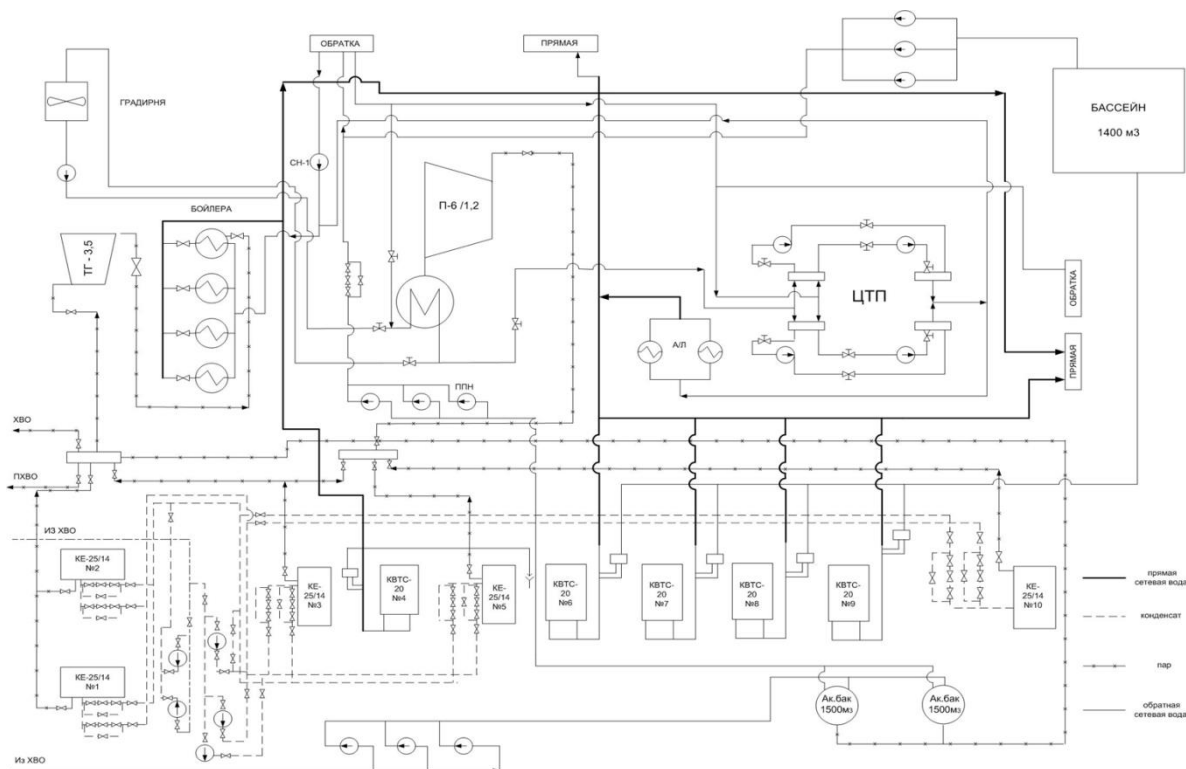
Нагрев сетевой воды осуществляется в водоподогревателях ПСВ-200 (БО-200) паром из противодавленческой турбины ст. № 1 типа ТГ-3,5АС/6,3Р12/1,2. В отопительный период конденсационная турбина П-6 может работать в режиме ухудшенного вакуума при использовании для охлаждения пара обратной сетевой воды. При недостатке тепловой мощности турбоагрегатов включаются в работу водогрейные котлы.

Паровые котлы КЕ-25-14-270С обеспечивают работу деаэраторов и двух турбин. Летом включается в работу вентиляторная градирня для обеспечения конденсационной выработки турбоагрегата ст. № 2. Регулировка температуры сетевой воды по температурному графику 95-70°С осуществляется при помощи подмеса воды с температурой 70°С, поступающей от насосов внутреннего (котлового) контура.

Транспортировка сетевой воды по тепломагистралям осуществляется зимой при помощи 3 сетевых насосов СЭ 1250-140, а летом - при помощи одного сетевого насоса. Также на двух магистралях функционируют ПНС для обеспечения необходимых параметров на конечных участках.

Система централизованного теплоснабжения г. Анжеро-Судженск работает по схеме открытого водоразбора, по температурному графику 95/70°С. Расчётная температура наружного воздуха для отопления минус 39°С.

Водогрейные котлы КВТС-20-150 работают по открытой схеме теплоснабжения.



**Рисунок 10 - Тепловая схема котельной**

**Котельный цех** станции предназначен для производства пара и подогрева сетевой воды системы централизованного теплоснабжения.

В цехе установлено 5 паровых котлов Бийского котельного завода KE-25-14-270С – ст.№№ 1,2,3,5,10 с номинальной проектной производительностью 25 т/час, давлением пара 13 кгс/см<sup>2</sup> и температурой пара 270 °С и 5 водогрейных котлов Дорогобужского котельного завода KBTC-20-150П – ст.№№ 4,6,7,8,9 с номинальной проектной теплопроизводительностью 20 Гкал/час работающие в температурном режиме 70/150°С.

В качестве топлива используются каменные рядовые угли марок ДР, ДРОК со средними рабочими характеристиками лежащими в диапазоне:  $Q_{н}^P=4800 - 5500$  ккал/кг;  $W^P=11,9 - 20,4\%$ ;  $A^P=11,15 - 16,2\%$ ;  $V^F=41,7\%$ .

Для отвода дымовых газов из топок котлов предусмотрены газоходы которые подведены к двум дымовым трубам;

Газоходы котлоагрегатов KE-25-14С стац. № 1,2 подключены к кирпичной дымовой трубе  $H_{от \text{ уровня земли}}=52\text{м}$ ,  $\varnothing_{устья}=3,0$  м.

Газоходы котлоагрегатов КЕ-25-14С стац. № 3,5,10 и КВТС-20-150 стац. № 4,6,7,8,9 подключены к железобетонной дымовой трубе Н<sub>от</sub> уровня земли=100м, Ø<sub>устья</sub>=3,5 м.

Таблица. 1 - Котлоагрегаты установленные на котельной АО «Каскад-энерго»

Группа паровых котлов								
Тип котлоагрегата	Ст. №	Марка	Паропроизводительность, т/ч	Завод-изготовитель	Год ввода в эксплуатацию	Топливо	Давление перегретого пара.кгс/см <sup>2</sup>	Температура перегретого пара.°С
паровой, водотрубный	1	КЕ-25-14-270С	25	Бийский котельный завод	1984	Твердое топливо (уголь)	13	270
паровой, водотрубный	2	КЕ 25-14-270С	25		1982		13	270
паровой, водотрубный	3	КЕ-25-14-270С	25		1981		13	270
паровой, водотрубный	5	КЕ-25-14-270С	25		1987		13	270
паровой, водотрубный	10	КЕ-25-14-270С	25		2007		13	270
Группа водогрейных котлов								
Тип котлоагрегата	Ст. №	марка	Теплопроизводительность, Гкал/ч	Завод-изготовитель	Год ввода в эксплуатацию	Топливо	Температура воды на входе в котел,°С	Температура воды на выходе из котла,°С
водогрейный, водотрубный	4	КВ-ТС-20-150П	20	Дорогобужский котельный завод	2013	Твердое топливо (уголь)	70	150
водогрейный, водотрубный	6	КВ-ТС-20-150П	20		2013		70	150
водогрейный, водотрубный	7	КВ-ТС-20-150П	20		2010		70	150
водогрейный, водотрубный	8	КВ-ТС-20-150П	20		1985		70	150
водогрейный, водотрубный	9	КВ-ТС-20-150П	20		1985		70	150

## Описание паровых котлоагрегатов, установленных на АО «Каскад-энерго»

Котел КЕ-25-14-270С стационарный, паровой с пароперегревателем, с естественной циркуляцией, паропроизводительность 25 т/час, рабочее давление до 14 кгс/см<sup>2</sup>. Котел предназначен для производства перегретого пара, который используется в турбинах для выработки электроэнергии, а также для нагрева сетевой воды на нужды теплоснабжения.

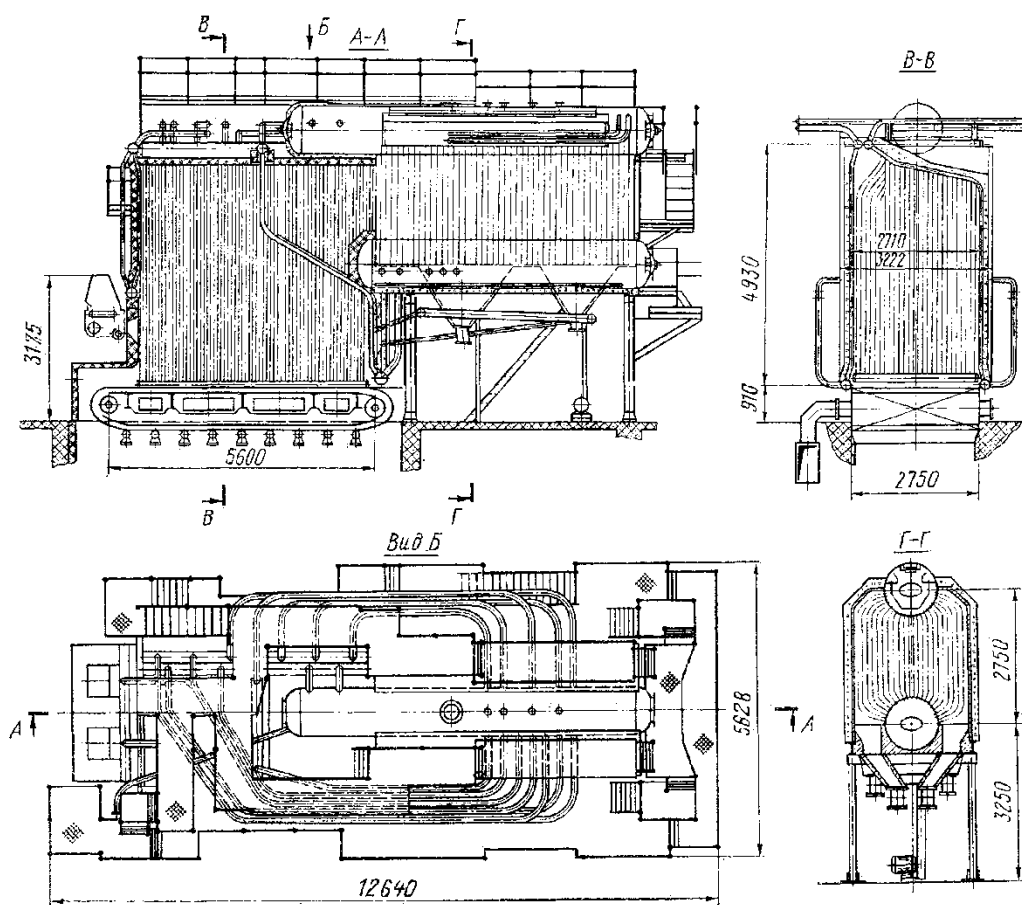


Рисунок 11 – общий вид котла КЕ-25-14-270С

Таблица 2 - Основные параметры котла

Паропроизводительность	т/час	25
Давление пара на выходе из котла (абсолютное)	кгс/м <sup>2</sup>	14
Тип топочного устройства		ТЧЗМ-2,7/5,6
Активная площадь горения	м <sup>2</sup>	13,1

*Продолжение таблицы 2 - Основные параметры котла*

Объём топочной камеры	м <sup>3</sup>	61,67
Радиационная площадь нагрева	м <sup>2</sup>	92,1
Площадь конвективного пучка	м <sup>2</sup>	417,8
Площадь пароперегревателя	м <sup>2</sup>	54,87
Температура уходящих газов	°С	До 160
Температура перегретого пара	°С	270
Температура питательной воды	°С	100
Расчётный КПД котла (брутто)	%	86,4

Диапазон нагрузок котлов типа КЕ-25-14-270С в заводской комплектации составляет от 25 до 100% от номинальной паропроизводительности. Согласно заводским рекомендациям котлы Е-25-1,4-270Р (КЕ-25-14-270С) могут работать в диапазоне давлений 7-13 кгс/см<sup>2</sup>. С уменьшением рабочего давления КПД котлоагрегата не уменьшается.

Для сжигания угля на данных котлах устанавливается механическая топка ТЧЗМ-2,7/5,6. Механические топки типа ТЧЗМ предназначены для установки на паровых котлах типа Е-25-14Р (КЕ-25-14-270С) теплопроизводительностью 11,6; 23,2; 34,8 МВт (10, 20, 30 Гкал/ч) и водогрейных котлах типа КВ-ТС.

Топливом для топок ТЧЗМ служат грохоченные, рядовые каменные и бурые угли, по качеству соответствующие государственным стандартам на угли для слоевого сжигания. Содержание мелочи 0-6 мм в дробленом топливе не должно превышать 60%, а максимальный размер куска - 50 мм. При этом топки ТЧЗМ обеспечивают устойчивую работу паровых и водогрейных котлов в диапазоне от 25 до 100% номинальной производительности.

*Таблица 3 - Технические характеристики топки ТЧЗМ 2,7/5,6*

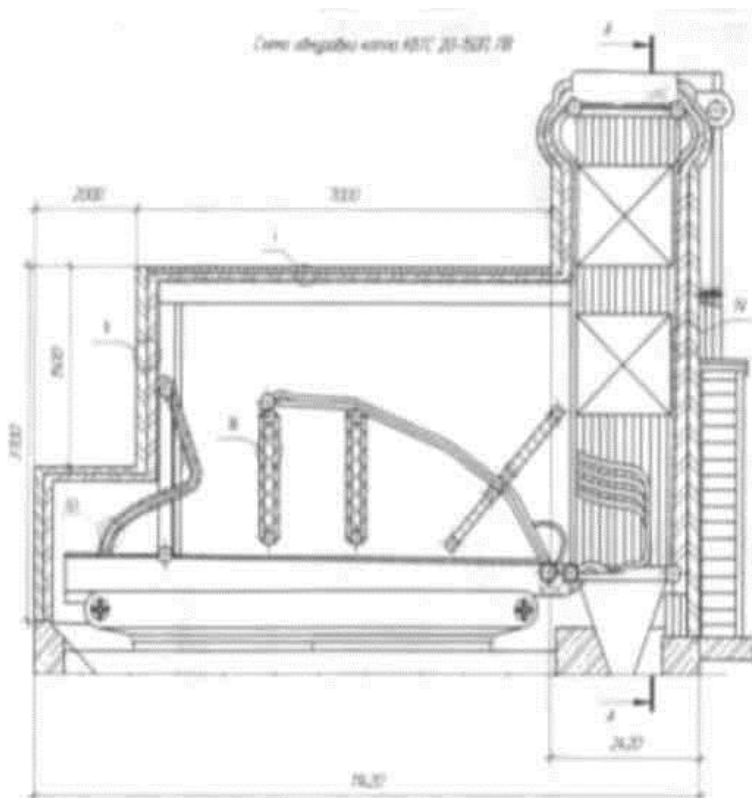
№	Наименование	Ед. измерения	Величина
1	Тип колосниковой решетки		мех. обратного хода
2	Ширина колосниковой решетки	мм	2700
3	Длина колосникового полотна	мм	5600
4	Активная площадь топки	м <sup>2</sup>	13,4

Продолжение таблицы 3 - Технические характеристики топки ТЧЗМ 2,7/5,6

5	Коэффициент избытка воздуха в топке		не более 1,35-1,5
6	Диапазон изменения нагрузки	%	25-100
7	Потери тепла: от химического недожога: от механического недожога:	%	0,5-0,7
8	Основной вид топлива		Каменный и бурый угли

**Описание водогрейных котлоагрегатов, установленных на АО «Каскад-энерго»**

Котел КВТС-20-150П стационарный водогрейный прямоточный с принудительной циркуляцией и поворотным экраном. Теплопроизводительность котла до 20 Гкал/ч, рабочее давление до 13 кгс/см<sup>2</sup>.



**Рисунок 12 – общий вид котла КВ-ТС-20-150 П**



*Таблица 4 - Технические характеристики котла КВ-ТС-20-150 П*

Номинальная теплопроизводительность	МВт/Гкал/ч	23,26/20
КПД брутто	%	83
Рабочее давление	МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	1,3 (13)
Расчетное давление на входе в котел	МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	2,5 (25)
Номинальная температура воды на входе в котел	°С	70
Номинальная температура воды на выходе из котла	°С	150
Номинальный расход воды через котел, не менее	т/ч	247
Диапазон регулирования теплопроизводительности	%	30 ÷ 100
Температура уходящих газов, не более	°С	230
КПД котла (брутто) на расчетном топливе	%	83,1
Расход топлива (каменный уголь)	кг/ч	4320
Гидравлическое сопротивление котла	МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	0,08 (0,8)
Аэродинамическое сопротивление газового тракта	мм вод. ст.	121

### **Технические характеристики Батарейных циклонов**

Для снижения вредного воздействия при выбросах дымовых газов на АО «Каскад-Энерго» применяется сухое пылеулавливание с осаждением твердых частиц под действием инертных сил.

Очистка дымовых газов осуществляется в батарейном блочном циклоне БЦ2-7х(6+5) на 77 элементов и БЦ-2-6х(4+3) на 42 элемента. Расход газа до 48800 м<sup>3</sup>/ч при скорости 4,5 м/сек и аэродинамическом сопротивлении элементов 60 мм вод. ст. (БЦ на 42 элемента) и до 73800 м<sup>3</sup>/ч при скорости 4,5 м/сек и аэродинамическом сопротивлении элементов 60 мм вод. ст. (БЦ на 77 элементов). Удаление уловленных частиц осуществляется через затвор типа «мигалка» на скребковый конвейер, а затем в канал шлакозолоудаления.

Батарейные циклоны БЦ-2-6х(4+3) представляют собой пылеулавливающий аппарат, составленный из большого количества параллельно установленных циклонных элементов, объединенных в одном корпусе и имеющих общие подвод и отвод газов, а также сборный бункер.

Корпус циклонов БЦ 2, как правило, выполняется секционированным для сохранения оптимальной скорости движения газов в циклонных элементах

при переменных нагрузках путем отключения соответствующих секций. Кроме того, секционирование уменьшает возможность ухудшения степени очистки газов за счет их перетока из одних элементов в другие через пылевой бункер, связанного с неодинаковым гидравлическим сопротивлением отдельных элементов (неодинаковостью из изготовления и неравномерным распределением газа по отдельным элементам), неодинаковой "пылевой нагрузкой" на элементы. Конфигурация камер подвода заполненного и отвода очищенного газа чаще всего бывает клиновидная.

Батарейный циклон БЦ-2-6х(4+3) состоит из

- Выхлопных труб с закручивающими лопатками;
- Набора циклонных элементов, опоры и решётки;
- Кожуха и верхней панели с теплоизоляцией;
- Присоединительного патрубка;
- Бункера.

Циклоны БЦ-2-6Х(4+3) имеют в своём составе две параллельно работающие секции. При небольших нагрузках с помощью шибера отключают одну из секций. На верхней панели находится предохранительный клапан.

Применение в конструкции циклонов данного типа чугунных элементов в качестве корпуса завихрителя, позволяет минимизировать абразивный износ стенок закрученным газовым потоком и, соответственно, значительно увеличить срок службы.

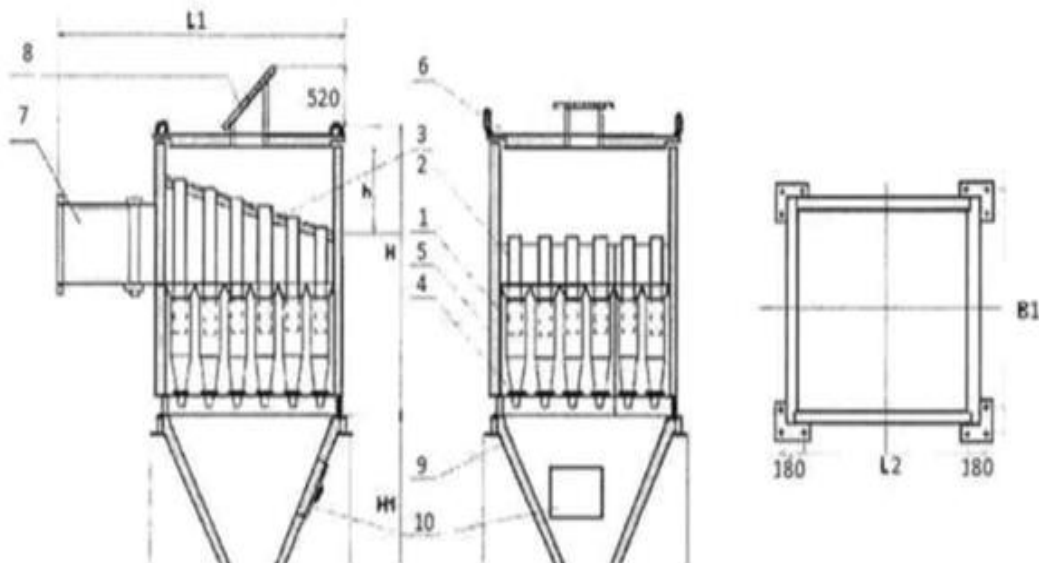
### **Принцип работы батарейного циклона БЦ-2-6х(4+3)**

Число циклонных элементов в батарейном циклоне для данного котельного агрегата определяется входной скоростью, которую рекомендуется принимать в пределах 20 - 25 м/с. Аэродинамическое сопротивление батарейных циклонов высокое 80 - 90 кгс/м<sup>2</sup>.

Запыленный газ попадает в секции циклона БЦ-2-6х(4+3) общим потоком, равномерно распределённым по всему входному сечению. Из этого потока запыленный газ подводится в элементы и начинает вращение из-за лопаток закручивающего аппарата. Двигаясь по инерции прямо, твердые

частицы золы прижимаются к корпусу циклонного элемента и спускаются по конической части корпуса вместе с газовым потоком. Благодаря спиральному вихревому движению образуется пониженное давление в середине циклонного элемента, в результате поток газов из нижней части конуса меняет направление движения и идет вверх по центру корпуса циклонного элемента, направляясь в трубу для выхлопов. Зола оседает вниз, откуда ее регулярно удаляют.

Чтобы батарейный циклон БЦ 2 нормально функционировал нужно поддерживать постоянное сопротивление при наименьшей нагрузке котла не менее двадцати килограмм на метр квадратный. Для этого необходимо отключать одну из секций, не допускать подсосов воздуха извне и переполнения бункера золой. Кроме того, нужно полностью выгружать из бункера уловленную золу при остановке котла.



**Рисунок 13 – Циклон БЦ-2-6x(4+3)**

**1-циклонный элемент чугунный; 2-выхлопная труба с завихрителями; 3-доска верхняя; 5-корпус; 6-крышка; 7-входной патрубок с шибером; 8-предохранительный клапан; 9-бункер; 10-люк.**

Таблица 5 - Технические характеристики Батарейных циклонов установленных на АО «Каскад-энерго»

№ п/п	Наименование	Кол-во	Инв. №	Год выпуска	Примечание
1	Золоуловитель БЦ2-7х (5+3) котла КЕ 25-14 стац. №1	1	117242	1982	модернизирован в 2015 г. установлен БЦ-2-7х(6+5), введен в эксплуатацию
2	Золоуловитель БЦ2-7х (5+3) котла КЕ 25-14 стац. №2	1	117220	1982	модернизирован в 2015 г. установлен БЦ-2-7х(6+5), введен в эксплуатацию
3	Золоуловитель БЦ2-7х (5+3) котла КЕ 25-14 стац. №3	1	117105	1981	модернизирован в 2016г. установлен БЦ-2-7х(6+5), введен в эксплуатацию
4	Золоуловитель БЦ-2-6х(4+3) котла КВТС-20-150 стац. №4	2	117463	1974	план 2019 года
5	Золоуловитель БЦ2-7х (5+3) котла КЕ 25-14 стац. №5	1	117283	1975	модернизирован в 2016г. установлен БЦ-2-7х(6+5), введен в эксплуатацию
6	Золоуловитель БЦ-2-6х(4+3) котла КВТС-20-150 стац. №6	2	117619	1975	произведен монтаж БЦ-2-6х(4+3), в ноябре 2017 г. Введен в эксплуатацию.
7	Золоуловитель БЦ-2-6х(4+3) котла КВТС-20-150 стац. №7	2	117619	1975	план 2020 года
8	Золоуловитель БЦ-2-6х(4+3) котла КВТС-20-150 стац. №8	2	117619	1975	план 2019 года
9	Золоуловитель БЦ-2-6х(4+3) котла КВТС-20-150 стац. №9	2	117462	1977	план 2018 года
10	Золоуловитель БЦ-2-6х(4+3) котла КЕ 25-14 стац. №10	2	117619	1978	произведен монтаж БЦ-2-6х(4+3), в ноябре 2017 г. Введен в эксплуатацию.

В период с 2015 года АО «Каскад-энерго» проводит работы по модернизации батарейных циклонов. По разработанным проектам с увеличением золоулавливающих элементов выполнены работы по замене батарейных циклонов БЦ2-7х (5+3) на БЦ2-7х(6+5):

- 2015 год - на котлах КЕ 25-14 стац. №1, 2;
- 2016 год - на котлах КЕ 25-14 стац. №3,5.

В 2017 году выполнены работы по замене батарейных циклонов котлов КЕ 25-14 №10 и КВТС 20-150 №6. Для реализации природоохранных мероприятий запланировано дальнейшая замена батарейных циклонов в период 2018-2020 годов.

Достижение КПД золоуловителя до паспортных данных с целью снижения негативного воздействия на окружающую среду, уменьшение количества выбросов вредных загрязняющих веществ в атмосферный воздух  $\approx$ 10-20%.

В связи с исторически сложившимися условиями географического расположения станции, практически в центре города, для обеспечения экологической обстановки в городе на предприятии рассматривается несколько вариантов повышения качества системы очистки отходящих газов

На АО "Каскад-энерго" установлены котлы КЕ-25-14 двух барабанный водотрубный на твёрдом топливе и КВТС-20 водогрейный котел, работающий на твёрдом топливе комплектуются топками типа ТЧЗМ, предназначенные для сжигания "расчетного топлива" с фракционным составом 5-40 мм и содержанием мелочи не более 10%.

Во-первых, исчерпан запас резерва мощности, установленная мощность АО «Каскад-энерго» 170 Гкал/час, располагаемая мощность 150 Гкал/час в настоящее время подключённая нагрузка с учётом перспективы выданных справок на теплоснабжение вновь подключаемых объектов 147 Гкал/час, что указывает на минимальный резерв тепловой мощности источника тепловой энергии для возможности подключения к системе

теплоснабжения АО "Каскад - энерго" объектов перспективного развития Анжеро-Судженского городского округа.

Во-вторых, устаревший парк установленного оборудования на станции АО "Каскад - энерго", что необходимо предпринимать меры по повышению установленной мощности за счёт обновления паркового ресурса, но исторически сложившееся место расположения станции (центр города) не позволяет расширять производственные площади, что наводит на мысль о внедрении более мощных единиц котлоагрегатов.

В-третьих, исторически сложившееся место расположения станции (центр города) не позволяет расширять производственные площади.

Для снижения негативного воздействия производства на окружающую среду рассматривался вопрос о возможности применения более современного оборудования:

- Мокрая очистка путем промывки (скрубберы Вентури, механические вращающиеся мокрые пылеулавливатели, пенные пылеуловители). К высокоэффективным золоуловителям, более широко используемым в отечественной промышленной энергетике, чем тканевые и электрические фильтры, относятся аппараты мокрой очистки дымовых газов — скоростные газопромыватели с турбулентными коагуляторами Вентури конструкции ОРГРЭС-ВТИ. Степень очистки газов в установках этого типа может составлять 92-97% в зависимости от степени орошения (т. е. расхода впрыскиваемой воды) и скорости дымовых газов в горловине трубы Вентури (т. е. аэродинамического сопротивления). Однако следует иметь в виду, что возможность применения мокрой очистки газов, тем более при реконструкции котельных, достаточно ограничена. Необходимо наличие промплощадки для золоотвала, которая в случае АО «Каскад-энерго» отсутствует.

- Осаждение под действием электростатических сил (электрофильтры). В России электрическая очистка газов используется главным образом на крупных энергетических котлах на многозольном

топливе, использование электрофильтров в энергетике, целесообразное в ряде случаев с точки зрения экологии, требует, как правило, значительной реконструкции старых и сооружения новых помещений, так как габариты наименьшего из приемлемых к установке электрофильтров типа ЭГА составляют  $4,9 \times 9,3 \times 12,4$  м, а масса — 38,9 тонны.

Так же следует учитывать, что в связи с исторически сложившимися условиями географического расположения станции, в центре города, у АО «Каскад-энерго» отсутствует возможность расширения производственных площадей, которые требуются для установки более современного оборудования. Все структурные подразделения предприятия находятся на одной пром.площадке общей площадью 31646 м<sup>2</sup>, на которой расположены основные и вспомогательные здания и сооружения для производства и выработки тепловой и электрической энергии. В районе предприятия расположены:

- с севера – ветка железнодорожных путей АО «Анжеро-Судженское ПТУ»;
- с востока – здание Центра «Мои документы» (МФЦ);
- с юга – асфальтированная шоссейная дорога, здание Администрации Анжеро-Судженского городского округа, жилая зона;
- с запада - асфальтированная шоссейная дорога, здание филиала «Электросеть г.Анжеро-Судженска», АО «Кузбасская электросетевая компания» (г.Кемерово).

Проанализировав всю имеющуюся информацию по предприятию АО «Каскад-Энерго», можно сделать вывод о невозможности установки более современных систем очистки дымовых газов, т.к. физически невозможно их расположить из-за ограниченности пространства. Следовательно, единственно верный и экономически выгодный вариант – это сохранение сухого способа очистки дымовых газов, но с усовершенствованием существующей системы. Согласно плану модернизации батарейных циклонов

АО «Каскад-Энерго», предложена замена БЦ-2-6х на более новые БЦ-2-7х. Существенных изменений в образующихся выбросах это не произведет.

При сохранении сухого способа улавливания частиц необходимо рассмотреть варианты реконструкции системы золоулавливания:

- Для повышения КПД золоулавливания выполнить отсос дымовых газов из сборного бункера пыли.
- Увеличить количество циклонных элементов, соответственно изменить конструкцию подводящих и отводящих газоходов.
- Заменить существующие золоуловители на современные батарейные циклоны КПЗУ-45 (комплекс пыле- и золоулавливания)

Предприятие географически расположено в центре города, поэтому необходимо максимально минимизировать выбросы от котельных. Для этих целей, с учетом всех особенностей АО «Каскад-Энерго», наиболее оптимальным решением будет установка КПЗУ-45. В сравнении с БЦ-2-7х, которые имеют степень очистки равную 84-86%, КПЗУ-45 в свою очередь имеют степень очистки равную 92-95%, к тому же рыночная стоимость составляет 650 т.р., в отличии от БЦ-2-7х, рыночная стоимость которого варьируется от 900 т.р. и выше.

Все выше перечисленное оборудование требует технико-экономического обоснования, для правильного выбора газоочистного оборудования и оценки затрат на модернизацию производства необходимо проведение предварительного обследования имеющего оборудования, параметров и режимов его работы, качественного и количественного состава вредных выбросов, понимания наличия свободных площадей, дополнительных ресурсов.

Для обоснования выбора установки рассмотрим и сравним КПЗУ-45 и БЦ-2-7х.

#### **КПЗУ-45 ООО «Томскгазоочистка»**

Батарейный циклон компании ООО «Томскгазоочистка» представляет собой трехступенчатый КПЗУ.



Принципиальная схема работы представлена на рисунке 14.

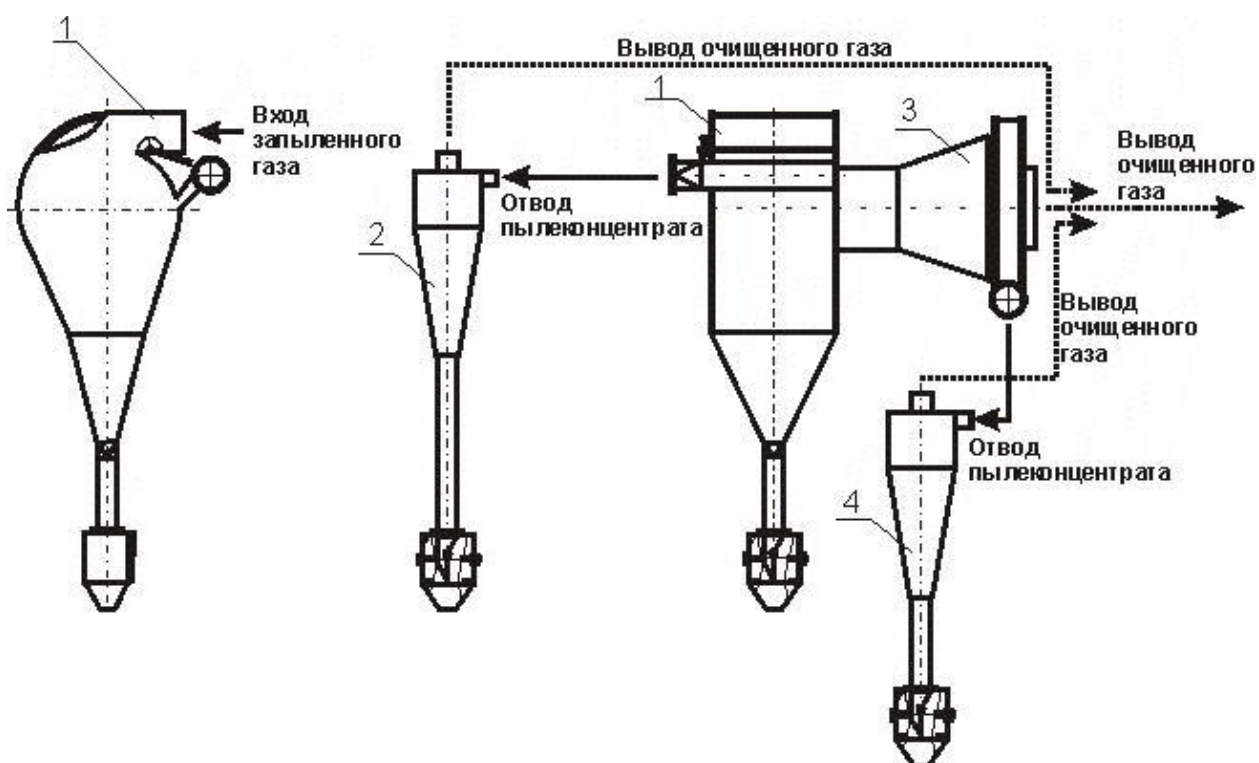


Рисунок 14 – принципиальная схема комплекса пыле- и золоулавливания

1 – разгрузитель-пылеконцентратор; 2 – выносной циклон разгрузителя-пылеконцентратора; 3 – конический пылеконцентратор; 4 – выносной циклон конического пылеконцентратора

### Принцип действия

Первая ступень пылеуловителя, представляет собой разгрузитель-пылеконцентратор (1). Часть пыли из разгрузителя-пылеконцентратора с газом отводится в выносной циклон по типу ЦН-11 или СК-ЦН-34М (2), представляющий собой вторую ступень очистки. Затем дымовые газы из разгрузителя-пылеконцентратора поступают в третью ступень очистки, представленную коническим пылеконцентратором (3), также снабженным выносным циклоном по типу ЦН-11 или СК-ЦН-34М (4). Очищенные газы

поступают в общий раскручиватель дымовых газов или сразу же в дымосос. Уловленные в пылеуловителе частицы поступают в стандартный гидрозатвор или пылевой затвор конструкции ООО "Томскгазоочистка". В последнем случае, сброс уловленных зольных частиц может осуществляться в бункер, на ленту, либо в шнек [10].

### Результаты промышленных испытаний

Результаты промышленных испытаний пылеуловителя КПЗУ-45 котла КЕ-10/14 представлены в таблицах 6 и 7.

Таблица 6 – результаты промышленных испытаний КПЗУ-45

Место измерения	Б, Па	Р ст., Па	t, С°	V <sub>р</sub> , дм <sup>3</sup> /мин	T, мин	V <sub>T</sub> , дм <sup>3</sup> /мин	m1, г	m2, г	Δm, г
До устан.	100108	590	227	10,7271	5	53,6353	21,674	21,8852	0,2112
							22,3765	22,5913	0,2148
							21,7312	21,9448	0,2136
							21,5804	21,7925	0,2121
							22,2139	22,4476	0,2337
За уст.	100108	1720	218	10,7996	5	53,9982	22,1415	22,1534	0,0119
							22,3427	22,3539	0,0112
							22,0881	22,0995	0,0114
							22,4577	22,4686	0,0109
							22,5662	22,5773	0,0111

Таблица 7 – результаты промышленных испытаний КПЗУ-45

Место измерения	Δm ср., г	z, г/м <sup>3</sup>	Z, г/м <sup>3</sup>	Q, м <sup>3</sup> /ч	G, г/с	Рд, Па	Рп, Па
До устан.	0,21708	4,0473	3,7235	44640	46,17	230	820
За уст.	0,0113	0,2093	0,1925	44800	2,40	600	2320

### Эффективность работы установки (К.П.Д.), %: 94,8295

Б - барометрическое давление атмосферного воздуха, Па

Р ст. - статическое давление газа (разрежение) в газоходе, Па

t - температура газа в газоходе, С°

V<sub>р</sub> - расход газа, протягиваемый через пробоотборный патрон, дм<sup>3</sup>/мин

T - Время отбора пробы, мин

V<sub>T</sub> = V<sub>р</sub> × t - расход газа, протягиваемого через патрон за время T,

дм<sup>3</sup>/мин

**m1, m2** - вес соответственно чистой и грязной пробы, г

**Δm** - привес пыли в проботборнике, г

**Δm ср.** - средний привес пыли

**z** - концентрация золы, г/м<sup>3</sup>

**Z** - концентрация золы с учетом погрешности, г/м<sup>3</sup>

**Q** - производительность установки, м<sup>3</sup>/ч

**G** - массовый расход золы, г/с

**Pд** - динамическое давление (разрежение) газа в газоходе, Па

**Pп** - полное давление (разрежение) газа в газоходе, Па

**P** - рабочее давление котла, кгс/см<sup>2</sup>

Все данные взяты с официального сайта производителя КПЗУ-45 ООО «Томскгазоочистка».

### **БЦ-2-7х ООО «РОСЭНЕРГОПРОМ»**

Батарейные циклоны БЦ-2-7х применяются в основном для котельных средней и малой производительности. БЦ-2-7х предназначены для сухого улавливания золы, уносимой дымовыми газами из топок паровых котлов производительностью 6,5-25 т/ч и водогрейных котлов производительностью 4-10 Гкал/ч при сжигании твердого золосодержащего топлива. Их устанавливают в газовом тракте после котла перед дымососом. В большинстве случаев циклоны БЦ-2-7х, устанавливаются в котельных с котлами типа КЕ, ДКВР, а также КВ-ТС.

### **Принцип действия**

Запыленный газ попадает в секции циклона БЦ-2-7х(5+3) общим потоком, равномерно распределённым по всему входному сечению. Из этого потока запыленный газ подводится в элементы и начинает вращение из-за лопаток закручивающего аппарата. Двигаясь по инерции прямо, твердые частицы золы прижимаются к корпусу циклонного элемента и спускаются по конической части корпуса вместе с газовым потоком. Благодаря спиральному вихревому движению образуется пониженное давление в середине циклонного элемента, в результате поток газов из нижней части конуса меняет

направление движения и идет вверх по центру корпуса циклонного элемента, направляясь в трубу для выхлопов. Зола оседает вниз, откуда ее регулярно удаляют [11]. Технические характеристики БЦ-2-7х представлены в таблице 8.

*Таблица 8 – Технические характеристики БЦ-2-7х*

Типоразмер	Кол-во элементов	Расход газа, м <sup>3</sup> /с	Габаритные размеры, мм			Масса, кг	Степень очистки газов, %
			Длина	Ширина	Высота		
БЦ-2-7Х(5+3)	56	13,58	3260	2450	4410	3500	85

Все данные взяты с официального сайта производителя БЦ-2-7х ООО «РОСЭНЕРГОПРОМ».

Проанализировав исходные данные, можно сделать вывод о том, что по степени очистки газов имеет преимущество установка КПЗУ-45.

Также для обоснования выбора установок КПЗУ-45 необходимо рассчитать плату за НВОС при действующих установках БЦ-2-7х и потенциальных КПЗУ-45. Для этого рассмотрим протокол результатов испытаний проб промышленных выбросов АО «Каскад-Энерго». Результаты представлены в таблице 9.

*Таблица 9 - Результаты испытаний проб промышленных выбросов*

Наименование ЗВ	Код ЗВ	Валовые выделения до очистки, т/г	Валовые выбросы: БЦ-2-7х, степень очистки 85.43%, т/г	Валовые выбросы: КПЗУ-45, степень очистки 95% (получено расчетным способом), т/г
Пыль неорганическая	2908	4255.5	620	212.75
Диоксид серы	0330	851.1	851.1	851.1
Диоксид азота	0301	488.8	488.8	488.8
Оксид углерода	0337	12.766	12.766	12.766

Разработанная установка КПЗУ-45 имеет ряд преимуществ перед своими аналогами, в частности перед БЦ-2-7х.

Были разработаны альтернативные решения для обеспыливания дымовых газов. КПЗУ имеет трехступенчатую систему пыле- и золоулавливания. Положительных результатов удалось достичь благодаря

вводу в систему газоочистки элементов, которые способствуют стабилизации процессов формирования дисперсных тел из отсепарированных частиц.

Принцип работы установки заключается в использовании вихревых разгрузителей- пылеконцентраторов для сбора пыли в небольшие объемы газа, которые в дальнейшем выделяются в одиночные высокоэффективные циклоны. Пылеконцентраторы обладают высокой пропускной способностью, за счет этого выделение пыли из объемов газа происходит в одиночных противоточных циклонах. Такое техническое решение позволяет создать установку небольших размеров, сравнительно аналогов, способную осуществлять очистку необходимых объемов газа.

Необходимо отметить, что срок работы аппарата больше аналогичных, т.к. внутренняя поверхность разгрузителя покрыта абразивоустойчивым материалом – чугуном. Устройства, регулирующие поток на разгрузителе-пылеконцентраторе, позволяют проводить очистку дымовых газов в зависимости от нагрузки котла. Эффективность очистки дымовых газов установки КПЗУ-45 составляет 95%, рабочая производительность до 45 000 м<sup>3</sup>/час, гидравлическое сопротивление, в зависимости от нагрузки котла, составляет до 2000 Па [12].

### **Глава 3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

При выборе обезвреживания выбросов предпочтение отдаётся той, схеме, для реализации которой необходимы минимальные капитальные и эксплуатационные затраты, а также затраты на электроэнергию, на реагентное хозяйство, в ряде случаев и затраты на обращение с образующимися в ходе очистки отходами.

Предприятие географически расположено в центре города, поэтому необходимо максимально минимизировать выбросы от котельных. Для этих целей, с учетом всех особенностей АО «Каскад-Энерго», наиболее оптимальным решением будет установка КПЗУ-45. В сравнении с БЦ-2-7х, которые имеют степень очистки равную 84-86%, КПЗУ-45 в свою очередь имеют степень очистки равную 92-95%

Все выше перечисленное оборудование требует технико-экономического обоснования, для правильного выбора газоочистного оборудования и оценки затрат на модернизацию производства необходимо проведение предварительного обследования имеющего оборудования, параметров и режимов его работы, качественного и количественного состава вредных выбросов, понимания наличия свободных площадей, дополнительных ресурсов.

Следует также учитывать, что в связи с исторически сложившимися условиями географического расположения станции, в центре города, у АО «Каскад-энерго» отсутствует возможность расширения производственных площадей, которые требуются для установки более современного оборудования. Все структурные подразделения предприятия находятся на одной пром.площадке общей площадью 31646+62,26 м<sup>2</sup>, на которой расположены основные и вспомогательные здания и сооружения для производства и выработки тепловой и электрической энергии.

### **3.1 Анализ конкурентных технических решений**

Рассмотрим основных поставщиков батарейных циклонов БЦ-2-7х и КПЗУ-45, на основе их анализа будет сделан выбор в пользу одного из производителей.

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- Технические характеристики разработки;
- Конкурентоспособность разработки;
- Уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- Бюджет разработки;
- Уровень проникновения на рынок;
- Финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты. Оценочная карта сравнения конкурентов представлена в таблице 7.

#### **Общая информация о компаниях**

##### **1) ООО «Томскгазоочистка»**

Предприятие уже в течение ряда лет занимается индивидуальной разработкой и изготовлением уникальных высокоэффективных инерционных

пылеуловителей (одиночных циклонов, групповых циклонов, батарейных циклонов).

Основные преимущества изделий перед конкурентами:

- Гарантированная эффективность пылеулавливания до 98%;
- Возможность изготовления изделий в износостойком исполнении

с низкой себестоимостью.

Разработки:

1. Высокоэффективный батарейный циклон (БЦ) конструкции ООО "Томскгазоочистка" с гарантированной эффективностью до 95-98%, гидравлическим сопротивлением 1500 Па, максимальной производительностью по газам до 2,5 млн. куб.м./час.

2. Двойной циклон конструкции ООО «Томскгазоочистка» с гарантированной эффективностью до 95-98%, гидравлическим сопротивлением 1500 Па.

3. Групповой циклон конструкции ООО «Томскгазоочистка» с гарантированной эффективностью до 95-98%, гидравлическим сопротивлением 1500 Па.

4. Пылеуловитель напорного пневмотранспорта цемента.

5. Модернизация существующих батарейных циклонов (БЦ) с доведением до проектной эффективности.

6. Системы аспирации с устойчивым процессом сепарации частиц.

7. Установка дожигания сажи, предназначенная для видимого снижения выбросов сажных частиц («белый дым»).

## **2) ООО «РОСЭНЕРГОПРОМ»**

Котельный завод "Росэнергопром" - осуществляет проектирование, производство и монтаж котельного оборудования для производственных и отопительных котельных, имеет богатый опыт в разработке и проектировании и изготовлении котельного оборудования на всех видах топлива.

Экологическую безопасность работы отопительных и производственных котельных обеспечивают циклоны и золоуловители, выпускаемые Котельный завод "РОСЭНЕРГОПРОМ".

## **Сравнительная оценка конкурентов**

Для оценки конкурентных методов была выбрана шкала от 1 до 5, где:

1. Наиболее слабая позиция;
2. Ниже среднего, слабая позиция;



3. Средняя позиция;
4. Выше среднего, сильная позиция;
5. Наиболее сильная позиция.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \times B_i \quad (3.1)$$

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

Оценочная карта сравнения конкурентов представлена в таблице 10.

Таблица 10 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		$B_{K1}$	$B_{K2}$	$K_{K1}$	$K_{K2}$
1	2	3	4	5	6
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>					
1. Повышение производительности труда пользователя	0,13	4	3	0,52	0,39
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,14	5	4	0,7	0,56
3. Энергоэкономичность	0,06	4	3	0,24	0,18
4. Надежность	0,13	4	2	0,52	0,26
5. Уровень шума	0,05	3	4	0,15	0,2
6. Безопасность	0,12	4	4	0,48	0,48
7. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,15	5	4	0,75	0,6
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>					
1. Цена	0,07	5	3	0,35	0,21
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	5	5	0,3	0,3
3. Послепродажное обслуживание	0,09	4	3	0,36	0,27
<b>Итого</b>	<b>1</b>	43	35	<b>4,37</b>	<b>3,45</b>

Проанализировав оценочную карту сравнения конкурентов, можно сделать вывод, что поставщик №1 (ООО «Томскгазоочистка») является конкурентоспособным и имеет преимущества по таким показателям, как функциональная мощность, цена, удобство в эксплуатации и повышение производительности труда. Основными критериями для выбора данного поставщика являются относительно очень низкая цена и лучшая производительность.

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

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

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

**Интегральный финансовый показатель** разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (3.2)$$

где

$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  - интегральный показатель финансовой разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

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

В данной работе рассматриваются два батарейных циклона марок: БЦ-2-7х и КПЗУ-45. Аналогом в данном случае выступает установка золоулавливания КПЗУ-45. По данным компании ООО «РОСЭНЕРГОПРОМ» стоимость БЦ-2-7х составляет 990 т.р. По данным компании ООО «Томскгазоочистка» стоимость КПЗУ-45 составляет 650 т.р.

По формуле 3.2 найдем интегральный финансовый показатель для фактического варианта исполнения (БЦ-2-7х) и аналога (КПЗУ-45).

$$I_{\text{ф}}^p = \frac{990000}{990000} = 1; I_{\text{а}}^p = \frac{650000}{990000} = 0,656;$$

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

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

$$I_{pi} = \sum a_i \times b_i \quad (3.3)$$

где

$I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 11).

*Таблица 11 - Сравнительная оценка вариантов исполнения проекта*

<b>Критерии</b>	<b>Весовой коэффициент параметра</b>	<b>Фактический (текущий) проект</b>	<b>Предлагаемый аналог</b>
1. Способствует росту производительности труда	0,3	3	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	3	4
3. Безопасность	0,1	5	5
4. Энергосбережение	0,1	3	4
5. Надежность	0,3	4	4
Итого	1	18	22

Основываясь на данных таблицы, показатели ресурсоэффективности текущего проекта (БЦ-2-7х) и аналога (КПЗУ-45) принимают следующие значения по формуле 3.3:

$$I_{тп} = 3 \times 0.3 + 3 * 0.2 + 5 \times 0.1 + 3 \times 0.1 + 4 \times 0.3 = 3.5$$

$$I_{\text{ан}} = 5 \times 0.3 + 4 \times 0.2 + 5 \times 0.1 + 4 \times 0.1 + 4 \times 0.3 = 4.4$$

Интегральный показатель эффективности разработки и аналога определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}, I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a} \quad (3.4)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a} \quad (3.5)$$

где

$\mathcal{E}_{\text{ср}}$  – сравнительная эффективность проекта;

$I_{\text{финр}}^p$  – интегральный технико-экономический показатель текущего проекта;

$I_{\text{финр}}^a$  – интегральный технико-экономический показатель аналога;

Расчёт сравнительной эффективности проекта, а также технико-экономических параметров представлен в таблице 12.

Таблица 12 - Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Текущий проект (БЦ-2-7х)	Предлагаемый аналог (КПЗУ-45)
Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,656
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,5	4,4
Интегральный показатель эффективности	3,5	6,707
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,28	

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной технической задачи с позиции финансовой и ресурсной

эффективности. Как видно из таблицы, установка комплекса золоулавливания КПЗУ-45 выгоднее установки батарейных циклонов БЦ-2-7х, как с финансовой стороны, так и со стороны ресурсоэффективности.

## **Глава 4. Социальная ответственность**

### **Введение**

АО «Каскад-энерго» осуществляет свою деятельность в отрасли выработки электрической и тепловой энергии, является одним из основных предприятий, обеспечивающих тепловой энергией и горячей водой объекты жилищно-коммунальной инфраструктуры города Анжеро-Судженска.

Работа обслуживающего персонала котельной площадки всегда сопряжена с множеством опасных производственных факторов и риском возникновения ЧС.

Основной целью данной работы является оценка основных вредных и опасных факторов производственной среды оператора по обслуживанию комплексных систем золоулавливания.

В данном разделе приведен анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в рабочей зоне персонала, занятого в технологическом процессе обслуживания комплексных систем золоулавливания. Также в данном разделе рассмотрены следующие вопросы:

1) организация оптимальных условий труда рабочей зоны персонала, занятого в технологическом процессе обслуживания комплексных систем золоулавливания;

2) определение оптимальных условий труда для персонала – анализ вредных и опасных факторов производственной среды, а так же предложения по сведению показателей данных факторов к возможному минимуму.

## 4.1 Производственная безопасность объекта

### 4.1.1 Анализ вредных и опасных факторов производственной среды

Перечень факторов представлен в таблице 13.

Таблица 13 – Опасные и вредные факторы при реализации технологического процесса обслуживания батарейных циклонов

Наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)[13]		Нормативные документы
	вредные	опасные	
1. Обслуживание комплекса золоуловителей 2. Регулирование режима работы сооружений 3. Очистка распределительных устройств 4. Производство профилактического и текущего ремонтов сооружений и механизмов	1. Отклонение показателей микроклимата 2. Напряженность труда 3. Тяжесть труда 4. Повышение уровней шума и вибрации	1. Механический фактор 2. Электрический ток	ГН 2.2.5.1313-03[14] СанПиН 2.2.4.548-96[15] ГОСТ 12.1.003 – 2014[16] ГОСТ 12.1.012-2004 [17] ГОСТ 12.2.032-78[18] ГОСТ 12.2.033-78[19] ГОСТ 12.1.005–88[20] ГОСТ 12.2.003-91[21] ГОСТ 12.3.006-75[22] СП 52.13330.2016[23]

#### Повышенная влажность воздуха

Учитывая специфику работы, основными показателями микроклимата, которые необходимо регулировать, являются повышенная температура и влажность воздуха.

Повышенная влажность воздуха постоянно присутствует в рабочей зоне. Это обусловлено непрерывной и непосредственной работой со сточными водами в процессе технического обслуживания станций водоочистки.

Влажность воздуха оказывает большое влияние на терморегуляцию организма сотрудника. Повышенная влажность затрудняет терморегуляцию организма, особенно если температура воздуха рабочей зоны превышает 30°C.

Перечень оптимальных условий микроклимата по данному параметру представлен в таблице 14 [15].

### **Повышенная температура воздуха**

Повышенная температура обусловлена постоянной работой механизмов очистной станции, в результате чего от их нагрева происходит нагрев воздуха рабочей зоны в непосредственной близости к очистной станции. Перечень оптимальных условий микроклимата по данному параметру представлен в таблице 14 [15].

В связи с этим рекомендуется провести ряд мер по снижению вредного воздействия на рабочих:

- Рациональное размещение оборудования. Основные источники тепла располагают непосредственно под аэрационным фонарем, у наружных стен здания и в один ряд, чтобы тепловые потоки от них не перекрещивались на рабочих местах.

- Проведение работ с использованием дистанционного управления и дистанционного наблюдения (защита «расстоянием»).

- Использование тепловой изоляции оборудования различными видами теплоизоляционных материалов;

- Использование теплозащитных экранов;

К организационным относятся мероприятия по защите «временем» (разработка оптимального режима труда и отдыха работающих).



Таблица 14 – оптимальные и допустимые нормы температуры и относительной влажности воздуха

Период года	Категория работ	Температура, °С			Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		Оптимальная	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая
Холодный	Средней тяжести - IIБ	17 - 19	15,0 - 16,9	19,0 – 22,0	40-60	75	0,2	0,2-0,4
Теплый	Средней тяжести - IIБ	19 - 21	16,0 – 18,9	21,1 – 27,0	40-60	70 (при 25°С)	0,2	0,2-0,5

### Напряженность и тяжесть труда

Данные факторы по природе своего действия относятся к психофизиологическим факторам. Осуществление технологического процесса обслуживания комплексных систем золоулавливания связано с выполнением сложных задач по управлению оборудованием. Рабочие несут ответственность за функциональное качество своей основной работы, а также за безопасность других лиц.

Для рабочих, занятых в технологическом процессе обслуживания комплексных систем золоулавливания характерны физические перегрузки на позвоночник и конечности, связанные с постоянным движением и преимущественно работой в положении стоя. Помимо основного вида деятельности рабочие иногда вынуждены выполнять ремонтные работы, при которых более 60% времени они проводят в неудобных, вынужденных позах. Профилактические меры должны включать физиолого-эргономические требования к снижению тяжести и напряжённости трудовых процессов, например: снижение тяжести труда путём механизации и автоматизации

трудоёмких операций; изменения интенсивности работы; правильной организации рабочего места; смены видов деятельности; чередования производственных операций; введения рационального режима труда и отдыха; повышения уровня профессиональной подготовки; организация рабочего места, основное и вспомогательное оборудование, органы управления, средства отображения информации, рабочие кресла, средства технологической и организационной оснастки при соблюдении общих эргономических требований должны обеспечить безопасность, быстроту и экономичность трудовых действий и технического обслуживания оборудования в нормальных и аварийных условиях, и др.

### **Повышенный уровень шума на рабочем месте**

Для теплоэнергетического оборудования характерны механические, аэродинамические и гидродинамические шумы – неупорядоченное распространение звуков разной интенсивности и чистоты, оказывающих неблагоприятное воздействие на организм человека. В котельной значительный шум вызывает аэродинамические причины, к ним относятся:

- Резкие перепады давления в трубопроводе;
- Работа предохранительных клапанов;
- Пробивание прокладок фланцевых соединений;
- Движение газов в трубах с большой скоростью.

Повышенный уровень производственного шума на рабочем месте оказывает вредное воздействие на организм человека: снижается острота слуха, зрения, нарушается деятельность сердечно-сосудистой системы. Сильный производственный шум может быть причиной функциональных изменений нервной, кровеносной, а также пищеварительной систем организма человека.

Уровень шума в производственных помещениях не должен превышать 80 дБА [16].

В котельной, с целью снижения уровня шума, проводят следующие мероприятия:

- Улучшение режима эксплуатации оборудования;

- Центровка и балансировка механизмов;
- Наложение шумовой изоляции (шумозащитные кожухи).

Помимо мер технологического и технического характера, широко применяются средства индивидуальной защиты – антифоны, выполненные в виде наушников, заглушек – вкладышей и шлемов.

### **Повышенный уровень вибрации**

Представляет собой механическое колебательное движение, простейшим видом которого является гармоническое колебание.

На оператора котельной в производственных условиях действует общая вибрация 3 А категории (на постоянных рабочих местах производственных помещений предприятий).

Длительное воздействие вибрации приводит к различным нарушениям здоровья человека и, в конечном счете, к "вибрационной болезни". Общая вибрация оказывает неблагоприятное воздействие на нервную систему, наступают изменения в сердечно-сосудистой системе, вестибулярном аппарате, нарушается обмен веществ.

Нормативные значения технологической вибрации на постоянных рабочих местах производственных помещений предприятия (категория 3 А) указаны в таблице 15 [17]:

*Таблица 15 - Нормативные значения технологической вибрации*

Среднегеометрическая частота (корректированный уровень)	Весовой коэффициент	Нормативные значения уровня виброскорости, дБ
$z - 2$	- 16	108
$z - 4$	- 7	99
$z - 8$	- 1	93
$z - 16$	0	92
$z - 31,5$	0	92
$z - 63$	0	92
Корректированный уровень (ось z)		92

Для устранения вибрации котлы смонтированы на самостоятельных фундаментах, виброизолированных от пола. Все трубопроводы проходят на достаточном расстоянии от стен и соседних трубопроводов.

В качестве индивидуальных средств защиты от вибрации применяются гасящие вибрацию рукавицы и специальная обувь.

#### **4.1.2 Опасные производственные факторы**

##### **Механический фактор**

Данный фактор относится к физическим опасным факторам. Во время обслуживания комплексных систем золоулавливания существует опасность травмирования персонала движущимися механизмами и устройствами, подвижными частями производственного оборудования. Для того, чтобы избежать травмирования персонала, необходимо своевременно проводить инструктажи с рабочей сменой, повышать осознанность рабочих в вопросах безопасности труда.

##### **Электрический ток**

Станции комплексных систем золоулавливания имеют сетевое питание, таким образом, в рабочей зоне персонала существует повышенное значение напряжение в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека. Для обеспечения безопасности и минимизации данного опасного фактора питающий кабель дополнительно изолируется. Также рабочий персонал проходит инструктаж и обязательное обучение по оказанию первой помощи при поражении электрическим током.

#### **4.2 Экологическая безопасность**

На заре развития отечественной индустрии, 70 лет назад, основная ставка была сделана на крупные ТЭЦ. В то время о влиянии ТЭЦ на окружающую среду задумывались мало, так как первоочередной задачей было получение электроэнергии и тепла. Технология производства электрической энергии на ТЭЦ связана с большим количеством отходов, выбрасываемых в окружающую среду. Сегодня проблема влияния энергетики на природу

становится особенно острой, так как загрязнение окружающей среды, атмосферы и гидросферы с каждым годом всё увеличивается. Если учесть, что масштабы энергопотребления постоянно увеличиваются, то и соответственно увеличивается отрицательное воздействие энергетики на природу.

В данном проекте рассматривается воздействие предприятия АО «Каскад-Энерго» на атмосферу.

### **Воздействие на атмосферу**

При сжигании топлива на ТЭЦ образуются продукты сгорания, в которых содержатся: летучая зола, частички несгоревшего пылевидного топлива, серный и сернистый ангидрид, оксид азота, газообразные продукты неполного сгорания. При зажигании мазута образуются соединения ванадия, кокс, соли натрия, частицы сажи. В золе некоторых видов топлива присутствует мышьяк, свободный диоксид кальция, свободный диоксид кремния. При переходе с твёрдого на газовое топливо себестоимость вырабатываемой электроэнергии значительно возрастает, однако здесь есть и свои плюсы, при использовании сжиженного газа не образуется золы, но такой переход не решает главную проблему - загрязнение атмосферы. Дело в том, что при сжигании газа, как и при сжигании мазута, в атмосферу попадает окись серы, а по количеству выбросов оксидов азота при сжигании газ почти не уступает мазуту. Продукты сгорания, попадая в атмосферу, вызывают выпадение кислотных дождей и усиливают парниковый эффект, что крайне неблагоприятно сказывается на общей экологической обстановке.

В данной работе рассматривается установка более современного оборудования по очистке дымовых газов. При установке предложенных комплексных пыле- золоуловителей КПЗУ-45 степень очистки дымовых газов увеличится на 8-10%. Данное мероприятие позволит снизить негативное воздействие на окружающую среду от предприятия АО «Каскад-Энерго».

Воздействие производства предприятия АО «Каскад-Энерго» на атмосферу возможно также уменьшить при помощи следующих мероприятий:

- Контроль степени очистки дымовых газов;

- Модернизация комплексных систем золоулавливания;
- Использование топлива лучшего качества;

#### **4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Так как технологический процесс связан со сжиганием топлива, то возможный источник пожара в котельной – это утечка топлива из газопровода и образование взрывоопасной газовой смеси.

Действующим нормативным документом является:

Согласно ГОСТ 12.1.004-91 "ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования", проектируемая котельная по пожарной безопасности относится к категории " Г ", по огнестойкости строительных конструкций степень огнестойкости здания котельной II, класса В – 1А.

Категория "Г" означает негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, горючие газы и жидкости, которые сжигаются в качестве топлива. Класс В – 1А – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров легко воспламеняющихся жидкостей с воздухом не образуется, а образование таких смесей возможно только в результате аварий и неисправностей.

Источниками пожара могут быть утечка и скопление газа в котельной; неисправности электрооборудования, осветительных приборов; выход из строя приборов автоматики. При нарушении целостности газопроводов уходящих газов, или при разрушении обшивки и обмуровки котла, уходящие газы, имеющие высокую температуру, могут послужить причиной пожара

Для предупреждения образования взрывоопасных газовой смеси большое значение имеет контроль воздушной среды производственного помещения. Наиболее прогрессивен контроль воздушной среды производственных помещений автоматическими сигнализаторами до взрывных концентраций. При включении предупредительной сигнализации и

аварийной вентиляции предусматривается автоматическое или ручное отключение всего или части технологического оборудования.

Для борьбы с пожаром котельная оборудована противопожарным инвентарем по существующим нормам противопожарной охраны.

В состав этого инвентаря входят:

- Пенные химические огнетушители;
- Порошковые огнетушители;
- Гидранты;
- Ящики с песком;
- Лопаты;
- Ведро.

Весь инвентарь расположен в доступном месте на входе в котельную.

Для быстрого вызова пожарной службы в котельной установлены извещатели и телефон.

#### **4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

##### **4.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства**

Так как работа на ТЭЦ связана со множеством вредных и опасных производственных факторов, избежать которых полностью не представляется возможным, рабочим, занятым в данном производстве, в соответствии с существующим законодательством, предоставляется право:

- На все предусмотренные законодательством Российской Федерации социальные гарантии.
- На дополнительный отпуск.
- На бесплатную выдачу специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты.
- На оплату дополнительных расходов на медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию в случаях повреждения

здоровья вследствие несчастного случая на производстве и получения профессионального заболевания.

- Требовать создания условий для выполнения профессиональных обязанностей, в том числе предоставления необходимого оборудования, инвентаря, рабочего места, соответствующего санитарно-гигиеническим правилам и нормам и т. д.

- Требовать от руководства организации оказания содействия в исполнении своих профессиональных обязанностей и осуществлении прав.

- Знакомиться с проектами решений руководства организации, касающимися его деятельности.

- Повышать свою профессиональную квалификацию.



## **Заключение**

В данной работе была рассмотрена система очистки дымовых газов котельного цеха АО «Каскад-Энерго». Установленные системы очистки дымовых газов являются устаревшими. Разработан проект по усовершенствованию систем очистки, т.е. замена батарейных циклонов БЦ-2-6х на более современные БЦ-2-7х. Целью работы была поиск альтернативного способа усовершенствования системы очистки дымовых газов. Была выбрана и технико-экономически обоснована система комплексного золоулавливания КПЗУ-45 компании ООО «Томскгазоочистка». Данная установка имеет лучшие показатели, в сравнении с проектной БЦ-2-7х, показатели по эффективности очистки, а также более экономически выгодна.

Подводя итог исследованию предприятия АО «Каскад-Энерго», можно сделать следующий вывод. Для реализации мероприятий по усовершенствованию системы газоочистки в котельной необходимо придерживаться принципа минимальных капитальных и эксплуатационных затрат, при максимальной эффективности системы очистки выбросов ГВС.

Полученные интегральные показатели финансовой и ресурсной эффективности, позволяют сделать вывод, что предложенная установка КПЗУ-45 является более выгодным решением по этим параметрам.

Модернизация системы очистки дымовых газов путем замены БЦ-2-6х на КПЗУ-45 значительно снизит статьи расходов по капитальным вложениям и ущербу окружающей среде.

В разделе «Социальная ответственность» рассмотрен котельный цех АО «Каскад-Энерго», его влияние на рабочий персонал и окружающую среду. Была рассмотрена типовая ЧС для данного производственного участка и приведены превентивные меры по предотвращению возникновения ЧС.

## Список литературы

1. Очистка и рекуперация промышленных выбросов: учебное пособие для вузов/В.Ф. Максимов, И.В. Вольф, Л.Н. Григорьев и др. Под ред. В.Ф.Максимова, И.В. Вольфа 2-е изд., перераб. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 640 с.
2. Справочник по пыле- и золоулавливанию. М.И. Биргер, А.Ю. Вальдберг, Б.И. Мягков. М.: Энергоатомиздат, 1983г. – 312 с.
3. Технология пылеулавливания. А.Ю. Вальдберг, Л.М. Исянов, Э.Я. Тарат, Л.: Машиностроение, 1985г. – 192с.
4. Григорьев Л.Н., Буренина Т.И. Охрана окружающей среды при проектировании (Атмосфера). Часть 1. Учебное пособие / 2004. 91 с.
5. Техника защиты окружающей среды, Родионов А.И., Клушин В.Н., Торочешников Н.С., 1989г.- 512 с.
6. Волков Э.П. Контроль загазованности атмосферы выбросами ТЭС. М.: Энергоатомиздат. 1986.
7. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области в 2016 году. –Кемерово,-2017, стр. 159
8. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др. Под ред. Ю.И. Дытнерского, 2-е изд., перераб. и дополн. М.: Химия, 1991. – 469 с.
9. Учебная практика: метод. указ. для студентов ИДО, обучающихся по направлению 280700 «Техносферная безопасность» / сост. Е.В. Ларионова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 21 с.
10. Батарейный циклон ООО "Томскгазоочистка" [Электронный ресурс] / ООО "Томскгазоочистка" URL: <http://www.cyclone-kpzu.ru/batarejnyj-ciklon-ooo-tomskgazoочистка/> Дата обращения: 07.05.2018 г.
11. Батарейный циклон Б-Ц-2-7х(5+3) [Электронный ресурс] / Котельный завод "РОСЭНЕРГОПРОМ" URL: <http://kvzr.ru/multicyclones-bc-2-7-5-3.html> (дата обращения: 07.05.2018).

12. Обеспыливание газов инерционными аппаратами: монография/ М.В. Василевский Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008.258 с.
13. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
14. ГН 2.2.5.1313-03. Химические факторы производственной среды. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
15. СанПиН 2.2.4.548-96. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы.
16. ГОСТ 12.1.003–2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.
17. ГОСТ 12.1.012–2004. Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования.
18. ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
19. ГОСТ 12.2.033-78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.
20. ГОСТ 12.1.005-88. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
21. ГОСТ 12.2.003-91. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
22. ГОСТ 12.3.006-75. Система стандартов безопасности труда. Эксплуатация водопроводных и канализационных сооружений и сетей. Общие требования безопасности.
23. СП 52.13330.2016 – Естественное и искусственное освещение.

24. Учебно-исследовательская работа: метод. указ. для студентов ИнЭО, обучающихся по направлению 280700 «Техносферная безопасность» / сост. Е.В. Ларионова; Томский политехнический университет.– Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014.– 21 с.
25. Волков А.И., Жарский И.М. Большой химический справочник - Мн.: Современная школа, 2005. - 608 с.
26. Волков Э.П. Контроль загазованности атмосферы выбросами ТЭС. М.: Энергоатомиздат. 1986.
27. Защита атмосферы от промышленных загрязнений. Справочник / Под ред. С. Калверта, Г.М. Инглунда. М.: Металлургия. 1988. Ч.І. 760 с.; Ч.ІІ. 711 с.
28. Справочник по контролю вредных веществ в воздухе, С.И. Муравьёва, Н.И. Казина, М.: Химия, 1988г., – 320 с.
29. Расчёт выбросов загрязняющих веществ при сжигании топлива в котлоагрегатах котельных. Методическое пособие Составители: Л.И. Бондалетова, В.Т. Новиков Н.А. Алексеев, Томск, 2000г. – 43с.
30. СанПиН 2.2.1./2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов»