

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

Институт электронного обучения

Специальность 280201 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов»

Кафедра Технология органических веществ и полимерных материалов

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
Проект сооружений очистки выбросов загрязняющих веществ ТЭЦ – 27 филиал ОАО «Мосэнерго»
УДК 621.311.22:628.51(470-25)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3 – 5Э01	Брусник Кристина Игоревна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Бондалетова Л.И.	к.х.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Рыжакина Т.Г.	доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Антоневич О.А.	доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой	Юсубов М.С.	д.х.н., профессор		

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



Институт электронного обучения

Специальность 280201 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов»

Кафедра Технология органических веществ и полимерных материалов

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

 (Подпись) _____ (Дата) Юсубов М.С.
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломного проекта

Студенту:

Группа	ФИО
3 – 5Э01	Брусник Кристина Игоревна

Тема работы:

Проект сооружений очистки выбросов загрязняющих веществ ТЭЦ – 27 филиал ОАО «Мосэнерго»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	От 28.01.2016 г. № 412/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

20.06.2016 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Очистные сооружения дымовых газов при сжигании природного газа и мазута на ТЭЦ – 27 филиал ОАО «Мосэнерго» Количество загрязненных газов при сжигании газа на входе в Денокс 604374,26 кг/ч Количество загрязненных газов при сжигании мазута на входе в циклон 326507,813 кг/ч
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение</i>	Источники загрязнения воздуха; методы очистки дымовых газов. Произвести расчет выбросов загрязняющих веществ, материального и теплового балансов; технологический, гидравлический и механический расчёт основного аппарата (каталитический реактор); в экономическом разделе произвести расчет капитальных вложений, расчет издержек по эксплуатации газоочистных установок, планирование калькуляции себе-

<i>по работе).</i>		стоимости очистки газа, расчет платы за выбросы. Дать оценку разработанному проекту.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>		1. Технологическая схема очистки дымовых газов; 2. Каталитический реактор. Вид общий; 3. Каталитический реактор. Сборочные единицы; 4. Схема расположения технологического оборудования; 5. Техничко-экономические показатели.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>		
Раздел	Консультант	
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Рыжакина Т.Г., доцент	
«Социальная ответственность»	Антоневич О.А., доцент	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:		
Реферат		

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	17.03.2016
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Бондалетова Л.И.	к.х.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3 – 5Э01	Брусник Кристина Игоревна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕ-
РЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Э01	Брусник Кристина Игоревна

Институт	Институт электронного обучения	Кафедра	Технология органических веществ и полимерных материалов
Уровень образования	Специалист	Направление/специальность	280201 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов»

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

1. Стоимость ресурсов проекта: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах. Использование расчетно-аналитического метода разработки норм расходования ресурсов.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала проекта	Рассмотрение, анализ и оценка проекта. Поиск наиболее эффективного решения
2. Разработка устава научно-технического проекта	Определение целей, ожиданий и требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления проектом: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Расчет стоимости оборудования, фонда оплаты труда. Расчет капитальных вложений. Расчет себестоимости очистки газовой смеси. Расчет платы за выбросы.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности проекта очистки дымовых газов

Перечень графического материала:

1. Проектная калькуляция себестоимости очистки газовой смеси.
2. Расчет технико-экономических показателей
3. Расчет количества образующихся отходов
4. Расчет платы за отходы
5. Расчет платы за выбросы после установки очистных сооружений

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических		

		наук		
--	--	------	--	--

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Э01	Брусник Кристина Игоревна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3 – 5Э01	Брусник Кристина Игоревна

Институт	Институт электронного обучения	Кафедра	Технология органических веществ и полимерных материалов
Уровень образования	Специалист	Направление/специальность	280201 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования и области его применения	Объект исследования: котельный цех №1 на предприятии ОАО «Мосэнерго» ТЭЦ – 27. В цехе происходит сжигание природного газа и мазута в котле ТГМЕ – 464 для производства пара высокого давления. Очистка дымовых газов проводится циклоном ЦБ -42 и каталитическим реактором Денокс в присутствии аммиачной воды.
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.	<i>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения:</i> - Отклонение показателей микроклимата рабочей зоны (температура воздуха, температура поверхностей, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, интенсивность теплового излучения). Они оказывают существенное влияние на самочувствие, функциональное состояние различных систем организма, здоровье и работоспособность. Нарушение теплообмена (перегрев или охлаждение) усугубляет действие на человека вредных веществ, вибрации и других производственных факторов. Нормирование в соответствии с СанПиН 2.2.4.548-96. В качестве коллективной защиты применяются: естественная вентиляция, датчики сигнализации ПДК углеводородов, максимальная герметизация оборудования, механическая вентиляция, отопление в холодное время года. К индивидуальным средствам защиты относятся спецодежда, спецобувь, каска. - Недостаточная освещенность рабочей зоны. Оказывает влияние на утомляемость рабочего, следовательно, на условия безопасности. Неправильное освещение является причиной несчастных случаев. В соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 для рабочего освещения в цехе достаточно 75 лк. - Шумы и вибрация. Оказывают влияние не только на организм человека, но и на окружающую среду. Длительное воздействие шума снижает остроту слуха и зрения, утомляет центральную нервную систему, понижает кровяное давление. Согласно ГОСТ 12.1.003-83 уровень шума не должен превышать 69 дБ. Под влиянием вибрации идет нарушение работы нервной системы, сердечной деятельности, спазмы сосудов. ГОСТ 12.1.012. - 90 и СН 2.2.4/2.1.8.566-96 являются основополагающими документами, которые устанавливают классификацию вибраций и санитарные нормы допустимых уровней вибрации. В качестве коллективных мер защиты используют жесткое присоединение агрегата к фундаменту, переход на безредукторные передачи, изолирование технологических процессов и работ, покрытие стен звукоизолирующим материалом. К индивидуальным средствам защиты относят спецодежду (например, наушники противoshумные). - Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны. Вредные вещества оказывают сильное токсическое действие на организм: проникают через дыхательные пути, ЖКТ, кожный покров. На коже могут оказывать локальное болезненное воздействие. Нормы определяются путем установления ПДК или ОБУВ на каждое вредное вещество отдельно согласно ГН 2.2.5.1313-03 - Психофизиологические производственные факторы приводят к развитию утомления и переутомления. Все это приводит к нарушению координации движений, зрительным расстройствам, рассеянности, потере бдительности и
---	--

1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.	как следствие к нарушению требований технологических инструкций. Для борьбы с усталостью стараются улучшить санитарно-гигиенические условия производственной среды. В качестве индивидуальных мер защиты организуют комфортное рабочее место, правильный ритм работы, внедряют рациональные режимы труда и отдыха. <i>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения</i> • <u>механические опасности</u> <i>Источники:</i> расположение рабочего места на высоте относительно пола; движущиеся машины и механизмы; острые кромки, заусенцы и неровности поверхностей оборудования, инструмента, инвентаря; <i>Средства защиты:</i> ограждение зон опасности, предохранительные пояса, верхолазные устройства, канаты страховочные, каски; предохранительные защитные устройства, блокировочные устройства, спецодежда, защитные очки; проверка исправности инструмента, соблюдение требований охраны труда, средства индивидуальной защиты. • <u>термические опасности</u> <i>Источники:</i> повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования. <i>Средства защиты:</i> теплоизоляция по СНиП 2.04.14-88, строгое соблюдение правил техники безопасности, термостойкие спецодежда, обувь, перчатки. • <u>электробезопасность</u> <i>Источники:</i> электрооборудование, освещение, молния <i>Средства защиты:</i> неукоснительное соблюдение правил электробезопасности, защитное заземление, зануление, применение блокирующих устройств, индивидуальные средства защиты (антиэлектростатическая обувь и перчатки), молниеприемники, молниеотводы. Молниезащита выполнена в соответствии с СН 305 – 77, защита от статического электричества в соотв. с ГОСТ 12.1.018-93. • <u>пожаровзрывобезопасность</u> <i>Причины:</i> пожаровзрывоопасные свойства природного газа и мазута, появление искры от электрооборудования, не соблюдение правил пожарной безопасности. <i>профилактические мероприятия:</i> проведение инструктажа среди рабочих о порядке работы с пожароопасными веществами и материалами, использование исправного электрооборудования. <i>первичные средства пожаротушения:</i> пожарные краны, оборудованные рукавами и стволами, лафетные установки и сухотрубы, песок, кошма, огнетушители ОПУ-5, ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8.
2. Экологическая безопасность:	Котельный цех № 1 ТЭЦ - 27 филиал ОАО «Мосэнерго» оказывает воздействие на атмосферу в виде выбросов загрязняющих веществ: оксиды азота (217,43 т/год), диоксиды азота (1338 т/год), оксиды углерода (2684,41 т/год), оксиды серы (392 т/год), мазутная зола (4,13 т/год) и бензпирен (0,030206 т/год). Данные выбросов указаны без учета очистки. Рассматриваемый цех не оказывает влияние на гидросферу и литосферу. В качестве защиты от шума на предприятии предусмотрено использование пластинчатых глушителей в газовоздушных трактах, звукопоглощающей изоляции, шумоглушителей на дефлекторах вентиляции и установлены акустические экраны. На воздушных линиях электропередач установлены экранирующие колонны с целью защиты от электромагнитного поля. В данном дипломном проекте мной были разработаны решения по уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, а именно были рассчитаны аппараты очистки: циклон ЦБ-42 для очистки газовых выбросов от мазутной золы и каталитический реактор Денокс подавления окислов азота. Вся проделанная работа соответствует нормам и стандартам действующим на территории Российской Федерации. Выбросы загрязняющих веществ не превышают норм, установленных ГН 2.2.5.1313-03, защита от шума соответствует ГОСТ 12.1.029-80.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Среди возможных ЧС при эксплуатации проектируемого решения можно выделить следующие:

	- производственная авария; - стихийные бедствия; - нападение противника, воздействие оружия массового поражения (гражданская оборона); Наиболее типичной и возможной ЧС является стихийное бедствие, т.к. на предприятии разработан полный комплекс мер по защите от производственных аварий путем установки приборов КИПиА, а нападение противника маловероятно т.к. объект находится в г. Москва. Стихийные бедствия возникают при бурях, ураганах, пожарах. Наиболее вероятно снежная буря. Мероприятия по защите: очистка крыш зданий от снега и сосулек, вывоз снега с территории предприятия, очистка прилегающей территории для свободного передвижения персонала и служебного транспорта, прохода к зданиям. При угрозе сильного, порывистого ветра привести все ремонтные службы в полную готовность, закрепить подъемные механизмы, оповестить все службы об угрозе, приготовиться к тушению пожара.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Основной закон в области обеспечения безопасности – Конституция РФ. Правовую основу обеспечения безопасности жизнедеятельности составляют законы и постановления, подзаконные акты, указы президентов, постановления правительства, местных органов власти и специально уполномоченных на то органов. Обеспечение необходимых условий труда и жизнедеятельности представлены законом РСФСР «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (1991 г.). Важнейшим законодательным актом, направленным на обеспечение экологической безопасности, является закон РФ «Об охране окружающей природной среды» (2002 г.). Правовые вопросы природопользования регламентируются как Конституцией РФ (ст. 9, 36, 42, 58, 72), так и Гражданским, Земельным и Водным кодексами РФ. Воздушная среда - Закон «Об охране атмосферного воздуха». Водная среда – Водный кодекс РФ. Землепользование – Земельный кодекс и Закон «О крестьянском (фермерском) хозяйстве» Недропользование – закон РФ «О недрах» Правовые нормы трудового законодательства представлены в Трудовом Кодексе РФ.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Антоневич Ольга Алексеевна	Кандидат биологических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3 – 5Э01	Брусник Кристина Игоревна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 152 страницы, 21 рисунок, 37 таблиц, 58 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: Очистные сооружения, сжигание природного газа, сжигание мазута, загрязненный воздух, каталитический реактор, абсорбция.

Объектом проектирования являются очистные сооружения ТЭЦ – 27 филиал ОАО «Мосэнерго», котельный цех №1.

Цель работы – разработка природоохранных мероприятий по очистке дымовых газов при сжигании жидкого и газообразного природного топлива. В результате проектирования рассчитано: циклон ЦБ - 42 и каталитический реактор Денокс. Рассчитана эффективность природоохранного мероприятия и срок его окупаемости, рассмотрен раздел «Социальная ответственность».

Основными конструктивными, технологическими и технико-эксплуатационными характеристиками являются: количество загрязненных газов при сжигании газа на входе в Денокс 604374,26 кг/ч, количество загрязненных газов при сжигании мазута на входе в циклон 326507,813 кг/ч. Экономия платы за выбросы при сжигании газа составляет рублей, при сжигании мазута - рублей. Плата за выбросы в результате внедрения природоохранных мероприятий при сжигании газа составила рублей, при сжигании мазута - рублей.

Область применения: при проектировании инженерных сооружений очистки дымовых газов при сжигании жидких и газообразных топлив на ТЭЦ–27 ОАО «Мосэнерго».

Дипломная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010 шрифтом Times New Roman 14 и представлена на бумажном и электронном носителях.

Abstract

Final qualifying work 152 pages, 21 figures, 37 tables, 58 sources, 1 app.

Key words: sewage Treatment plants, burning natural gas, burning oil, polluted air, the catalytic reactor, absorption.

The object of the design are treatment plant of CHP – 27, a branch of OJSC Mosenergo, boiler shop No. 1.

Goal – to develop environmental protection measures for cleaning flue gases when burning liquid and gaseous fossil fuels. The calculated result of design: the cyclone CB - 42 and the catalytic reactor Denoks. The calculated efficiency of environmental protection measures and the payback period discussed the category of "Social responsibility".

The basic constructive, technological and technical - operational characteristics are: the number of contaminated gases from the combustion gas at the inlet of DeNO_x 604374,26 kg/h, the amount of contaminated gases from the combustion of fuel oil at the entrance to the cyclone 326507,813 kg/h. Saving of fees for emissions from the combustion of gas is rubles, the combustion of oil - rubles. The fee for emissions from implementation of environmental measures by burning gas amounted to roubles, the combustion of oil - rubles.

Scope: when designing engineering structures, cleaning of flue gases when burning liquid and gaseous fuels in CHP–27 JSC "Mosenergo".

Thesis made in the text editor Microsoft Word 2010 in Times New Roman 14 and is presented on paper and electronic media.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

атмосферное загрязнение следует понимать присутствие в наружном воздухе различных газов и аэрозолей, которые неблагоприятно влияют на живые организмы, ухудшая их жизненные условия, и причиняют ущерб материальным ценностям;

вредное вещество - вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности может вызывать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами, как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений;

загрязняющее вещество – это загрязнитель, являющийся химическим веществом, или же соединением, которое попадает в окружающую природную среду извне в количествах превышающих, общее сбалансированное количество содержащихся в экосистемах химических элементов;

загрязняющие вещества в атмосфере – это все вредные вещества, природного или антропогенного происхождения, нарушающие свойства атмосферного воздуха;

твердые вещества (пыль) – мелкие твердые частицы органического или минерального происхождения;

очистка отходящих газов – целенаправленное изменение характеристик выбрасываемых в атмосферный воздух загрязненных газозоодушных смесей с использованием различных технических методов и средств;

каталитический реактор - аппарат для очистки газов и воздуха от вредных компонентов, которые при этом нейтрализуются или превращаются в соединения, легко удаляемые из газовой смеси;

концентрация вещества - отношение числа частиц компонента системы (смеси, раствора, сплава), его количества (молярная концентрация) или массы (массовая концентрация) к объему системы;

материальный баланс - равенство масс исходных и полученных веществ или масс определенного химического элемента в исходных и полученных веществах технологического процесса; уравнение материального баланса используется для технологических и теплотехнических расчетов

Обозначения и сокращения

ПДК – предельно-допустимая концентрация;

СЗЗ – санитарно-защитная зона

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 10585-2013 Топливо нефтяное. Мазут. Технические условия. вещества. Классификация и общие требования безопасности.
2. ГОСТ 12.1.007 – 76 Система стандартов безопасности труда. Вредные
3. ГОСТ 12.0.003-74 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
4. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
5. СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы
6. СанПиН 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных условиях.
7. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
8. СН 245-71 Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.

9. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
- 10.ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы.
- 11.МР 2.2.9.2311-07 Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности. Методические рекомендации.
- 12.ПОТ РМ 012-2000 Межотраслевые правила по охране труда при работе на высоте.
- 13.ГОСТ 12.4.026 – 2001 Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная.
- 14.СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение
- 15.ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности
- 16.ГОСТ 12.1.012. - 90 ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности.
- 17.ГОСТ 12.1.018-93 ССБТ. Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования.
- 18.ГОСТ 12.4.059-89 ССБТ. Строительство. Ограждения предохранительные инвентарные. Общие технические условия.
- 19.СНиП 2.04.14-88 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов.

Definitions, symbols, abbreviations, and normative references

In this work, we applied the following terms with respective definitions:

atmospheric pollution should understand the presence in the outdoor air of various gases and aerosols that adversely affect living organisms, worsening their living conditions, and damage to property;

harmful substance - a substance which upon contact with the human body in case of violation of safety requirements can cause occupational injuries, occupational diseases or variations in the health status detectable by modern methods, as in the process and in long-term period of life of present and future generations;

contaminant – a contaminant is a chemical or compound that gets into the environment from the outside in quantities exceeding a total balanced amount contained in ecosystems chemical elements;

pollutants in the atmosphere is all the harmful substances of natural or anthropogenic origin that violate the properties of atmospheric air;

solid substances (dust) – fine solid particles of organic or mineral origin;

the flue gas cleaning process – focused change in the characteristics of emitted into the atmospheric air polluted gas-air mixtures using various technical methods and means;

catalytic reactor - an apparatus for purification of gases and air from harmful components, which in this case neutralized or are transformed into compounds easily removed from the gas mixture;

the concentration of a substance is the ratio of the number of particles of the component system (mixture, solution, alloy), quantity (molar concentration) or mass (mass concentration) to the volume of the system;

material balance - the equality of the masses of the initial and obtained substances, or masses of a particular chemical element in the source and derived sub-

stances of the process; material balance equation is used to process and thermal calculations

Symbols and abbreviations

MAC – maximum allowable concentration;

SPZ – sanitary protection zone

Normative references

In the present work refers to the following standards:

1. GOST 10585-2013 Fuel oil. Fuel oil. Specifications. Classification and General safety requirements.
2. GOST 12.1.007 – 76 System of standards of occupational safety. Harmful
3. GOST 12.0.003-74 Hazardous and harmful production factors. Classification.
4. SanPiN 2.2.4.548-96 Hygienic requirements to microclimate of industrial premises
5. SN 2.2.4/2.1.8.566-96. Industrial vibration, vibration in residential and public buildings. Sanitary standards
6. The sanitary rules and norms 2.2.4.1191-03 Electromagnetic fields in industrial conditions.
7. SN 2.2.4/2.1.8.562-96 Noise at workplaces, in residential and public buildings and residential areas.
8. SN 245-71 Sanitary norms of design of industrial enterprises.
9. SanPiN 2.2.1/2.1.1.1278-03 Hygienic requirements to natural, artificial and combined lighting of residential and public buildings.
10. GN 2.2.5.1313-03 Maximum permissible concentration (MPC) of harmful substances in the air of working zone. Hygienic standards.
11. MP 2.2.9.2311-07 Prevention of stress of workers in different occupations. Methodical recommendations.
12. POT RM 012-2000 cross-industry rules on labor protection when working at height.

13. GOST 12.4.026 – 2001 System of standards of occupational safety. The signal colours, safety signs and signal marking.
14. SNiP 23-05-95 Natural and artificial lighting
15. GOST 12.1.003-83 SSBT. Noise. General safety requirements
16. The GOST 12.1.012. - 90 occupational safety standards. Vibration. General security requirements.
17. GOST 12.1.018-93 OCCUPATIONAL SAFETY STANDARDS. Fire and explosion safety of static electricity. General requirements.
18. GOST 12.4.059-89 OCCUPATIONAL SAFETY STANDARDS. Construction. The guards inventory. General technical conditions.
19. SNiP 2.04.14-88 Thermal insulation of equipment and pipelines.

Оглавление

Введение	20
1 Обзор литературы	22
1.1 Процессы образования загрязняющих веществ при сжигании органического топлива	22
1.1.1 Свойства и характеристики загрязняющих веществ	26
1.2 Методы очистки и обезвреживания отходящих газов. Оборудование для очистных сооружений	28
1.2.1 Очистка атмосферных выбросов от пыли	28
1.2.2 Очистка атмосферных выбросов от диоксида серы	29
1.2.3 Очистка атмосферных выбросов от оксида углерода	30
1.2.4 Очистка атмосферных выбросов от оксидов азота	31
1.2.5 Обработка газов методами адсорбции, абсорбции, конденсации	32
1.2.6 Очистка газов методом дожигания	36
1.2.7 Технологические методы защиты атмосферы от загрязнений	38
2 Характеристика производства	41
2.1 Общая характеристика производства	42
2.1.1 Мазутное хозяйство	43
2.1.2 Газовое хозяйство	44
2.2 Описание технологического оборудования	45
2.3 Описание технологической схемы процесса очистки дымовых газов	46
2.3.1 Сжигание природного газа	47
2.3.2 Сжигание мазута	49
2.4 Характеристика и свойства сырья и продукции	50
2.4.1 Характеристика и свойства природного газа	50
2.4.2 Характеристика и свойства мазута	53
2.4.3 Характеристика и свойства аммиачной воды	55
3 Инженерные расчеты	56

3.1	Расчет технологической схемы сжигания газа	56
3.1.1	Расчет выбросов загрязняющих веществ	56
3.1.2	Материальный баланс	60
3.1.3	Тепловой баланс	68
3.1.4	Аппаратурный расчет	72
3.1.5	Механический расчет	76
3.1.6	Подбор вспомогательного оборудования	80
3.2	Расчет технологической схемы сжигания мазута	81
3.2.1	Расчет выбросов загрязняющих веществ	81
3.2.2	Материальный баланс	90
3.2.3	Тепловой баланс	98
3.2.4	Аппаратурный расчет	103
3.3	Контроль производства и управления технологическим процессом	106
3.4	Аналитический контроль производства	110
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	113
4.1	Расчет капитальных затрат	113
4.2	Расчет затрат на эксплуатацию системы газоочистки	114
4.3	Расчет фонда оплаты труда	115
4.4	Расчет калькуляции себестоимости очистки газовых выбросов	119
4.5	Расчет платы за выбросы загрязняющих веществ	119
4.6	Экономическая оценка эффективности природоохранных мероприятий	121
4.7	Определение расчетного срока окупаемости капитальных вложений	124
5	Социальная ответственность	125
5.1	Профессиональная социальная ответственность.	125
5.1.1	Анализ вредных факторов, которые могут возникнуть на производстве	127
5.1.2	Анализ опасных факторов, которые могут возникнуть на производстве.	133

5.2 Экологическая безопасность	141
5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	142
5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	143
5.4.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства.	143
5.4.2. Организационные вопросы безопасности труда	144
Заключение	
Список используемых источников	

Приложение А

Графический материал

ФЮРА. 280201. 001ТЗ Схема технологическая

ФЮРА. 280201. 001ВО Вид общий, реактор каталитический

ФЮРА. 280201. 001СБ Сборочный чертеж, реактор каталитический

ФЮРА. 280201. 001Т7 План расположения оборудования

ФЮРА. 280201. 001ЭЧ Экономическая часть

Введение

Различные производственные процессы выбрасывают в окружающую среду твердые, жидкие и газообразные загрязняющие вещества. Постоянно увеличивающийся спрос на товары бытового назначения, увеличение потребления тепловой и электрической энергии, возрастающее количество автотранспорта приводят к наращиванию производственных мощностей. Как следствие возрастают выбросы загрязняющих веществ.

Среди проблем защиты окружающей среды наиболее острой и актуальной является охрана воздушного бассейна, так как даже небольшие объемы выбрасываемых загрязняющих веществ представляют особую опасность для природной среды и человека. Все вредные выбросы характеризуются высокой токсичностью, концентрированностью и значительным разнообразием.

В зависимости от вида деятельности предприятия и выпускаемой продукции, поступающие в воздух смеси могут иметь в своем составе оксиды серы, летучие органические соединения, соединения фтора, нитрозные газы, твердые вещества, хлористые соединения, сероводород и другие.

Региональный фактор и его учет очень важен для нашей страны, особенно в вопросах загрязнения. Неравномерное распределение предприятий приводит к концентрации выбросов недалеко от промышленных центров. Так, используя критерий загрязненности все экономические районы России можно разделить на наиболее неблагоприятные, неблагоприятные и благоприятные. Из таблицы 1 можно сделать вывод, что наиболее неблагоприятными являются районы: Северный, Уральский, Западно-Сибирский и Восточно-Сибирский.

Москва в рейтинге наиболее загрязненных городов Российской Федерации занимает 9 место [1]. Здесь, конечно, огромное количество загрязнителей в атмосферу поступает от автотранспортных средств: в зонах расположения светофоров и перекрестков, где передвижение транспортных средств происходит на малых скоростях и холостом ходу зафиксированы наибольшие объемы выбросов. Мусоросжигательные заводы, заводы по производству изделий из

полипропилена, производство кирпича, цементные заводы – приводят к ухудшению экологической обстановки в регионе в целом.

Таблица 1 – Выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников по регионам России (2013 г.) [1]

	Объем выбросов	
	млн. т.	в % к итогу
Российская Федерация в том числе:	18,7	100
Северный район	2,5	13
Северо-Западный район	0,4	2
Центральный район	1,2	7
Волго-Вятский район	0,4	2
Центрально-Черноземный район	0,5	3
Поволжский район	1,2	7
Северо-Кавказский район	0,4	3
Уральский район	4,5	23
Западно-Сибирский район	3,4	17
Восточно-Сибирский район	3,5	19
Дальневосточный район	0,9	5

Кроме вышеуказанных источников, выбросы в атмосферу загрязняющих веществ производятся предприятиями, чья производственная деятельность связана с выработкой тепловой и электрической энергий. Среди них объект данного дипломного проекта – ТЭЦ – 27 филиал ОАО «Мосэнерго».

В данном дипломном проекте мною были рассмотрены основные проблемы теплоэнергетической отрасли в области охраны окружающей среды и перспективные пути и стратегия их решения. Предложена технологическая схема очистки газовых выбросов от загрязняющих веществ, произведен расчет аппаратов очистки и экономической эффективности природоохранных мероприятий.

1 Обзор литературы

1.1 Процессы образования загрязняющих веществ при сжигании органического топлива

Все предприятия, которые вырабатывают электрическую и тепловую энергию на базе сжигания органических видов топлива, несомненно, оказывают отрицательное воздействие на водный и атмосферный бассейны. С уходящими газами электростанций в воздушный бассейн выбрасываются твердые и газообразные загрязнители, среди них такие вредные вещества как оксиды углерода, зола, оксиды азота и серы. Также в воздушный бассейн попадает большое количество водяных паров и диоксида углерода.

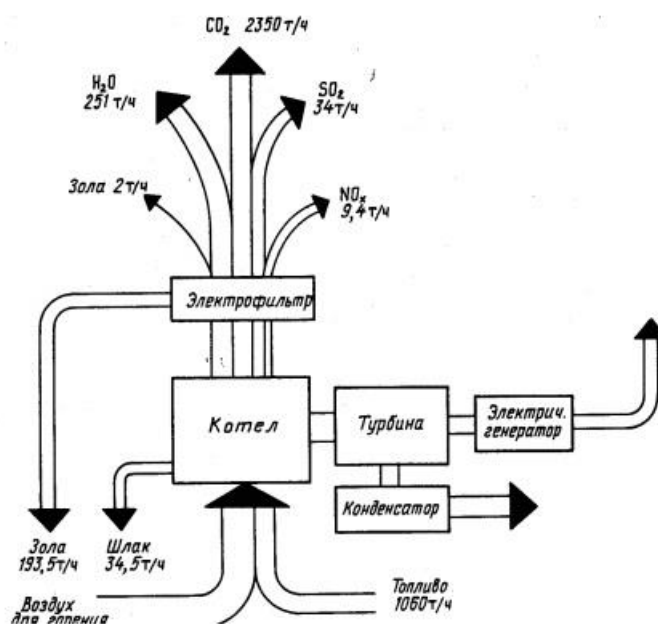


Рисунок 1 - Материальный баланс угольной ТЭС мощностью 2400 МВт

При сжигании твердого, жидкого и газообразного топлива вся его масса превращается в отходы, причем количество продуктов сгорания в несколько раз превышает массу использованного топлива за счет включения азота и кислорода (в 5 раз - при сжигании газа, в 4 раза - угля) [2]. Существенное влияние на состав образующихся вредных веществ при сжигании топлива оказывают его вид и режим горения. На тепловых электростанциях используется твердое, жидкое и газообразное топливо.

Твердое топливо

В качестве твердого топлива в теплоэнергетике используют угли (бурые, каменные, антрацитовый штыб), горючие сланцы и торф. Горючая часть топлива включает органическую, состоящую из углерода, водорода, кислорода, органической серы, и неорганическую части (в состав горючей части топлива ряда месторождений входит пиритная сера FeS_2). Негорючая (минеральная) часть топлива состоит из влаги и золы. Основная часть минеральной составляющей топлива переходит в процессе сжигания в летучую золу, уносимую дымовыми газами. Другая часть в зависимости от конструкции топки и физических особенностей минеральной составляющей топлива может превращаться в шлак [3].

Уголь образуется в результате следующих преобразований: древесина – торф – бурый уголь – каменный уголь – антрацит. Торф – это наименее сформировавшаяся форма угля, еще в высокой степени сохранившая черты растительного происхождения. Торф залегает в болотах, где деревья погружались в воду и разлагались в отсутствие кислорода. В прошлом торф применялся только для отопления. Бурый уголь содержит больше углерода и поэтому дает больше тепла, чем торф. Основная часть бурого угля добывается открытым карьерным способом. Каменный уголь характеризуется более высоким содержанием углерода (его называют еще жирным углем) и поэтому более высокой теплотворной способностью, чем бурый уголь. Антрацит содержит наибольший процент углерода из всех типов угля. Уголь не является химически чистым углеродом, так как содержит примеси неорганического происхождения - мышьяк, радиоактивные элементы, сера, сульфиды железа, - которые дают при сжигании золу, а сера ответственна за кислотные осадки в регионе, где перерабатывают уголь.

Ущерб, наносимый окружающей среде велик, поскольку при добыче угля происходит нарушение водного баланса, понижение грунтовых вод, разрушение ландшафтов, оседание грунта. Уголь фактически является самым грязным из всех ископаемых видов горючего. Несмотря на загрязненность,

уголь является хорошим источником тепловой энергии. При сжигании 0,5 кг каменного угля выделяется примерно 13700 килоджоулей (кДж) тепловой энергии.

Жидкое топливо

К жидкому топливу относят:

- а) естественное жидкое топливо – нефть;
- б) искусственное жидкое топливо – бензин, керосин, дизтопливо, мазут, смола.

Из жидких топлив в энергетике используется мазут трех марок — 40, 100 и 200. Марка определяется предельной вязкостью, составляющей при 80 °С для мазута 40 — 8,0; для мазута 100 — 15,6; для мазута 200 — 6,5—9,5 град. усл. вязкости (°УВ) при 100°С.

В мазуте содержится углерода 84—86% и водорода — 11—12%, содержание влаги не превышает 3—4%, а золы — 0,5%. Мазут имеет высокую теплоту сгорания $Q_H^P = 39,38 - 40,2$ МДж/кг (9400—9600 ккал/кг).

По содержанию серы различают малосернистый мазут $S^P \leq 0,5\%$, сернистый — S^P до 2% и высокосернистый S^P до 3,5%; по вязкости — маловязкий и высоковязкий, содержащий смолистые вещества и парафин. Наиболее вязкие сорта мазута имеют температуру застывания 25—35 °С. В связи с этим при сжигании применяется предварительный нагрев вязких мазутов до температуры 80—120 °С.

Газообразное топливо

В условиях Российской Федерации газообразное топливо – это, прежде всего, природный газ, так как на долю России приходится почти треть всех разведанных запасов природного газа. Так же как и другие виды топлив, газообразное топливо – смесь горючих и негорючих газов, содержащих небольшое количество примесей в виде водяного пара и пыли. Кроме природного газа, на электростанции могут поставляться попутные и промышленные газы: доменный, коксовый, синтез-газ.

Основная часть природного газа – метан, доля которого в разных месторождениях составляет от 84 до 98 %. Значительно меньше в природном газе более тяжелых предельных и непредельных углеводородов. Имеются место-

рождения с заметным содержанием токсичного и коррозионно-активного сероводорода H_2S . В России к их числу относятся, например, Оренбургское и Астраханское месторождения. Использование такого газа на электростанциях возможно только после его очистки на газоперерабатывающих заводах [4].

Попутные (нефтепромысловые) газы состоят из метана и других составляющих. В этих газах значительно меньше CH_4 , но зато количество тяжелых углеводородов составляет уже десятки процентов. Количество и качество попутного газа зависят от состава сырой нефти и ее стабилизации на месте добычи (только стабилизированная нефть считается подготовленной для дальнейшей транспортировки по трубопроводам или в танкерах).

Природные газы различаются содержанием сероводорода. Например, природные газы Оренбургского месторождения содержат 4-6 % сероводорода, астраханского - 25 %. В Канаде эксплуатируются газовые месторождения с содержанием сероводорода до 50 %. Газы нефтепереработки могут содержать от 0,5 до 15 % сероводорода. Требования к степени очистки зависят от назначения газа. При очистке газа, выбрасываемого в атмосферу, содержание сероводорода должно соответствовать ПДК. При очистке технологических газов содержание сероводорода регламентируется требованиями процессов дальнейшей переработки. Сероводород, выделяемый при очистке, перерабатывают в элементарную серу или серную кислоту [5].

1.1.1 Свойства и характеристики загрязняющих веществ

Воздействие процессов сжигания топлива на качество атмосферного воздуха зависит от состава используемого топлива и способа его сжигания.

Все элементы топлива участвуют в образовании токсичных веществ в процессе горения. Наименьшую экологическую опасность представляет сжигание природного газа, состоящего из углерода и водорода, и не содержащего серы, топливного азота и минеральной составляющей.

При сжигании всех видов топлив в условиях высоких температур образуются оксиды азота NO_x ($NO+NO_2$).

Содержание NO составляет 95-98%, а NO₂ только 2-5%. При движении по газовому тракту соотношение NO_x не изменяется, но при выбросе в атмосферу более 70% NO окисляется до NO₂.

Оксид углерода (CO) бесцветный горючий газ, не имеющий запаха, слабо растворимый в воде. Молекулярная масса 28,1, плотность 1,25 г/л (при температуре 0 °С и давлении 1 атм.). Токсичность CO связана с его способностью реагировать с гемоглобином крови со скоростью почти в 200 раз превышающую скорость связывания кислорода с гемоглобином. Отсюда – развитие гипоксии (кислородного голодания). Оксид углерода относится к веществам 4 класса опасности.

$$\text{ПДК}_{\text{мр}} = 5 \text{ мг/м}^3 \qquad \text{ПДК}_{\text{ср}} = 3 \text{ мг/м}^3$$

Оксиды азота (NO и NO₂).

При сжигании топлив оксиды азота образуются в виде N₂O, NO и NO₂. Сумма оксидов азота обозначают как NO_x. Гемоксид азота (N₂O) образуется в начальном участке факела, а затем окисляется до оксида азота (NO), значит, не выбрасывается в атмосферу с продуктами сгорания.

В топочной камере образуются преимущественно оксиды азота (NO) в количестве 92-98% от NO_x. NO₂ всего 2-7 % от NO_x.

Оксид азота – бесцветный, негорючий газ, слабо растворимый в воде.

Молекулярная масса – 30,1 Плотность – 1,34 г/л Класс опасности – 3

$$\text{ПДК}_{\text{мр}} = 0,4 \text{ мг/м}^3 \qquad \text{ПДК}_{\text{ср}} = 0,06 \text{ мг/м}^3$$

Диоксид азота (NO₂) – негорючий газ, оранжево - красновато-бурого цвета с удушливым запахом.

Молекулярная масса – 46,3 Плотность – 2,06 г/л Класс опасности – 3

$$\text{ПДК}_{\text{мр}} = 0,2 \text{ мг/м}^3 \qquad \text{ПДК}_{\text{ср}} = 0,04 \text{ мг/м}^3$$

Все оксиды азота оказывают негативное влияние на здоровье человека. Диоксид азота наиболее токсичный из группы NO_x. Концентрация в 15 мг/м³ вызывает раздражение глаз, концентрация 200-300 мг/м³ опасна даже при кратковременном вдыхании.

Попадая в легкие и соединяясь с гемоглобином крови, оксиды азота могут вызвать отек легкого и понизить кровяное давление. Особая опасность оксидов азота в том, что они являются веществами, стимулирующими в сочетании с канцерогенами развитие онкологических заболеваний. Оксиды азота снижают прозрачность атмосферы и способствуют образованию фотохимического тумана – смога.

Углеводороды. Наиболее сильным и достаточно изученным канцерогеном является соединение с пятью бензольными кольцами $C_{20}H_{12}$ – бензпирен. Молекулярная масса – 252 ПДК_{сс} = 0,1 мкг/100 м³ Класс опасности – 1

В чистом виде бензпирен – твердое кристаллическое вещество желтоватого цвета. Особая опасность бензпирена заключается в том, что он способен накапливаться в организме подобно радиоактивным веществам. Кроме того, он обладает высокой химической стойкостью, а, следовательно, распространяется на значительные расстояния от источника выделения.

На ТЭЦ-27 выбросы в атмосферу бензпирена за 2013 год отсутствовали.

Диоксид серы - соединение серы с кислородом состава SO_2 . В нормальных условиях представляет собой бесцветный газ с характерным резким запахом (запах загорающейся спички). Сжигается при комнатной температуре под давлением. Растворяется в воде с образованием нестойкой сернистой кислоты; растворимость 11,5 г/100 г воды при температуре 20 °С. Растворим также в серной кислоте и этаноле. Является одним из основных компонентов вулканических газов.

Симптомы при отравлении сернистым газом — насморк, кашель, охриплость, першение в горле и своеобразный привкус. При вдыхании сернистого газа более высокой концентрации — удушье, расстройство речи, затруднение глотания, рвота, возможен острый отёк лёгких.

ПДК (предельно допустимая концентрация):

- в атмосферном воздухе максимально-разовая — 0,5 мг/м³, среднесуточная — 0,05 мг/м³;

- в помещении (рабочая зона) — 10 мг/м³

1.2 Методы очистки и обезвреживания отходящих газов. Оборудование для очистных сооружений

1.2.1 Очистка атмосферных выбросов от пыли

Аэрозоли воздушных выбросов промышленных предприятий характеризуются большим разнообразием дисперсного состава и других физико-химических свойств. В связи с этим разработаны различные методы очистки и типы пылеуловителей - аппаратов, предназначенных для очистки выбросов от пыли (и других аэрозолей).

Методы очистки промышленных газовых выбросов от пыли можно разделить на две группы: методы улавливания пыли «сухим» способом и методы улавливания пыли «мокрым» способом. Аппараты обеспыливания газов включают: пылеосадительные камеры, циклоны, пористые фильтры, электрофильтры, скрубберы и др. [6].

Сухие механические обеспыливающие аппараты. К таким аппаратам относятся пылеосадительные камеры, циклоны, пористые фильтры. Применение того или иного аппарата обуславливается свойствами и группой дисперсности пыли:

I - очень крупнодисперсная пыль, $d_{50} > 140$ мкм,

II - крупнодисперсная пыль, $d_{50} = 40-140$ мкм,

III - среднедисперсная пыль, $d_{50} = 10-40$ мкм,

IV - мелкодисперсная пыль, $d_{50} = 1-10$ мкм,

V - очень мелкодисперсная пыль, $d_{50} < 1$ мкм.

d_{50} - среднее значение эффективного диаметра 50 частиц пыли.

Пылеосадительные камеры и циклоны большой пропускной способности применяют для улавливания пыли первой и второй групп (крупнодисперсной), тканевые фильтры - для улавливания пыли третьей и четвертой групп (средне- и мелкодисперсной), электрофильтры эффективны для улавливания пыли пятой группы (очень мелкодисперсной) [7].

1.2.2 Очистка атмосферных выбросов от диоксида серы

Для очистки отходящих газов от диоксида серы предложено большое количество хемосорбционных методов, применение нашли только некоторые из них. Это из-за того, что объёмы отходящих газов велики, а концентрации SO_2 в них малы, газы характеризуются большой температурой и значительным содержанием пыли. Для абсорбции могут быть использованы вода, водные растворы и суспензии солей щелочных и щелочноземельных металлов.

Адсорбционные методы очистки. Недостатки абсорбционных методов очистки газов от диоксида серы привели к разработке процессов, основанных на использовании твердых хемосорбентов – путем их введения в пылевидной форме в топки и (или) газоходы теплоэнергетических агрегатов. В качестве хемосорбентов могут быть использованы известняк, доломит или известь. Для увеличения активности хемосорбентов, подавления процесса окисления SO_2 в SO_3 и решения некоторых других задач наряду с поглотителем диоксида серы вводят ряд специальных добавок в виде дешевых неорганических солей, оксихлорида меди, оксида магния и других веществ. Наряду с хемосорбентами в качестве агентов для связывания диоксида серы могут быть использованы некоторые оксиды металлов[8].

Сухие процессы санитарной очистки газов от диоксида серы обеспечивают возможность реализации обработки газов при повышенных температурах без увлажнения очищаемых потоков, что позволяет снизить коррозию аппаратуры, упрощает технологию газоочистки и сокращает капитальные затраты на нее. Наряду с этим они обычно предусматривают возможность циклического использования поглотителя и (или) утилизацию продуктов процесса очистки газов. К сухим способам относят также каталитическое окисление диоксида серы и поглощение диоксида серы адсорбентами.

Методы каталитической и термической очистки газов. Разработанная технология каталитической очистки отходящих газов от диоксида серы основана на принципе окисления SO_2 в SO_3 , используемом в производстве серной кислоты нитрозным (башенным) либо контактным методом.

1.2.3 Очистка атмосферных выбросов от оксида углерода

Для очистки газов от оксида углерода используют абсорбцию или промывку газа жидким азотом. Абсорбцию проводят также водно-аммиачными растворами закисных солей ацетата, формиата или карбоната меди.

Абсорбция оксида углерода медь-алюминий-хлоридными растворами. Этот метод применяют при наличии в газе кислорода и больших количеств диоксида углерода. Процесс основан на химической абсорбции оксида углерода раствором смешанной соли тетрахлорида меди и алюминия в различных ароматических углеводородах с образованием комплекса с оксидом углерода [9].

Предварительно осушенный газ подают в абсорбер, который орошается регенерированным раствором. Насыщенный оксидом углерода раствор, выходящий из абсорбера, подогревают до 100°C и направляют в промежуточный десорбер, где поддерживают давление 0,25 МПа. Десорбер орошают регенерированным раствором для поглощения СО, выделяющегося при десорбции. Частично регенерированный раствор после теплообменника поступает в регенератор, где регенерируется при 135–180°C. Затем раствор охлаждают и подают в отстойник, из которого направляют в абсорбер и десорбер. Выделенный из газовых потоков растворитель (толуол) возвращают в систему приготовления раствора.

Методы каталитической и термической очистки газов. Для окисления СО используют марганцевые, медно-хромовые и содержащие металлы платиновой группы катализаторы. В зависимости от состава отходящих газов в промышленности применяются различные технологические схемы очистки.

1.2.4 Очистка атмосферных выбросов от оксидов азота

Для абсорбции оксидов азота используют воду, растворы щелочей и селективные сорбенты, кислоты и окислители. Для интенсификации процесса используют катализатор. Степень очистки может достигать 97%.

Абсорбция щелочами. Для очистки газов применяют различные растворы щелочей и солей.

Селективные абсорбенты. Для очистки газов от NO при отсутствии в газовой фазе кислорода могут быть использованы растворы FeSO_4 , FeCl_3 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, NaHCO_3 .

Раствор FeSO_4 является наиболее доступным и эффективным поглотителем. В качестве абсорбента могут быть использованы и травильные растворы, содержащие FeSO_4 . Поглотительная способность раствора зависит от концентрации FeSO_4 в растворе, температуры и концентрации NO в газе.

Адсорбция оксидов азота. Как абсорбционные, так и адсорбционные приемы поглощения слабо окисленных нитрозных газов малоэффективны. В промышленной практике очистки отходящих газов от оксидов азота использование адсорбентов весьма ограничено.

Эффективными поглотителями NO_2 являются активные угли, но их недостаток в том, что при контакте с газом они нагреваются и возможно воспламенение и взрыв. Возможно использование других адсорбентов: силикагели, алюмогели и др. [9].

Методы каталитической и термической очистки газов. Для обезвреживания газов от оксидов азота применяют высокотемпературное каталитическое восстановление – процесс происходит при контактировании нитрозных газов с газами-восстановителями на поверхности катализаторов; селективное каталитическое восстановление – используемый восстановитель реагирует с NO_x и почти не взаимодействует с находящимся в газах кислородом; разложение гетерогенными восстановителями – процесс может проходить как с использованием катализатора, так и без использования его.

1.2.5 Обработка газов методами адсорбции, абсорбции, конденсации

Абсорбционная очистка выбросов. Некоторые жидкости и твердые вещества при контакте с многокомпонентной газовой средой способны избирательно извлекать из нее отдельные ингредиенты и поглощать (сорбировать) их.

Абсорбцией называется перенос компонентов газовой смеси в объем соприкасающейся с ней конденсированной фазы, т.е. абсорбция - это процесс избирательного поглощения газа или пара жидкостью. Обратный процесс, т.е.

удаление из объема конденсированного вещества поглощенных молекул газа, называется дегазацией или десорбцией.

Вещество, в котором происходит растворение абсорбируемых компонентов, называют растворителем, поглотителем или абсорбентом. Молекулы поглощаемого вещества - абсорбата удерживаются в объеме поглотителя - абсорбента, равномерно распределяясь среди его молекул вследствие растворения или химической реакции. Вещество, которое содержится в газовой фазе и при абсорбции переходит в жидкую фазу, называют абсорбтивом. Вещество, которое содержится в газовой фазе и при абсорбции не переходит в жидкую фазу, называют газом-носителем. Аппараты, в которых осуществляют процесс абсорбции, называют абсорберами [10].

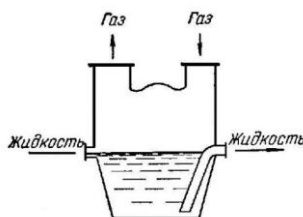


Рисунок 2 - Поверхностный абсорбер

Процесс, завершающийся растворением абсорбата в поглотителе, называют физической абсорбцией. Применение абсорбции особенно эффективно при значительных концентрациях газообразных загрязнителей. Однако возможно применять растворители и при весьма низких концентрациях, когда растворимость газа в жидкости очень высока. Наиболее часто в качестве растворителя используется вода. Для поглощения газов, плохо растворимых в воде, можно применять малолетучие растворители с низким давлением пара, например углеводороды.

В качестве абсорбента можно использовать любую жидкость, которая растворяет извлекаемый компонент. Но для применения в промышленных масштабах абсорбент должен отвечать ряду требований: необходимая поглотительная способность (абсорбционная емкость); высокая селективность (избирательность) по отношению к поглощаемому компоненту; невысокая летучесть;

небольшая вязкость; способность к регенерации; быть термохимически устойчивыми; не проявлять коррозионную активность; доступность и невысокая стоимость.

Адсорбция газовых примесей. Адсорбцией называют процесс избирательного поглощения компонента газа, пара или раствора пористой поверхностью твердого тела (адсорбента). Адсорбцию применяют для очистки газов с невысоким содержанием газо- или парообразных загрязнений до получения их очень низких объемных концентраций. Адсорбцию применяют для улавливания из газов вентиляционных выбросов сернистых соединений, углеводородов, хлора, окислов азота, паров органических растворителей и др.

Процессы адсорбции бывают избирательными и обратимыми. Каждый поглотитель обладает способностью поглощать лишь определенные вещества и не поглощать другие. Поглощенное вещество всегда может быть выделено из поглотителя путем десорбции.

В отличие от абсорбционных методов адсорбция позволяет проводить очистку газов при повышенных температурах.

Целевой поглощаемый компонент, находящийся в очищаемом газе, называют адсорбтивом, этот же компонент в адсорбированном состоянии, т.е. поглощенное вещество в адсорбенте, - адсорбатом.

Способность поверхностных частиц (ионов, атомов или молекул), конденсированных тел притягивать и удерживать молекулы газа, обусловлена избытком энергии на поверхности (по сравнению со средней энергией частиц в объеме тела) и присуща всем твердым веществам и жидкостям. На практике в качестве адсорбентов выгодно использовать вещества с развитой удельной (на единицу объема) поверхностью.

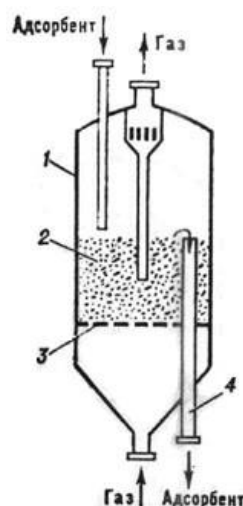


Рисунок 3 - Адсорбер с кипящим слоем адсорбента: 1 - корпус; 2- кипящий слой; 3 - решётка; 4 – труба

Количество адсорбата, удерживаемое на единичной площади поверхности раздела фаз, в конечном счете, определяется силой взаимодействия между молекулами адсорбируемого вещества и частицами, находящимися в приповерхностных слоях адсорбента.

По характеру взаимодействия адсорбата с поверхностью различают физическую и химическую адсорбцию.

Физическая адсорбция обуславливается силами межмолекулярного взаимодействия (дисперсионный, ориентационный и индукционный эффекты). Межмолекулярные силы слабы, поэтому при физической адсорбции происходит лишь небольшая деформация адсорбированных частиц.

Химическая адсорбция (хемосорбция) осуществляется за счет ненасыщенных валентных сил поверхностного слоя. При этом могут образовываться поверхностные химические соединения, свойства и строение которых еще мало изучены.

При адсорбции возможны очень большие скорости поглощения и полное извлечение компонентов, выделение которых путем абсорбции было бы невозможно из-за их малой концентрации в смеси.

Каталитическая очистка газовых выбросов. Каталитический метод очистки основан на взаимодействии обезвреживаемых веществ вводимых в

очищаемую газовую среду окисляющим веществом в присутствии катализатора. В результате реакций находящиеся в газе примеси превращаются в другие соединения, представляющие меньшую опасность, или легко отделяются от газа.

Каталитические нейтрализаторы применяют для обезвреживания оксида углерода, летучих углеводородов, растворителей, отработавших газов в химических установках и выхлопов автомобильного транспорта.

Каталитическое дожигание как метод термической нейтрализации газовых выбросов используют для превращения токсичных компонентов, содержащихся в отходящих газах, в нетоксичные или менее токсичные путем их контакта с катализаторами. Каталитическая очистка позволяет обезвреживать оксиды азота, оксид углерода, другие вредные газовые загрязнения.

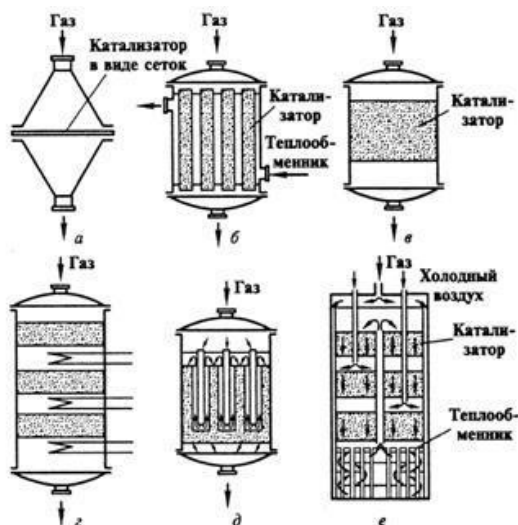


Рисунок 4 - Схемы контактных аппаратов с фильтрующим слоем катализатора: *а* - контактный аппарат с катализатором в виде сеток; *б* - трубчатый контактный аппарат; *в* - контактный аппарат с перфорированными решетками; *г* - многослойный контактный аппарат; *д* - контактный аппарат с трубками Фильда; *е* - контактный аппарат с теплообменником

Катализом называют изменение скорости реакции или возбуждение ее, происходящее под действием веществ (катализаторов), которые участвуют в процессе, но в нем не расходуются и к концу реакции остаются химически неизменными, хотя физически могут изменяться. Различают два вида катализа: гомогенный (однородный) и гетерогенный (неоднородный). При гомогенном

катализе реагирующие вещества и катализатор образуют однофазную систему (жидкую или газовую).

1.2.6 Очистка газов методом дожигания

Метод очистки выбросов от газообразных примесей; основан на обезвреживании газов за счет термического окисления при высоких температурах (750-1200°C) различных вредных веществ и вредных примесей, обычно CO_2 и H_2O , содержащихся в технологических, вентиляционных и других выбросах. Наиболее эффективно термическое дожигание для обезвреживания газов, содержащих токсичные вещества органического происхождения в твердом виде, например, сажа, частицы углерода, древесная пыль и т.д. [11].

Для осуществления дожигания (реакции окисления) необходимо поддержание высоких температур очищаемого газа и наличие достаточного количества кислорода. Выбор схемы дожигания зависит от температуры и количества выбросов, от содержания в них вредных примесей, кислорода и т. д. Системы огневого обезвреживания обеспечивают эффективность очистки 90-99 % при условии, что время пребывания загрязняющих веществ в высокотемпературной зоне не менее 30 мин и температура обезвреживания газов, содержащих оксид углерода, составляет 660—750 градусов.

При выборе методов и схем очистки в первую очередь определяется способ очистки загрязнённого воздуха, количество ступеней очистки и тип пылегазоулавливающих аппаратов. Устанавливать следует только такие устройства, которые в конкретных условиях сочетали бы в себе требуемую эффективность очистки, надёжность и экономичность. Поскольку сухая одноступенчатая очистка в ряде случаев не может обеспечить надлежащей эффективности, проводят двух- и трёхступенчатую очистки.

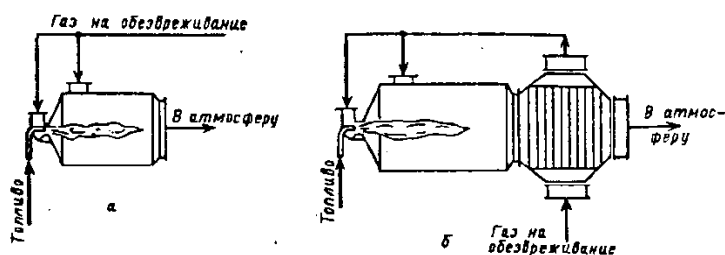


Рисунок 5 - Схемы термических нейтрализаторов (высокотемпературных дожигателей) промышленных газовых отходов: без теплообменника (а)
и с теплообменником (б)

При использовании данного метода важно учесть характер получаемых продуктов горения. В частности в результате сжигания газов образуются продукты, содержащие соединения серы, галогенов, фосфора, поэтому они могут превысить уровень токсичности по отношению к исходному газу. В таких случаях требуется дополнительная очистка.

Также важно учитывать энергозатраты для обеспечения высоких температур при сжигании, калорийность обезвреживаемых примесей и наличие условий для предварительного подогрева очищаемых газов. При увеличении концентрации примесей заметно снижается расход энергоресурсов, иногда процесс протекает в автотермическом режиме. Наибольшие трудности возникают при образовании в процессе очищения вторичных загрязнителей (оксиды азота, хлор, SO_2 и др).

Широкое применение термический метод нашел при очистке газов от токсичных горючих соединений. Также распространен метод при дожигании пыли многокомпонентных и запыленных отходящих газов.

1.2.7 Технологические методы защиты атмосферы от загрязнений

Технологические методы – это комплекс технологических решений и режимов работы технологического оборудования, которые направлены на снижение образования токсичных веществ в данном технологическом процессе [12].

Снижение образования оксидов азота обычно заключается в снижении или ликвидации «термических» NO_x , а также при необходимости, в снижении «топливных» NO_x . Снижение «термических» NO_x достигается путем воздействия главным образом на максимальную температуру горения, что обеспечивается вводом газов рециркуляции, воды и пара в зону горения или в дутьевой воздух, а также двух стадийным сжиганием топлива, снижающим максимальную температуру. Выход «топливных» NO_x в меньшей мере зависит от максимальной температуры, но сильно зависит от избытка воздуха, поэтому здесь более эффективным является двух стадийное сжигание.

- **Рециркуляция дымовых газов.**

Этот метод является наиболее распространенным и наиболее хорошо изученным. В котельном цехе, где проходила практика, в котлах марки ТГМЕ-464 действует внешняя рециркуляция предварительно охлажденных газов из хвостовой части котла в дутьевой воздух (рисунок 6). Так при подаче газов рециркуляции с температурой 300°C в ядро факела в количестве, равном 20% от объема воздуха, поступающего на горение, максимальная температура факела снижается на $120 - 130^{\circ}\text{C}$ [13].

Ввод рециркулирующих газов в зону горения позволяет уменьшить образование оксидов азота в топочной камере. Влияние рециркуляции на выход оксидов объясняется действием нескольких факторов:

- Снижение максимальной температуры в зоне горения из-за разбавления охлажденными продуктами сгорания (рисунок 7);
- Снижение концентраций реагирующих веществ. Известно, что при $R = 20\%$, подача рециркулирующих газов в дутьевой воздух позволяет снизить выход оксидов азота примерно на 50% (рисунок 8).

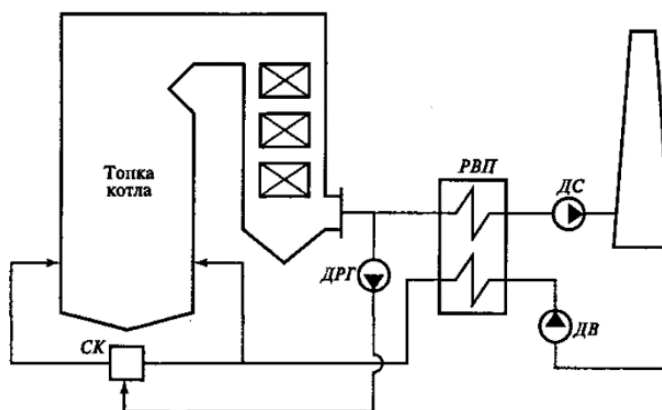


Рисунок 6 - Принципиальная схема рециркуляции дымовых газов котла с использованием дымососа рециркуляции дымовых газов: ДРГ - дымосос рециркуляции газов; ДВ – дутьевой вентилятор; ДС – дымосос; РВП – регенеративный воздухоподогреватель; СК – смесительная камера

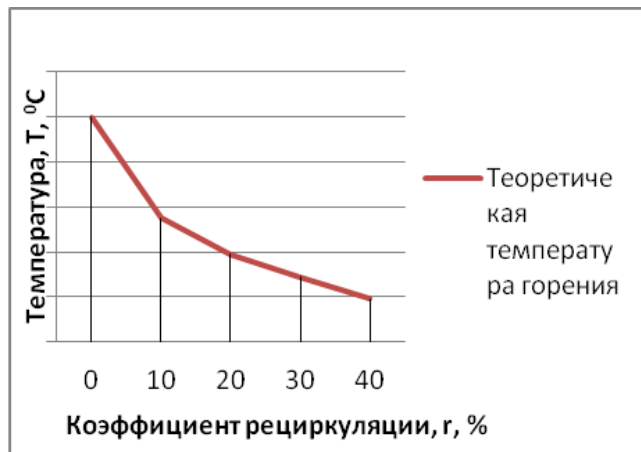


Рисунок 7 - Теоретическая температура горения природного газа в зависимости от коэффициента рециркуляции

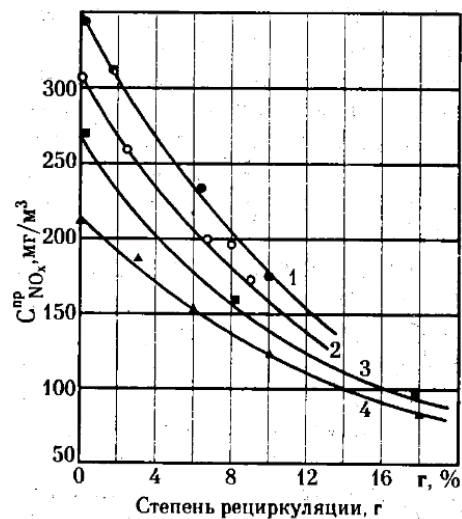


Рисунок 8 - Зависимость содержания NO_x в дымовых газах котла ТГМЕ-464 от доли их рециркуляции при нагрузках:

1 – Д= 440-500т/ч, 2 – Д = 400-410 т/ч, 3 – Д= 350 – 360 т/ч, 4= 270-300 т/ч

- **Двухстадийное сжигание топлива.**

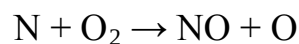
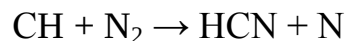
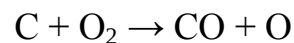
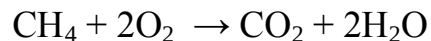
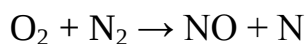
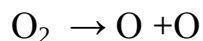
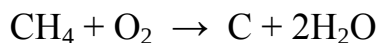
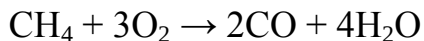
Двухстадийное сжигание топлива является одним из наиболее перспективных методов регулирования топочных режимов и одновременно снижения образования оксидов азота в топочных процессах.

Сущность метода заключается в том, что в первичную зону горения подается воздуха меньше, чем необходимо теоретически ($\alpha_1 = 0.7-0.95$), в результате чего происходит снижение максимальной температуры в зоне факела,

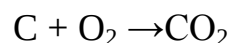
снижение содержания кислорода в ядре факела, уменьшение скорости реакции образования оксидов азота и увеличение длины и светимости факела[14].

Из-за разбавления продуктами сгорания последующее горение протекает при более низкой температуре, вследствие чего во вторичной зоне горения оксиды азота практически не образуются. При этом в факеле горения метана протекают следующие основные реакции:

a) В первичной зоне:



b) Во вторичной зоне:



Отработанные режимы двухстадийного горения позволяют снизить выброс оксидов азота при сжигании природного газа в 2 – 2,5 раза. Этот метод является очень дешевым и надежным.

2 Характеристика производства

Теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) – это электрические станции, которые вырабатывают тепло и электрическую энергию. Действие ТЭЦ основано на том, что тепло пара, который отбирается из турбины, используют для получения электрической энергии, а затем передают потребителям в качестве пара и горячей воды.

Для выработки энергии на паротурбинных (или газотурбинных) ТЭЦ используют органическое топливо, а на атомных ТЭЦ – ядерное топливо. Наибольшее распространение получили паротурбинные ТЭЦ на органическом топливе. Тепло от ТЭЦ подаётся на расстояние до нескольких километров.

Органическое топливо, используемое на ТЭЦ - твёрдое, жидкое или газообразное топливо. Из-за того, что ТЭЦ строятся вблизи населенных мест, на них предпочтительно используют ценное, меньше загрязняющее атмосферу твердыми частицами топливо – природный газ и мазут. Для защиты атмосферного воздуха от загрязнения используют различные аппараты: от пыли – циклоны, фильтры, скрубберы; от диоксида серы – хемосорбционные методы; от газообразных загрязнителей – различные каталитические методы; возводят дымовые трубы до 200-250 м высотой.

ТЭЦ, сооружаемые на небольшом расстоянии от потребителей тепла, должны находиться на значительном расстоянии от источников водоснабжения. Для защиты водного бассейна на ТЭЦ применяют замкнутую систему водоснабжения с градирнями - искусственными охладителями. Прямоточное водоснабжение на ТЭЦ встречается редко.

2.1 Общая характеристика производства

Производственная деятельность ТЭЦ – 27 связана с производством электрической энергии. Совместно с электрической энергией также производится и тепловая энергия. Станция обеспечивает теплом и электроэнергией более миллиона потребителей Северного и Северо-Восточного округов Москвы, а также города Мытищи.

Электрическая энергия – это энергия, передаваемая электрическим током. Повсеместно используется в быту, производстве, как мелкими, так и оптовыми потребителями.

ТЭЦ-27 признана самой экологически чистой не только в России, но и в Европе. В качестве основного топлива используется природный газ, а в качестве резервного топлива используется мазут. Она снабжена системами очистки, защиты от шума, инфразвука, вибрации и электромагнитных полей. Впервые в России на ТЭЦ-27 внедрена установка каталитического подавления окислов азота, позволяющая разлагать окислы азота в уходящих газах на молекулярный азот и водяной пар, которые являются естественными компонентами воздуха.

Строительство электростанции началось в 1987 году, она является самой молодой в системе Мосэнерго. 22 декабря 1992 года на Северной ТЭЦ были введены в эксплуатацию водогрейные котлы. Первый энергоблок ТЭЦ-27 был введен в эксплуатацию в 1996 году, второй энергоблок — в 1998 году. Суммарная электрическая мощность двух энергоблоков составила 160 МВт, суммарная тепловая мощность — 1100 Гкал/ч.

2.1.1 Мазутное хозяйство

Мазутное хранилище ТЭЦ это целый комплекс оборудования, который включает в себя приемно-сливное устройство, резервуары для хранения мазута, мазутонасосную (подготовка мазута к сжиганию) и нефтеловушку.

Приемно-сливное устройство состоит из односторонней железнодорожной эстакады, нулевой емкости объемом 100 м³, предназначенной для приема мазута из вагона-цистерны и откачки его в резервуары при помощи погружных насосов типа 12НА-9х4 производительностью 80 т/ч, а также каналов и трубопроводов.

Эстакада мазутного слива позволяет устанавливать на железнодорожный путь эстакады одну четырехосную вагон-цистерну емкостью (40...120) м³. Вдоль железнодорожного пути эстакады расположена площадка обслуживания, на которой смонтирована система разогревающих устройств, с мазутом подается пар для его разогрева при сливе.

Для приема мазута из вагона-цистерны используется межрельсовый сливной металлический лоток длиной 42 м, в котором смонтирован паропровод для поддержания установленной температуры сливаемого мазута. Лоток имеет уклон в сторону нулевой емкости и соединен с ней каналом. Между каналом и нулевой емкостью расположена камера гидрозатвора, которая предназначена для предотвращения распространения пламени при загорании мазута.

Территория мазутного хранилища оборудована дренажной системой с канализационными колодцами и дождеприемниками, из которых вода поступает в нефтеловушку. Слив и обработка цистерн на эстакаде приемно-сливного устройства производится в соответствии с технологическими картами для зимнего и летнего времени года.

Мазут является резервным топливом для ТЭЦ и хранится в шести резервуарах емкостью 2000 м³ каждый. Согласно проекту общее количество хранящегося мазута составляет 11400 т. Резервуары обвалованы по периметру бетонными плитами на высоту 1,3 м.

Поступление мазута производится 1-2 раза в год в зависимости от температуры наружного воздуха и установленного лимита на потребление природного газа, являющегося основным топливом для ТЭЦ.

Мазутонасосная установка расположена в отдельно стоящем здании и предназначена для подготовки мазута к сжиганию в котельных ТЭЦ. Для обеспечения проектных параметров мазута $t = 120^{\circ}\text{C}$ и давления $P = 18 \text{ кгс/см}^2$ и его качественного распыла мазутонасосная оснащена следующим оборудованием:

- фильтрами грубой очистки типа ФМ-10-60-5 и ФМ-10-120 производительностью (60...120) т/ч;
- фильтрами тонкой очистки типа ФМ-40-30 производительностью 30 т/ч (6 шт.);
- подогревателями мазута типа ПМ-40-30;
- шестеренными насосами РЗ-60 в количестве 2 шт. производительностью 38 м³/ч для создания контура циркуляции мазута давлением (3...3,5) кгс/см²;
- винтовыми насосами ЭНВ-22/25 в количестве 6 шт. производительностью 22 м³/ч, повышающих давление мазута до 18 кгс/см².

2.1.2 Газовое хозяйство

Основным видом топлива на ТЭЦ является газ, мазут используется как резервное топливо. Здание ГРП предназначено для размещения в нем газорегулирующего оборудования и вспомогательных служб. Категория здания по взрывопожарной и пожарной опасности – А. В здании ГРП размещаются помещение газорегулирующей арматуры, помещения теплового ввода, операторская и оборудование КИП и А.

Система газоснабжения котельного цеха выполнена в соответствии с «Правилами безопасности в газовом хозяйстве» и СНиП. Схема газопроводов котельной показана на рисунке 9.

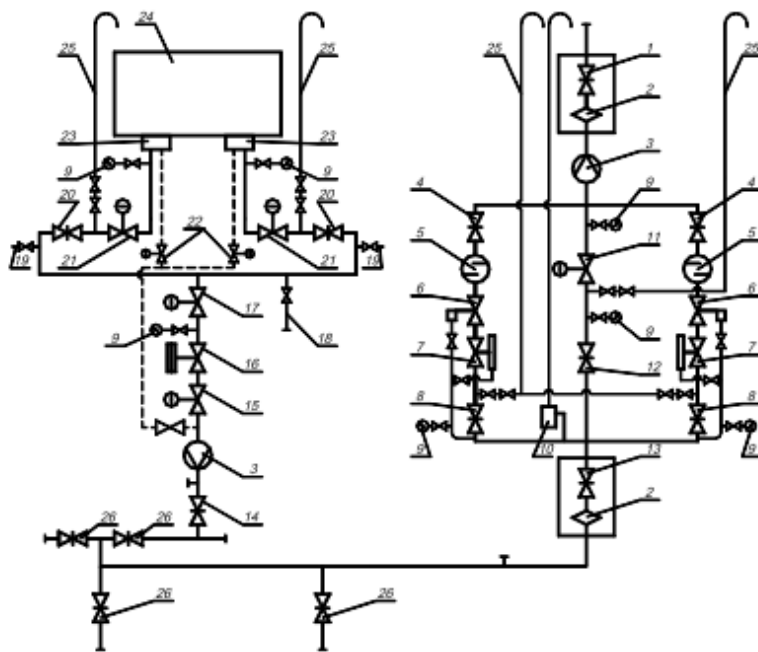


Рисунок 9 – Схема газопроводов промышленной котельной:

1 – отключающее устройство на вводе в ГРП; 2 – линзовый компенсатор; 3 – расходомер; 4 – отключающее устройство перед регулятором; 5-газовый фильтр; 6-предохранительный запорный клапан; 7-регулятор давления; 8-отключающее устройство за регулятором давления; 9-манометр; 10-предохранительный сбросной клапан; 11-затвор на байпасе; 12-затвор на байпасе; 13-отключающее устройство за ГРП; 14- отключающее устройство на котел; 15-отключающее устройство на котел; 16 газовый отсечной клапан; 17-регулирующая заслонка; 18-импульсный трубопровод на защиту; 19-пробоотборники; 20-отключающее устройство на горелку; 21-отключающее устройство на горелку; 22-электромагнитный клапан на запальник; 23- газовая горелка; 24-котел; 25-трубопровод без опасности; 26-секционные задвижки.

2.2 Описание технологического оборудования

Объектом данного дипломного проекта является котельный цех №1 (главный корпус), в котором установлен котел Е-500-13,8-560 ГМН (ТГМЕ-464). Котел предназначен для работы на природном газе и высокосернистом мазуте в блоке с теплофикационной турбиной ПТ-80/100-130.

Котел однобарабанный, однокорпусный с естественной циркуляцией, рассчитанный на высокие параметры пара, имеет П-образную компоновку. Котел рассчитан на работу под наддувом с низким коэффициентом избытка воздуха. Характеристики поверхностей нагрева и данные об объеме рабочей среды котла ТГМЕ-464 представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Характеристики поверхностей нагрева

Объем топки, м ³	1610
Расчетное тепловое напряжение топочного объема, ккал/(м ³ ·ч)	193·10 ³
Полная радиационная поверхность нагрева топочной камеры, м ²	861
Поверхности нагрева ширм, м ²	734
Конвективные поверхности нагрева, м ² :	
Первичного пароперегревателя	2755
Экономайзера	3960
воздухоподогревателя	35472

Котлоагрегат опорного типа ТГМЕ-464, установленный в главном корпусе, предназначен для получения пара высокого давления при раздельном сжигании природного газа. Технические характеристики котла представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Технические характеристики котла ТГМЕ-464

Номинальная паропроизводительность, т/ч	500
Давление пара на выходе из пароперегревателя, МПа (кгс/см ²)	13,8(140)
Температура, °С:	
перегретого пара	560
питательной воды	230
КПД (брутто) при номинальной нагрузке, % :	
расчетный	93,6
гарантийный	93,5
Расход топлива, т/ч:	
натурального	32,8
условного	43,5
Теплопроизводительность, Гкал/ч	300
Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/(м ² ·ч)	3,05·10 ³
Эквивалентный уровень звука в зоне постоянного обслуживания, дБ	85
Водяной объем котлоагрегата, м ³	86
Паровой объем котлоагрегата, м ³	95

2.3 Описание технологической схемы процесса очистки дымовых газов

Котел работает 365 дней году, из которых 323 дня в году сжигается природный газ, а 42 дня – мазут.

2.3.1 Сжигание природного газа

Технологическая схема очистки дымовых газов при сжигании природного газа включает в себя каталитический реактор Денокс компании Хальдор Топсё, который удаляет окислы азота из дымовых отходящих газов.

Характеристика аппарата очистки:

Состояние: твердое вещество Внешний вид: пористые блоки (монолиты)

Цвет: зеленовато-желтый

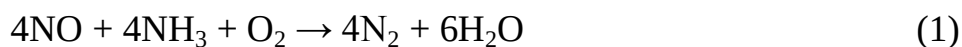
Состав: целлюлозно-картонная основа с напыленным активным слоем триоксида вольфрама WO_3 (5-10%), пятиоксида ванадия V_2O_5 (0-4%), двуоксида титана TiO_2 (80-90%), двуоксида кремния SiO_2 (5-10%).

Температура плавления: выше $1400^\circ C$ Воспламеняемость: не пожароопасен

Взрываемость: не взрывоопасен Окислительные свойства: не окислитель

Плотность по отношению к воде: более 1 Растворимость в воде: незначительная.

В реакторе протекают следующие реакции:



Расход электроэнергии на одну установку: менее 30 кВт/ч

Рабочий диапазон температур: $200-370^\circ C$ Удельная поверхность $455 \text{ м}^2/\text{м}^3$

Допустимая скорость нагрева, $^\circ C/\text{мин}$: 150 Доля свободного объема 73%

Для работы реактора необходим восстановитель – 25% аммиачный раствор. Проектная степень очистки – 67% (при соотношении $NH_3/NO_2 + 0,8$) с разложением окислов азота на азот N_2 и водяной пар H_2O . Регулирование соотношения NH_3/NO_2 – автоматизировано (при повышении концентрации NO_2 или расхода газа – повышается расход NH_3). Принципиальная схема процесса представлена на рисунке 10.

Восстановление окислов азота происходит путем впрыска аммиака в газ и последующего прохождения газовой смеси через катализатор, где окислы азота преобразуются в азот и водяной пар [15].

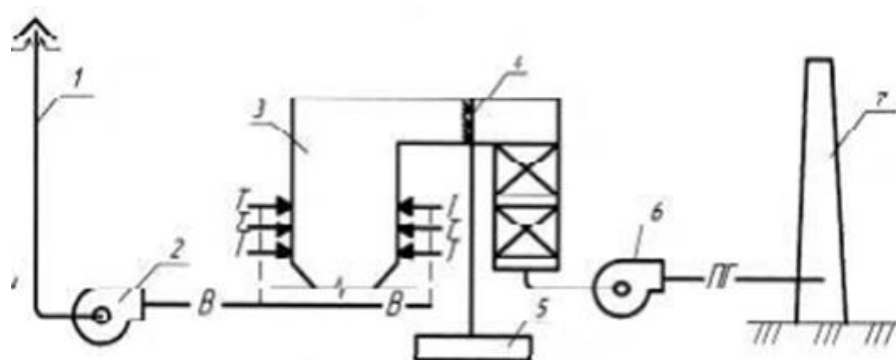


Рисунок 10 - Принципиальная схема восстановления окислов азота каталитическим методом: 1 – воздухозаборная шахта; 2 – дутьевой вентилятор; 3 – топочная камера; 4 – ввод аммиака; 5 – установка приготовления аммиака; 6 – дымосос; 7 – дымовая труба; В- воздух; -Т- топливо; ПГ- продукты сгорания.

Аммиачная вода, подаваемая из расположенного поблизости резервуара, перекачивается насосом. Схема установки приготовления аммиака показана на рисунке 11.

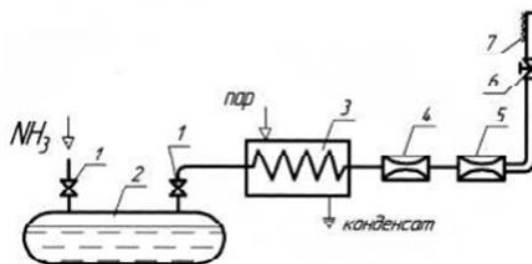


Рисунок 11 - Схема установки приготовления аммиака:

1 – задвижка; 2 – бак с аммиаком; 3 –испаритель аммиака; 4 – дозатор аммиака; 5 – редуктор; 6 – вентиль; 7 – форсунка.

Перед подачей в инжектор аммиачной воды аммиачная вода под давлением проходит через фильтр. В инжекторе через две форсунки она впрыскивается в поток дымового газа. Горячий дымовой газ обеспечивает как испарение капель воды, так и хорошее перемешивание газообразного аммиака. Расход регулируется с помощью дозирующих насосов. Кроме того, инжектор оборудован датчиками температуры и давления.

дован охлаждающим кожухом с постоянным потоком воздуха для предотвращения испарения аммиачной воды до того, как она достигнет сопел.

Наконец, смесь поступает на решетку ввода аммиака, где происходит ввод разбавленного аммиака через тщательно отрегулированные сопла, что обеспечивает одинаковое соотношение NH_3/NO_x по всему сечению газотока для дымового газа.

Во время пуска расход NH_3 в каждом сопле регулируется путем замера расхода и распределения NO_x с помощью 32 точек отбора проб перед решеткой. Смесь с дымовым газом поступает в верхнюю часть реактора ДЕНОКС, где лопасти направляющего аппарата поворачивают поток газа в направлении модулей с катализатором, где и происходят указанные ранее реакции.

При полной нагрузке и работе котла на газе присутствует проскок аммиака менее $5 \text{ см}^3/\text{м}^3$. Небольшое количество NH_3 окисляется в соответствии со следующей реакцией:



Также, исходя из реакций (1) – (3) видно, что в результате преобразования окислов азота не создается никакого вторичного загрязнения, так как образуются лишь азот и водяной пар, которые уже присутствуют в атмосфере в большом количестве.

2.3.2 Сжигание мазута

Большую часть года котел ТГМЕ- 464 работает на природном газе, но в случае планово-предупредительного ремонта газораспределительного пункта котел переводят на высокосернистый мазут марки М-100. В этом случае недостаточно очищать отходящие газы только реактором Денокс: при сжигании мазута образуется мазутная зола, которая уменьшает срок службы блока катализатора, способствует его быстрому старению. В связи с тем, что реактор Денокс не предназначен для очистки газовых выбросов от мазутной золы, предлагаю установить на производстве циклон ЦБ – 42.

Применение циклонов ЦБ – 42. Циклоны батарейные ЦБ-42 предназначены для очистки запылённых газов или воздуха от твёрдых частиц несли-

пающей пыли или золы с размерами частиц более 5 мкм и применяются для улавливания:

- Золой в промышленных котельных и на тепловых электростанциях;
- Угольной пыли в сушильных установках обогатительных и брикетных фабрик и системах промышленной вентиляции;
- Неслипающейся пыли в различных отраслях хозяйства.

Конструкция циклонов ЦБ-42. Циклоны батарейные ЦБ-42 представляют собой сварной корпус, в котором установлены ряды параллельно расположенных циклонных элементов с полуулиточным вводом газов в них.

Циклоны батарейные ЦБ-42 делится на три части: верхняя камера очищенных газов, средняя камера запылённых газов, нижняя - бункер сбора пыли.

Циклонные элементы состоят из полых цилиндрических корпусов с конусной частью внизу и входными патрубками с аппаратами закручивания (полуулитками). Внутри элементов вертикально установлены выхлопные патрубки. Циклонные элементы в циклоне ЦБ устанавливаются ступенчато по ходу движения газов так, что входные патрубки циклонных элементов последующего ряда располагаются ниже предыдущего. Нижние крышки входных патрубков последнего по ходу газа ряда циклонных элементов являются частью нижней трубной доски, что обеспечивает вынос пыли, осевшей на нижней трубной доске. На верхней крышке циклона установлен взрывной клапан.

Циклон ЦБ-42 опирается на опорный пояс, поставляется единым транспортабельным блоком.

Описание процесса очистки

Запыленный газ подводят в секции циклона одним общим потоком к входной камере. Из общего потока газ поступает в элементы и получает вращение от лопаток завихрителя. Твердые частицы золы, прижимаясь к корпусу циклона, спускаются в золовой бункер. Очищенные дымовые газы направляются в выхлопную трубу циклонного элемента. Из выхлопных труб циклонных элементов дымовые газы собираются в общую выходную камеру и отсасыва-

ются дымососом котла. Принципиальная схема батарейного циклона представлена на рисунке 12.

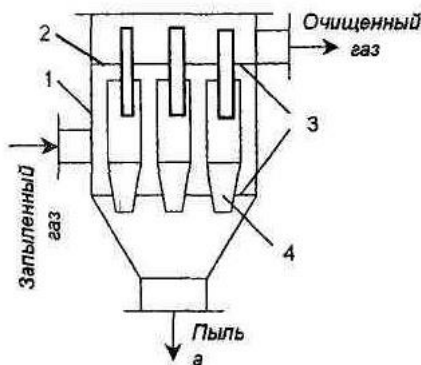


Рисунок 12 – Батарейный циклон: 1- корпус; 2 - распределительная камера; 3 - решетки; 4 - циклонный элемент

2.4 Характеристика и свойства сырья и продукции

В качестве основного топлива на Северной ТЭЦ установлен природный газ. В качестве аварийного или резервного предусмотрено использование мазута.

2.4.1 Характеристика и свойства природного газа

Годовой расход топлива по ТЭЦ – 2997,2 тыс. т у.т. (2629,1 млн. м³). Расход газа в котельном цехе №1 287444 тыс. м³/год природного газа. Доставка природного газа осуществляется по газопроводу от КРП-17 и от кольцевого газопровода г. Москвы.

Природный газ используется в качестве сырья для производства тепловой и электрической энергии в котлах марки ТГМЕ-464. Природный газ - это определенное состояние вещества, при котором, между частицами входящими в его состав отсутствует существенное взаимодействие. Для составляющих частиц характерно хаотичное движение, стремление заполнить существующее пространство. Природный газ образуется в результате химических процессов в недрах земли. Существующие природные газы достаточно сложно поддаются классификации из-за различий в строении молекулярной решетки. У природных газов отсутствует цвет, запах, вкус.

К основным показателям природных газов относятся: состав, теплота сгорания, плотность, температура горения и воспламенения, границы взрываемости и давление при взрыве.

Природные газы чисто газовых месторождений в основном состоят из метана (82-98 %) и других углеводородов.

Элементарный состав газообразного топлива в процентах по объему, используемого на ТЭЦ-27:

Окись углерода	-	Углекислота, CO_2	0,095 %
Водород, H_2	-	Азот, N_2	0.6153%
Кислород, O_2	-	Метан, CH_4	97,0134%
Пропан, C_3H_8	0,12006%	Этан, C_2H_6	2,1557%

В состав газообразного топлива входят горючая и негорючая части. Чем больше горючая часть топлива, тем больше удельная теплота его сгорания. Различия в физико-химических и теплотехнических характеристиках газового топлива обусловлены разным количеством в составе газа горючих и негорючих газообразных компонентов (балластов), а также вредных примесей.

К горючим компонентам относятся следующие вещества:

Метан (CH_4): Бесцветный газ без запаха и вкуса. Метана состоит из 75% углерода и 25% водорода; масса 1 м^3 метана = 0,717 кг. При атмосферном давлении и температуре -162°C метан сжижается, следовательно его объем уменьшается почти в 600 раз. Содержание метана в природных газах достигает 98%, поэтому его свойства практически полностью определяют свойства природных газов.

Природные и попутные газы, состоящие в основном из метана, представляют собой ценное, высококалорийное топливо для промышленности. Метан обладает относительно низкой реакционной способностью. Это объясняется тем, что на разрыв четырех связей C-H в молекуле метана требуется большая затрата энергии. Кроме метана в горючих газах содержатся этан C_2H_6 , пропан C_3H_8 , бутан C_4H_{10} и др. Углеводороды метанового ряда имеют общую фор-

мулу C_nH_{2n+2} , где n — углеродное число, равное 1 для метана, 2 для этана и 3 для пропана.

В негорючую часть газообразного топлива входят кислород, азот, углекислый газ.

Азот (N_2): Бесцветный газ без запаха и вкуса. Плотность азота равна $1,25 \text{ г/м}^3$. Азот практически не реагирует с кислородом, поэтому при расчетах процесса горения его рассматривают как инертный газ. Содержание азота в различных газах колеблется в значительных пределах.

Углекислый газ (CO_2): Бесцветный газ, тяжелый, малореакционный при низких температурах. Имеет слегка кисловатый запах и вкус. Концентрация CO_2 в воздухе в пределах 4-5% приводит к сильному раздражению органов дыхания, а в пределах 10% вызывает сильное отравление. Плотность CO_2 составляет $1,98 \text{ г/м}^3$. Углекислый газ тяжелее воздуха в 1,53 раза, при температуре -20°C и давления 5,8 МПа (58 кгс/см²) он превращается в жидкость, которую можно перевозить в стальных баллонах. Твердый CO_2 , или сухой лед, широко используется для хранения скоропортящихся продуктов и в других целях.

По физико-химическим показателям природные горючие газы для промышленного и коммунально-бытового использования должны соответствовать требованиям и нормам, приведенным в таблице 4. Природные горючие газы по токсикологической характеристике относятся к веществам 4-го класса опасности по ГОСТ 12.1.007 – 76 [16]. Они образуют с воздухом взрывоопасные смеси.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) углеводородов природного газа в воздухе рабочей зоны равна 300 мг/м^3 в пересчете на углерод [17].

Предельно допустимая концентрация сероводорода в воздухе рабочей зоны 10 мг/м^3 , сероводорода в смеси с углеводородами C_1-C_5 3 мг/м^3 .

Таблица 4 - Показатели качества природного газа (горючего)

Наименование показателя	Норма	Метод испытания
Теплота сгорания низшая, МДж/м ³ (ккал/м ³), при 20 °С, 101,325 кПа, не менее	31,8 (7600)	ГОСТ 22667-82
Область значений числа Воббе, МДж/м ³ (ккал/м ³)	41,2 (9850)	ГОСТ 22667-82
Массовая концентрация сероводорода, г/м ³ , не более	0,02	ГОСТ 22387.2- 97
Массовая концентрация меркаптановой серы, г/м ³ , не более	0,036	ГОСТ 22387.2- 97
Объемная доля кислорода, %, не более	1,0	ГОСТ 22387.3 - 77
Масса механических примесей в 1 м ³ , г, не более	0,001	ГОСТ 22387.4- 77
Интенсивность запаха газа при объемной доле 1 % в воздухе, балл, не менее	3	ГОСТ 22387.5-77

2.4.2 Характеристика и свойства мазута

В качестве резервного топлива на Северной ТЭЦ предусмотрено использование мазута марки 100 высокосернистого «Горькнефтеоргсинтез».

Расход топлива в котельном цехе 20000 т/год (котел работает на мазуте 42 дня в году). Доставка мазута осуществляется по железнодорожному пути четырехосными вагонами-цистернами емкостью (40...120) м³.

Мазут — жидкий продукт тёмно-коричневого цвета, остаток после выделения из нефти или продуктов её вторичной переработки бензиновых, керосиновых и газойлевых фракций, выкипающих до 350—360°С. Мазут представляет собой смесь углеводородов, нефтяных смол, асфальтенов, карбенов, карбоидов и органических соединений, содержащих металлы (V, Ni, Fe, Mg, Na, Ca).

Физико-химические свойства мазута зависят от химического состава исходной нефти и степени отгона дистиллятных фракций и характеризуются следующими данными: вязкость, плотность, температура застывания, содержание серы, золы, низшая теплота сгорания. Эксплуатационные характеристики, обязательные требования к качеству мазута, обеспечивающие безопасность для жизни, здоровья и имущества населения, а также охраны окружающей среды регламентированы ГОСТ 10585-2013 [18].

Зольность мазутов преимущественно обусловлена содержанием кислородсодержащих соединений, содержащих катионы металлов. Некоторая доля золы образуется из взвешенных частиц (силикаты и диоксид кремния). При переходе к более вязким мазутам содержание взвешенных частиц и коллоидных частиц повышается. Зола является крайне нежелательным компонентом про-

дуктов сгорания мазутов, так как, забивает форсунки, ускоряет коррозию оборудования, ухудшает экологическую обстановку в регионе и требует периодической остановки и чистки оборудования котельных установок. Наибольшей опасностью отличаются соединения ванадия (в золе представлены пятиоксидом ванадия V_2O_5), резко снижающие стойкость большинства сталей к высокотемпературной коррозии. Содержание оксида ванадия в золе большинства мазутов составляет порядка 5-50 %, и увеличивается по мере повышения содержания в мазуте серы. Сернистые соединения при сгорании образуют оксиды серы, которые так же ядовиты и ускоряют коррозию за счет образования с водяным паром серной и сернистой кислот [19].

Мазуты применяются в качестве топлива для паровых котлов, котельных установок и промышленных печей, для производства флотского мазута, тяжелого моторного топлива и бункерного топлива. Выход мазута составляет около 50 % по массе в расчете на исходную нефть.

Физико–химические показатели мазута марки М100 согласно ГОСТ 10585-2013:

• Вязкость при 80 °С, условная, градусы ВУ, не более:	16
• Вязкость при 100 °С, условная, градусы ВУ, не более:	6,8
• Зольность, %, не более:	0,14
• Массовая доля механических примесей, %, не более	1,0
• Массовая доля воды, %, не более	1,0
• Содержание водорастворимых кислот и щелочей	отсутствие
• Массовая доля серы, %, не более	3,5
• Содержание сероводорода	отсутствие
• Температура вспышки, В открытом тигле, °С	110
• Температура застывания, °С, не выше	25
• Теплота сгорания (низшая) в пересчете на сухое топливо, кДж/кг, не менее	39000

Химический состав мазутов представлен следующими веществами: углерод, водород, кислород, азот, сера и зола.

Элементарный состав мазута можно представить в виде суммы:

$$C^r + H^r + S_p^r + S_o^r + N^r + O^r + W_t^r + A^r = 100\%,$$

Где все слагаемые выражают в процентах относительно 1 кг мазута:

C^r - содержание углерода, %;

H^r - содержание водорода, %;

S_p^r - содержание пиритной серы, %;

S_o^r - содержание органической серы, %;

N^r - содержание азота, %;

O^r - содержание кислорода, %;

W_t^r - влажность (общая), %;

A^r - зольность, %.

Таблица 5 - Расчетные характеристики высокосернистого мазута

W^r %	A^r %	S^r %	C^r %	H^r %	N^r %	O^r %	Q^r ккал/кг	Q^r МДж/кг	V^0 нм ³ / кг	$V_{RO_2}^0$ нм ³ / кг	$V_{N_2}^0$ нм ³ / кг	$V_{H_2O}^0$ нм ³ / кг	V_r^0 нм ³ /кг
3,0	0,10	2,8	83,0	10,4		0,7	9260	38,77	10,20	1,57	8,06	1,36	10,99

2.4.3 Характеристика и свойства аммиачной воды

Также для работы реактора Денокс необходим восстановитель – 25% аммиачный раствор. Состав аммиачной воды: Аммиак, NH_3 10-35% вес.и вода, H_2O . Физические и химические свойства аммиачной воды представлены в таблице 6.

Таблица 6 - Физические и химические свойства аммиачной воды

Внешний вид	Бесцветная жидкость		
Запах	Характерный едкий запах		
pH	Щелочной (pH 12)		
Точка плавления	25% вес. -57, 5 °C		
Воспламеняемость	Аммиачная вода не огнеопасна		
Самовоспламеняемость	Аммиачный пар: 651 °C		
Взрываемость (при 0 °C)	Аммиачный пар в атмосфере 16-27% об.		
Давление пара при 20 °C	10% вес. 0,0012 кг/см ³	25% вес. 0,0049 кг/см ³	32% вес. 0,0085кг/см ³
Относительная плотность	25% вес. 0,910		
Растворимость	Совершенно растворима в воде		
Молекулярный вес:	Аммиак, NH ₃	17.03	
	Вода, H ₂ O	18.015	
Аммиачная вода – довольно сильное основание, которое реагирует с кислотами или кислыми газами и образует соли аммония.			

Конечным продуктом являются электрическая и тепловая энергии. Электроэнергия — 64,7%, теплоэнергия — 32,7 %. Электрическая мощность ТЭЦ-27 составляет 1060 МВт, тепловая 1870 Гкал/час.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Необходимо определить экономическую эффективность системы очистки дымовых газов, выполнить расчет капитальных вложений, расчет издержек по эксплуатации газоочистной установки, планирование калькуляции себестоимости очистки газа, расчет платы за выбросы.

Себестоимость очистки газа в газоочистных установках определяется, с одной стороны, капитальными затратами на сооружение установки, а с другой – эксплуатационными расходами, обеспечивающими нормальную эксплуатацию установки.

4.1 Расчет капитальных затрат

В капитальные затраты на строительство газоочистных установок входят: стоимость оборудования; затраты на монтаж оборудования; затраты на сооружение металлоконструкций, трубопроводов, газоходов в пределах установки; затраты на строительные работы, т. е. стоимость здания, фундаментов и других сооружений.

Таблица 25 - Капитальные вложения

Наименование оборудования	Стоимость, руб.	Количество, шт.
1. Оборудование:		
циклон ЦБ - 42	4850000	1
Каталитический реактор Денокс	17100000	1
ИТОГО:	21950000	
2. Сооружения и устройства:		
Насос подачи аммиачной воды	3000	1
Бак для аммиачной воды	4500	1
Вентилятор дымовых газов	870000	1
Газоход	159600	1
Трубопровод	82300	1
Дымовая труба	340000	1
Технологическая оснастка	13560	
Производственный инвентарь	11650	
ИТОГО:	1484610	
ВСЕГО:	23434610	

В стоимость оборудования входят монтажные (12%) и транспортные расходы (20%).

Таблица 26 - Стоимость приборов КИПиА

Наименование	Количество	Цена	Сумма
1. Покупная стоимость			
а) Термопара ТХЛ - 0806	3	2500	7500
б) Сигнализатор ALARM 745	2	1200	2400
в) Микроманометр ММН – 240(5) - 1	2	7350	14700
г) Газоанализатор ИНА - 109	2	28000	56000
д) Манометр Сервомекс 2700	4	31000	124000
е) ротаметр индукционный ТВ/Ф	1	4300	4300
ж) реле расхода 41В	1	2900	2900
з) Диф. манометр	1	6550	6550
и) Газоанализатор ФГИ - 1	1	15600	15600
ИТОГО: $C_{\text{пок}}$			233950
2. ТЗР 24% от $C_{\text{пок}}$			56148
3. Расходы на монтаж 30% от $C_{\text{пок}}$			70185
ИТОГО: $C_{\text{пол}}$			360283

4.2 Расчет затрат на эксплуатацию системы газоочистки

Амортизационные отчисления рассчитываются по формуле:

$$Z_{\text{ам}} = C_0 \cdot N_A$$

где C_0 - стоимость оборудования, руб.;

N_A - норма амортизации: $N_A = 1/C_9$;

где C_9 - срок эксплуатации оборудования, руб.;

$$N_A = 1/25 = 0,04$$

$$Z_{\text{ам}} = 12434610 \cdot 0,04 = 493384,4 \text{ руб}$$

Годовая потребность технологической и силовой электроэнергии определяется по формуле:

$$Q_{\text{эл.эн.}} = M \cdot T \cdot K_c,$$

где M - установленная мощность токоприемника, кВт;

T - фактическое время работы токоприемника за год, ч/год;

T = общее время - кап. ремонт - технолог. простой = 8760 - 360 - 0 = 8400 ч/год;

K_c — коэффициент спроса токоприемника на электроэнергию. Значения K_c

для двигателей вентиляторов, насосов, конвейеров и дымососов - 0,9.

$$Q_{\text{эл.эн.}} = 77,6 \cdot 8400 \cdot 0,9 = 586656 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год.}$$

$$Z_{\text{эл.эн.}} = Q_{\text{эл.эн.}} \cdot C_{\text{эл.эн.}}, \text{ руб.}$$

где $C_{\text{эл.эн.}}$ - заводская цена за единицу энергии, руб./кВт · ч

$$Z_{\text{эл.эн.}} = 586656 \cdot 0,97 = 569056,32 \text{ руб.}$$

Годовая потребность воды рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{воды}} = (Q_{\text{в.х.н.}} + Q_{\text{в.об.}}) \cdot C_{\text{в}}$$

Расход воды на хозяйственные нужды:

$$Q_{\text{в.х.н.}} = g_{\text{в}} \cdot P_{\text{в}} \cdot \Phi_{\text{н}}$$

где $g_{\text{в}}$ – норма расхода воды одного рабочего – 20 литров;

$P_{\text{в}}$ – общая численность работающих – 10 человек;

$\Phi_{\text{н}}$ – номинальное время работы – 365 дней;

$C_{\text{в}}$ – стоимость одного литра воды – 1,9 руб.

$$Q_{\text{в.х.н.}} = 20 \cdot 10 \cdot 365 = 73000 \text{ л.}$$

Расход воды на эксплуатацию оборудования:

Рассчитаем расход воды, необходимой для работы реактора Деннокс:

- При сжигании газа для работы каталитического реактора требуется 193,41 кг/ч воды (данные материального баланса). При переводе данной величины в м³/час получаем $193,41/989,4 = 0,2 \text{ м}^3/\text{час}$ (где 989,4 плотность воды при $t = 47^\circ\text{C}$)

На природном газе котел работает 323 дня в году, следовательно за это время понадобится воды $0,2 \cdot 24 \cdot 323 = 1550,4 \text{ м}^3/\text{год}$

- При сжигании мазута для работы каталитического реактора требуется 25,87 кг/час воды (данные материального баланса). Переводим данную величину и получаем $0,026 \text{ м}^3/\text{час}$. Котел работает на мазуте 42 дня в году, следовательно, общий объем воды на очистную установку за это время равняется $0,026 \cdot 24 \cdot 42 = 26,35 \text{ м}^3/\text{год}$.

Общий расход воды на очистную установку равен

$$P_{\text{в.об}} = 26,35 + 1550,4 = 1576,75 \text{ м}^3/\text{год} = 1576756,3 \text{ л}$$

$$Z_{\text{воды}} = (73000 + 1576756,3) \cdot 1,9 = 3134537 \text{ руб.}$$

4.3 Расчет фонда оплаты труда

Основой для расчета фонда оплаты труда (ФОТ) работников цеха является «Положение об оплате труда и премировании работников цеха» разработанное на основе тарифно-квалификационного справочника, тарифной сетки и часовых тарифных ставок по разрядам рабочих.

Планирование фонда оплаты труда (ФОТ) производится в соответствии с тарифными ставками и положением об оплате труда рабочих различных специальностей. Планирование следует начинать с расчета прямой заработной платы по тарифу ($\Phi ЗП_{тар}$) по формуле:

$$\Phi ЗП_{тар} = F_{факт.} \cdot L_{ср.час} \cdot R_{сн}$$

где $F_{факт.}$ - годовой фактический фонд времени рабочего i-ой специальности;

$L_{ср.час}$ - средняя часовая тарифная ставка;

$R_{сн}$ - списочный штат рабочих i-ой специальности.

Приработок сдельщика устанавливается за перевыполнение плана производства из расчета 2% доплаты к тарифу за каждый 1% перевыполнения плана - для основных рабочих, для вспомогательных - 1%.

$$ПЗ_{сд} = 2 \cdot A \cdot \Phi ЗП_{тар} / 100$$

где A - процент перевыполнения плана.

Премия за перевыполнение плана определяется по установленному проценту премии ($П_{пр}$) от заработной платы по тарифу ($\Phi ЗП_{тар}$):

$$З_{пр} = П_{пр} \cdot \Phi ЗП_{тар} / 100$$

Доплаты за работу в ночное время ($ДЗ_{ноч}$) производятся в размере 40% от заработной платы по тарифу ($\Phi ЗП_{тар}$) за каждый час ночной работы, причем ночными часами считаются время работы с 22 до 6 часов утра.

$$ДЗ_{ноч} = 40 \cdot 0,33 \cdot \Phi ЗП_{тар} / 100$$

Доплаты за работу в праздничные дни ($ДЗ_{пр}$) производятся в размере 100% от заработной платы по тарифу ($\Phi ЗП_{тар}$) за каждый отработанный праздничный час:

$$ДЗ_{пр} = n \cdot R_{сн} \cdot L_{ср.час} \cdot 100 / 100$$

где n - число праздничных часов, отработанных рабочим за год.

Доплаты за переработку времени по графику ($ДЗ_{п.гр}$) производятся в размере 50% от тарифной ставки за каждый час переработки:

$$ДЗ_{п.гр} = 50 \cdot 182 \cdot R_{сн} \cdot L_{ср.час} / 100$$

Доплаты за тяжесть и неудобство труда ($ДЗ_{тн}$) производятся в размере от 8% до 12% от заработной платы по тарифу ($\Phi ЗП_{тар}$):

$$ДЗ_{ми} = 10 \cdot \Phi ЗП_{мар} / 100$$

Фонд основной заработной платы ($\Phi ЗП_{осн}$) определяется суммированием с учетом районного коэффициента, $k_p=1$:

$$\Phi ЗП_{осн} = k_p \cdot (\Phi ЗП_{мар} + ПЗ_{мар} + П_{сд} + З_{пр} + ДЗ_{ноч} + ДЗ_{пр} + Д_{н.зр} + Д_{ми}.)$$

Дополнительная заработная плата ($ЗП_{доп}$) принимается для основных рабочих 12,5%, для вспомогательных рабочих 12% от фонда основной заработной платы ($\Phi ЗП_{осн}$):

Годовой фонд оплаты труда ($\Phi ОТ$):

$$\Phi ОТ = \Phi ЗП_{осн} + ЗП_{доп}$$

$$ЗП_{доп} = 12,5 \cdot \Phi ЗП_{осн}$$

Расчет среднемесячной заработной платы ($ЗП_{ср.мес}$) одного рабочего производится по следующей формуле:

$$ЗП_{ср.мес} = \Phi ОТ / (R_{ср} \cdot 12)$$

где 12 - число месяцев в году.

Таблица 27 - Штат рабочих котельного цеха №1

Специальности рабочих	Количество рабочих, чел	Заработная плата, руб.	
		за месяц/чел	за год
1 Основные:			
Оператор очистной установки 5р	3	10586,85	381126,44
Оператор очистной установки 4р	2	13667,18	328012,33
2 Вспомогательные:			
Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования 6-го разряда	1	42810,41	513724,92
Слесарь-ремонтник 5р.	2	8438,32	202519,68
Моторист по уборке оборудования электростанций 2-го разряда	2	8885,55	213253,22
ВСЕГО:	10	84388,31	1638636,59

Таблица 28 - Фонд рабочего времени

Показатели	Основные рабочие	Вспомогательные рабочие
Календарное время, сут.	365	365
Номинальное время, сут.	327	327
Праздничные и выходные дни, сут.	38	38
Фактическое время, сут.	163	114
Длительность смены, час.	164	213
Отработано, час.	1962	1704

Для примера приведен расчет заработной платы оператора очистной установки 5-го разряда (3 человека):

Средняя часовая тарифная ставка: $L_{ср.час} = 32,96$

Заработная плата по тарифу: $\Phi ЗП_{тар} = 32,96 \cdot 3 \cdot 1962 = 194002,56$ руб/год.

Премия за перевыполнение плана: $З_{пр} = 50 \cdot 194002,56 / 100 = 97001,28$ руб/год

Доплаты за работу в ночное время: $ДЗ_{ноч} = 40 \cdot 0,33 \cdot 194002,56 / 100 = 25608,34$ руб/год

Доплаты за работу в праздничные дни: $ДЗ_{пр} = 120 \cdot 3 \cdot 32,96 = 11865,6$ руб/год

Доплаты за переработку времени по графику:

$$ДЗ_{п.гр} = 50 \cdot 182 \cdot 3 \cdot 32,96 / 100 = 8998,08 \text{ руб/год}$$

Доплаты за тяжесть и неудобство труда: $ДЗ_{тн} = 10 \cdot 194002,56 / 100 = 19400,26$ руб/год

Фонд основной заработной платы (руб/год):

$$\Phi ЗП_{осн} = 1 \cdot (194002,56 + 97001,28 + 25608,34 + 11865,6 + 8998,08 + 19400,26) = 356876,12$$

Дополнительная заработная плата: $ЗП_{доп} = 12,5 \cdot 194002,56 / 100 = 24250,32$ руб/год.

Годовой фонд оплаты труда: $\Phi ОТ = 356876,12 + 24250,32 = 381126,44$ руб/год

Среднемесячная заработная плата: $ЗП_{ср.мес} = 381126,44 / (3 \cdot 12) = 10586,85$ руб/мес.

Аналогично производится расчёт фонда ЗП всех работающих на производстве.

Годовой фонд оплаты для всех рабочих:

$$\sum \Phi ОТ = 381126,44 + 328012,33 + 513724,92 + 202519,68 + 213253,22 = 1638636,59 \text{ руб/год.}$$

Затраты по заработной плате в себестоимости продукции $З_{сб.п.}$ составят:

$$З_{сб.п} = \sum \Phi ОТ / W_{год}$$
$$З_{сб.п} = 1638636,59 / 1503,82 = 1089,65 \text{ руб/год}$$

Отчисления в социальные фонды, предусмотренные по законодательству в размере 26,2% от величины ФОТ, составят:

$$З_{отч} = 0,262 \cdot \sum \Phi ОТ$$
$$З_{отч} = 0,262 \cdot 1638636,59 = 429322,79 \text{ руб/год}$$

Издержки по эксплуатации природоохранной системы рассчитываются по формуле:

$$И_{пр.с} = З_{ам} + З_{эн} + З_{вода} + З_{отч} + З_{сб.п},$$
$$И_{пр.с} = 493384,4 + 569056,32 + 313453,7 + 429322,79 + 1089,65 = 4627390,16 \text{ руб.}$$

4.4 Расчет калькуляции себестоимости очистки газовых выбросов

Объем дымовых газов поступающих на очистку при сжигании мазута составляет 261206248 м³/год; при сжигании природного газа 3718340685,3 м³/год. Общий объем равен 3979546933,3 м³/год.

Таблица 29 - Калькуляции себестоимости очистки выбросов

Наименование статей	Ед. измер.	Цена (руб)	Расход в натур. величине		Затраты в денежном выражении, руб.	
			на 1000 м ³	на весь объем	на 1000 м ³	на весь объем
1. Энергозатраты:						
1.1 Электроэнергия	кВт/ч	0,97	0,14	586656	0,135	569056
Итого переменных издержек:					0,135	569056
1. Заработная плата основных рабочих					0,18	709138
1.1 Отчисления на социальные страхования (30%)					0,05	212741
2. Заработная плата вспомогательных рабочих					0,65	2568134
2.1 Отчисления на социальные страхования (30%)					0,19	770440
3. Расходы на оборудование, КИП и инструменты					5,98	23794893
4. Амортизация оборудования					0,12	493384
5. Прочие расходы						90000
Итого постоянных издержек:					7,2	28638730
Полная себестоимость					7,335	29207786

4.5 Расчет платы за выбросы загрязняющих веществ

В соответствии с Законом РФ «Об охране окружающей среды», данное предприятие осуществляет плату за выбросы в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных источников и за выбросы в атмосферу загрязняющих веществ от передвижных источников. В данной работе подробно была рассмотрена работа одного из цехов. Плата за выбросы будет рассчитана от котла, находящегося в цехе. Котел работает 323 дня в году на природном газе, а 42 дня в году в качестве топлива используют мазут. Расчеты выбросов загрязняющих веществ обеих схем сжигания приведены в разделе 3 данного дипломного проекта.

Так как при сравнении фактических выбросов с разрешением на сброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух, оформленным предприятием,

превышений нет, то плата за выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников производится по формуле:

$$П_{с.и.} = \sum (Н \cdot М) \cdot К \cdot 2,33, \text{ (руб/год)} \quad (28)$$

где: Н - норматив платы за выброс 1 тонны загрязняющих веществ в пределах допустимых нормативов выбросов, (руб./т);

М - масса выбрасываемого загрязняющего вещества в пределах допустимых нормативов, (т/год);

К - коэффициент, экологической ситуации данного региона по атмосферному воздуху, К = 1,9 для Москвы, 2,33 - коэффициент инфляции, (Федеральный закон Российской Федерации «О федеральном бюджете на 2014 год и плановый период 2015 и 2016 годов» №349-ФЗ от 2 декабря 2013 года).

Расчеты приведены в таблицах 30 и 31.

Таблица 30 - Расчет платы за выбросы загрязняющих веществ от котла ТГМЕ-464 (без ДЕНОКС) при сжигании газа

Код ЗВ	Наименование ЗВ	Выбросы в атмосферный воздух	Норматив платы за выброс 1 т в пределах ПДВ	Нормативная плата (Н·М)·К·2,33
		т/год	руб/т	руб/год
0301	NO ₂	1315,12	260	1513729,42
0304	NO	213,71	175	165566,48
0703	Бензпирен	0,000206	2049801	1869,34
0337	Оксид углерода	2572,65	0,6	6833,47
Всего:				1687998,72

Таблица 31 - Расчет платы за выбросы загрязняющих веществ от котла ТГМЕ-464 (без применения очистных сооружений) при сжигании мазута

Код ЗВ	Наименование ЗВ	Выбросы в атмосферный воздух	Норматив платы за выброс 1 т в пределах ПДВ	Нормативная плата (Н·М)·К·2,33
		т/год	руб/т	руб/год
0301	NO ₂	22,88	260	26335,34
0304	NO	3,72	175	2881,97
0703	Бензпирен	0,03	2049801	272234,07
0337	Оксид углерода	111,76	0,6	296,86
0330	Оксиды серы	392	105	182215,35
2904	Мазутная зола	4,13	5125	93702,98
Всего:				577666,57

4.6 Экономическая оценка эффективности природоохранных мероприятий

Определяется с целью:

- установления народнохозяйственных результатов затрат на предупредительные и защитные мероприятия;
- характеристики фактической и планируемой эффективности затрат на действующих предприятиях;
- принятия решений об очередности проведения природоохранных мероприятий различных направлений.

Прямой ущерб проявляется непосредственно на объектах, расположенных в зоне негативного воздействия промышленного производства или оружия.

Косвенный ущерб проявляется в смежных производствах, на объектах непроизводственной сферы и в природной среде. Например, потери продукции промышленного предприятия из-за снижения производительности труда и заболеваний трудящихся, вследствие воздействия загрязненной среды на население.

Экономический ущерб – это затраты и потери в стоимостном выражении, возникающие вследствие загрязнения окружающей среды по сравнению с ее естественным состоянием, либо сверх предельно допустимых концентраций, регламентированных нормами.

Социально-экономический ущерб – это стоимостные потери, связанные с увеличением заболеваемости населения в зоне влияния источника загрязнения и затраты на восстановление трудоспособности людей и социальное страхование.

Эколого-экономический ущерб – это потери природоохранных ресурсов, обусловленные ухудшением состояния окружающей среды, вследствие влияния промышленного производства или других видов хозяйственной деятельности и затраты на их компенсацию или восстановление. Размер ущерба определяется как сумма ущербов, наносимых отдельным видам реципиентов, в пределах загрязненной зоны, или по укрупненной оценке. Оценка ущербов по

природным средам должна осуществляться на базе соответствующих отраслевых методик: размер ущерба необходимо определять отдельно для каждого вида природных ресурсов. При наличии источника загрязнения, воздействующего одновременно на все или несколько видов природных ресурсов – атмосфера, вода, территория и т.д. необходимо проводить оценку комплексного народно-хозяйственного ущерба.

Рассчитаем фактическую плату за выбросы от котла марки ТГМЕ-464 при сжигании газа по формуле 28, результаты занесем в таблицу 32.

Таблица 32 - Расчет платы за выбросы загрязняющих веществ от котла ТГМЕ-464 (с учетом степени очистки катализатора 67%) при сжигании газа

Код ЗВ	Наименование ЗВ	Выбросы в атмосферный воздух	Норматив платы за выброс 1 т в пределах ПДВ	Нормативная плата
		т/год	руб./т	руб./год
0301	NO ₂	433,879	260	492973,32
0304	NO	70,349	175	54501,13
0703	Бензпирен	0,000206	2049801	1869,34
0337	Оксид углерода	2572,65	0,6	6833,47
Всего:				556177,26

Чтобы узнать экономическую выгоду Э очистного сооружения нужно из платы за выбросы без учета очистной установки вычесть плату с учетом применения очистки: $\mathcal{E} = \Pi_{\text{с.и 1.}} - \Pi_{\text{с.и 2}}$

$$\mathcal{E} = 1687998,72 - 556177,26 = 1131821,46 \text{ (руб./ год)}$$

Отсюда следует, что применение очистной установки на котле ТГМЕ-464 при сжигании газа на ТЭЦ-27 сокращает плату за выбросы на 1131821,46 рублей в год.

- Рассчитаем фактическую плату за выбросы от котла марки ТГМЕ-464 при сжигании мазута:

Зная степень очистки дымовых газов от мазутной золы циклоном – 95 %, найдем количество уловленной золы методом пропорции: $4,13 \cdot 95 / 100 = 3,92$ т/год золы улавливается циклоном. Следовательно, без очистки выбрасывается в атмосферу $4,13 - 3,92 = 0,21$ т/год.

Подобным образом рассчитываем выброс в атмосферу оксидов азота с учетом очистки их в реакторе Денокс.

Найдем коэффициент учитывающий степень улавливания бензпирена золоуловителем при сжигании мазута:

$$K_{з.у.} = 1 - \eta_{з.у.} \cdot Z/100$$

Где $\eta_{з.у.}$ - КПД золоуловителя (по золе),%

Z – коэффициент, учитывающий снижение улавливающей способности бензпирена золоуловителями : для сухих аппаратов Z = 0,7

$$K_{з.у.} = 1 - 95,15/100 = 0,05$$

Выбросы бензпирена с учетом работы циклона составят $0,03 \cdot 0,05 = 0,0015$ т/год.

Результаты заносим в таблицу 33.

Таблица 33 - Расчет платы за выбросы загрязняющих веществ от котла ТГМЕ-464(с учетом очистки циклоном – 95% и реактором ДЕНОКС - степень очистки 67%) при сжигании мазута

Код ЗВ	Наименование ЗВ	Выбросы в атмосферный воздух	Норматив платы за выброс 1 т в пределах ПДВ	Нормативная плата (Н·М)·К·2,33
		т/год	руб/т	руб/год
0301	NO ₂	7,55	260	8690,201
0304	NO	1,26	175	976,15
0703	Бензпирен	0,0015	2049801	13611,7
0337	Оксид углерода	111,76	0,6	296,86
0330	Оксиды серы	392	105	182215,35
2904	Мазутная зола	0,21	5125	4764,55
Всего:				210554,81

Чтобы узнать экономическую выгоду Э очистных сооружений необходимо из платы за выбросы без учета очистных установок вычесть плату с учетом применения очистки: $\mathcal{E} = П_{с.и 1.} - П_{с.и 2}$

$$\mathcal{E} = 577666,57 - 210554,81 = 367111,76 \text{ (руб./ год)}$$

Отсюда следует, что применение очистных установок на котле ТГМЕ-464 при сжигании мазута на ТЭЦ-27 сокращает плату за выбросы на

$$367111,76 + 1131821,46 = 1498933,22 \text{ рублей в год.}$$

4.7 Определение расчетного срока окупаемости капитальных вложений

Показателем экономической эффективности природоохранных затрат является отношение годового объема полного экономического эффекта к общим затратам, обусловившим его получение.

Срок окупаемости капитальных вложений рассчитывается по формуле:

$$T = \frac{\mathcal{E} + K}{\mathcal{E}_n}$$

где $\mathcal{E}$ - эксплуатационные расходы;

K - капитальные затраты;

$\mathcal{E}_n$ - Экономия платы за сбросы вложений в природоохранные мероприятия.

$$T = (4627390,16 + 23434610) / 1498933,22 = 18,7 \text{ лет.}$$

Вывод: капитальные вложения для введения в эксплуатацию природоохранной системы составляют 23434610 рублей, а эксплуатационные расходы - 4627390,16 рублей в год. С внедрением очистных установок, плата за выбросы снижается с 2265665,29 до 766732,07 рублей в год, экономия средств составит 1498933,22 рублей. Срок окупаемости капитальных вложений в природоохранные мероприятия составит 18 лет и 7 месяцев.

Здесь следует учитывать, что предприятие расположено в густонаселенном районе и главной задачей является сохранение природной окружающей среды и здоровья настоящего и последующих поколений. Кроме того, внедрение данной схемы очистки дымовых газов от загрязняющих веществ позволяет минимизировать отходы производства: всего 3880,8 кг мазутной золы в год.

Следовательно, предложенные в дипломном проекте технические решения по использованию очистных установок на ТЭЦ-27 филиал ОАО «Мосэнерго» в котельном цехе, являются целесообразными с точки зрения охраны окружающей среды и могут быть применены на практике.