

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

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность»
Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Оценка вредного воздействия на атмосферный воздух выбросов, образующихся при сжигании топлива

УДК 504.064:662.613

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е2Б	Плотникова Вероника Викторовна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ ИНК ТПУ	Волков Юрий Викторович	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры менеджмента ИСГТ ТПУ	Королева Наталья Валентиновна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ ИНК ТПУ	Сечин Андрей Александрович	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭБЖ ИНК ТПУ	Романенко Сергей Владимирович	Д.Х.Н.		

Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Общекультурные и общепрофессиональные компетенции</i>		
P1	Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы, применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности, знание вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-5, ОК-7, ОК-11, ОК-15, ОПК-1, ОПК-2), Критерий 5 АИОР (п. 2.12)
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, уметь применять основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации; использовать современные технические средства и информационные технологии для ведения практической инновационной инженерной деятельности в области техносферной безопасности.	Требования ФГОС (ОК-12, ОПК-1), Критерий 5 АИОР (п. 2.5)
P3	Способность эффективно работать самостоятельно, в качестве члена и руководителя интернационального коллектива при решении междисциплинарных инженерных задач, применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля; осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования; уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.	Требования ФГОС (ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-8, ОК-9, ОК-10, ОК-11, ОК-14, ОК-15, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-5). Критерий 5 АИОР (п. 2.9, 2.12, 2.14)
P4	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, активно владеть иностранным языком, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.	Требования ФГОС (ОК-13, ОПК-4), Критерий 5 АИОР (п. 2.11)
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P5	Способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности с целью моделирования устройств, систем и методов защиты человека и природной среды от опасностей.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-5, ПК-17, ПК-18), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8)
P6	Способность принимать участие в разработке инновационных инженерных проектов в области техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, разрабатывать и использовать графическую документацию, принимать участие в установке, эксплуатации и проведении технического обслуживания средств защиты, следовать корпоративной культуре работодателя.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-14). Критерий 5 АИОР (п. 2.2, 2.4, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8)
P7	Способность ориентироваться в основных проблемах техносферной безопасности, оценивать риск и определять меры по обеспечению безопасности разрабатываемой техники, использовать современные методы расчетов элементов технологического оборудования по критериям работоспособности и надежности.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-4, ПК-5, ПК-13), Критерий 5 АИОР (п. 2.2, 2.4)

P8	Способность принимать участие в работе научно-исследовательского коллектива по разработке новых перспективных систем жизнеобеспечения, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов, эксперименты, обработку результатов и формулировку выводов.	Требования ФГОС (ПК-14, ПК-15, ПК-16), Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.9)
P9	Готовность использовать знания по организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в ЧС на объектах экономики.	Требования ФГОС (ПК-8, ПК-9), Критерий 5 АИОР (п. 2.6, 2.12)
P10	Способность анализировать механизмы и характер воздействия опасностей на человека и природную среду с учетом их специфики; использовать методы определения нормативных уровней допустимых негативных воздействий и проводить измерения уровней опасностей в среде обитания; составлять прогнозы возможного развития ситуации.	Требования ФГОС (ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-13), Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8)

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

Институт неразрушающего контроля
 Направление подготовки (специальность) 20.03.01 Техносферная безопасность
 Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой
 _____ С. В. Романенко
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
1Е2Б	Плотникова Вероника Викторовна

Тема работы:

Оценка вредного воздействия на атмосферный воздух выбросов, образующихся при сжигании топлива

Утверждена приказом директора (дата, номер)	14.04.2016 №2822/с
---	--------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Исследование загрязнения атмосферы в результате внедрения технологии газификации на ТЭЦ-3. Исходными данными являются параметры синтез-газа и описание процесса газификации.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной</i></p>	<p>Обзор загрязнения атмосферы источниками выбросов характерных для электроэнергетической отрасли. Изучение и применение методик для расчета выбросов загрязняющих веществ от котлов мощностью 500 МВт. Проведение оценки воздействия на окружающую среду выбросов загрязняющих веществ, образующихся в</p>

<i>работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	результате сжигания синтез-газа в котлах ТЭЦ-3. Разработка по снижению выбросов.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Презентация Microsoft PowerPoint 2013
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Королева Наталья Валентиновна
Социальная ответственность	Сечин Андрей Александрович

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.03.2016
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ ИНК ТПУ	Волков Юрий Викторович	к. т. н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е2Б	Плотникова Вероника Викторовна		

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

Институт неразрушающего контроля
 Направление подготовки (специальность) 20.03.01 Техносферная безопасность
 Уровень образования бакалавриат
 Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20.01.2016	<i>Анализ литературных источников</i>	10
16.02.2016	<i>Исследование исходных данных для расчета</i>	4
26.02.2016	<i>Изучение методики для расчетов</i>	10
20.03.2016	<i>Расчет выбросов загрязняющих веществ по трем видам топлива</i>	16
28.03.2016	<i>Расчет рассеивания загрязняющих веществ при сжигании топлива</i>	20
9.03.2016	<i>Написание раздела «Социальная ответственность»</i>	8
20.03.2016	<i>Написание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</i>	8
06.04.2016	<i>Оформление результатов расчетов</i>	15
17.04.2016	<i>Оформление пояснительной записки</i>	22
25.05.2016	<i>Участие в VI Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность»</i>	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ ИНК ТПУ	Волков Юрий Викторович	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭБЖ ИНК ТПУ	Романенко Сергей Владимирович	д.х.н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1Е2Б	Плотниковой Веронике Викторовн

Институт	ИНК	Кафедра	ЭБЖ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Техносферная безопасность

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, предоставленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос
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 потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценка потенциальных потребителей исследования, SWOT-анализ, QuaD-анализ, конкурентоспособность.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование этапов работы, определение календарного графика и трудоемкости работы, расчет бюджета.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка сравнительной эффективности исследования.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений	
2. Матрица SWOT	
3. Альтернативы проведения НИ	
4. График проведения и бюджет НИ	
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2016
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры менеджмента ИСГТ ТПУ	Королева Наталья Валентиновна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е2Б	Плотникова Вероника Викторовна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 1Е2Б	ФИО Плотниковой Веронике Викторовне
----------------	--

Институт Уровень образования	ИНК Бакалавриат	Кафедра Направление/специальность	ЭБЖ Техносферная безопасность
---------------------------------	--------------------	--------------------------------------	-------------------------------------

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность

1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;
- действие фактора на организм человека;
- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
- предлагаемые средства защиты;

1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);
- пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

2. Экологическая безопасность:

- защита селитебной зоны
- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);
- анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);
- разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:

- перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;
- выбор наиболее типичной ЧС;
- разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.

4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:

- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2016
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ ИНК ТПУ	Сечин Андрей Александрович	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е2Б	Плотникова Вероника Викторовна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 89 с., 11 рис., 39 табл., 17 источников, 2 прил.

Ключевые слова: характеристика загрязнений от электроэнергетической отрасли; оценка воздействия загрязняющих веществ на атмосферный воздух; анализ источников воздействия ТЭЦ на атмосферный воздух; расчет рассеивания загрязняющих веществ; изолинии полей концентрации загрязняющих веществ при сжигании топлива; анализ характеристик синтез-газа.

Объектом исследования являются котлы энергетической части ТЭЦ-3.

Цель работы – оценка воздействия на атмосферный воздух выбросов загрязняющих веществ, которые образуются при сжигании в котлах ТЭЦ-3 синтез-газа, полученного при газификации твердого топлива.

В процессе исследования проводился расчет рассеивания загрязняющих веществ при сжигании природного газа, синтез-газа и тощего угля в энергетических котлах мощностью 500 МВт.

В результате исследования проведена оценка эффективности использования синтез-газа вместо основного топлива в парогазовом цикле на ТЭЦ-3.

Область применения: результаты данной ВКР могут быть использованы при внедрении установок для газификации угля на ТЭЦ.

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. РД 34.02.305-98. Методика определения валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок ТЭС;
2. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий.

Настоящие нормы устанавливают методику расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Нормы должны соблюдаться при проектировании предприятий, а также при нормировании выбросов в атмосферу реконструируемых и действующих предприятий.

3. ГН2.1.6.1339-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

Настоящие нормативы распространяются на атмосферный воздух населенных мест городских и сельских поселений. Настоящие нормативы используются при решении вопросов предупредительного надзора для обоснования требований к разработке оздоровительных мероприятий по охране атмосферного воздуха проектируемых, реконструируемых и опытных малотоннажных производств.

4. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.

Санитарные правила устанавливают гигиенические требования к размеру санитарно-защитных зон в зависимости от санитарной классификации предприятий, сооружений и иных объектов, требования к их организации и благоустройству, основания к пересмотру этих размеров.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

ЗВ – загрязняющее вещество;

ПДВ – предельно-допустимый выброс;

ВСВ – временно-согласованный выброс;

СЗЗ – санитарно-защитная зона;

ОНД – общесоюзный нормативный документ;

УПРЗА – унифицированная программа расчета загрязнения атмосферы;

ТЭЦ – теплоэлектроцентраль;

ТЭС – теплоэлектростанция;

ГРЭС – государственная районная электростанция;

ДГ – дымовые газы;

ПДК – предельно допустимая концентрация.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	14
1 Воздействие на атмосферу электрических и тепловых станций	16
1.1 Описание исследуемой отрасли	16
1.2 Электроэнергетическая отрасль в России	17
1.3 Основное топливо, использующееся на электростанциях.....	19
1.4 Характеристика загрязняющих атмосферу веществ, образующихся при работе электростанций.....	21
1.5 Нормирование выбросов источников воздействия	24
2 Описание основных характеристик котельных установок	27
3 Оценка воздействия на атмосферу выбросов от котельных установок	30
3.1 Расчет выбросов загрязняющих веществ при работе котла на природном газе.	30
3.1.1 Расчет выбросов оксидов азота для котельных установок с факельным методом сжигания топлива.....	30
3.1.2 Расчет расхода природного газа:	31
3.1.3 Расчет выбросов оксидов серы	31
3.2 Расчет выбросов загрязняющих веществ при работе котла на синтез-газе.	34
3.2.1 Расчет расхода синтез-газа:.....	34
3.2.2 Расчет выбросов оксидов азота:.....	34
3.2.3 Расчет выбросов оксидов серы:	34
3.3 Расчет выбросов загрязняющих веществ при работе котла на тощем угле.	39
3.3.1 Расчет расхода угля:	39
3.3.2 Расчет выбросов оксидов азота:.....	39
3.3.3 Расчет выбросов оксидов серы:	39
3.3.4 Расчет выбросов твердых частиц.....	40

4	Результаты оценки воздействия на атмосферу выбросов от котельных установок	46
5	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	50
5.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	50
5.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	50
5.1.2	Анализ конкурентных технических решений	51
5.1.3	Технология QuaD	52
5.1.4	SWOT-анализ	53
5.2	Планирование научно-исследовательских работ	55
5.2.1	Структура работ в рамках научного исследования.....	55
5.2.2	Определение трудоемкости работ	56
5.2.3	Разработка графика проведения научного исследования.....	57
5.2.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	61
5.3	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	65
6	Социальная ответственность	69
6.1	Производственная безопасность	70
6.2	Экологическая безопасность	74
6.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	77
6.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	79
	Заключение	81
	Список используемых источников.....	82
	Приложение А Показатели установок по газификации	84
	Приложение Б Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	89

ВВЕДЕНИЕ

Топливо-энергетический комплекс – это один из основных источников загрязнения атмосферного воздуха. Источниками загрязнения атмосферного воздуха теплоэлектроцентралями являются пылегазовые выбросы, а именно азота оксиды, серы оксиды и взвешенные вещества (при сжигании твердого топлива).

Поиск альтернативных видов топлива, оказывающих минимальное воздействие на атмосферный воздух является актуальным направлением в связи со сложной экологической ситуацией. Загрязнение окружающей среды происходит на протяжении всего процесса производства топливных ресурсов, а особенно существенное загрязнение атмосферного воздуха приходится на процесс получения тепла и энергии. При всем этом страдает население, как небольших поселков, так и крупных городов, где воздействие загрязняющих веществ суммируется от всех сфер промышленности.

Следовательно, сохранение окружающей среды, является важнейшей задачей топливо-энергетического комплекса.

Цель данной выпускной квалификационной работы заключается в оценке воздействия на атмосферный воздух выбросов загрязняющих веществ, образуются при сжигании в котлах ТЭЦ-3 синтез-газа, полученного при газификации твердого топлива.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

- 1) Рассчитываются выбросы загрязняющих веществ, образующихся при сжигании природного газа, угля и синтез газа в существующих котлах на ТЭЦ-3;
- 2) Проводится расчет рассеивания и анализ полей концентраций выбрасываемых загрязняющих веществ по видам топлива;
- 3) Оценивается воздействие выбрасываемых загрязняющих веществ на атмосферу;

4) Оценивается экологическая эффективность использования синтез-газа в качестве основного топлива на ТЭЦ-3.

1 ВОЗДЕЙСТВИЕ НА АТМОСФЕРУ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ТЕПЛОВЫХ СТАНЦИЙ

Среди различных воздействий городов на окружающую среду в целом, наибольшее практическое значение имеет загрязнение атмосферного воздуха различными загрязняющими веществами, которые выбрасываются транспортом, промышленными предприятиями и отопительными системами.

Энергетика является крупной отраслью по объему выбросов в атмосферу. В основном это загрязнение обусловлено использованием топлива низкого качества, например, с повышенной зольностью, сернистостью и т.д.

1.1 Описание исследуемой отрасли

Электроэнергетика – это отрасль энергетики, которая включает производство, передачу и сбыт электроэнергии. Своеобразие электрической энергии заключается в ее практической одновременности генерирования и потребления, так как электрический ток распространяется по сетям со скоростью, близкой к скорости света.

Генерация электроэнергии – процесс преобразования различных видов энергии в электрическую. Процесс генерации электроэнергии имеет следующие виды:

- Тепловая электроэнергетика. Принцип: энергия, образующаяся при сгорании органических топлив преобразуется в электрическую энергию;
- Ядерная электроэнергетика. Тепловая энергия получается путем деления атомных ядер в реакторе;
- Альтернативная электроэнергетика. Основные виды: ветроэнергетика, геотермальная энергетика, солнечная энергетика и гидроэнергетика. [1]

Электроэнергетика принадлежит к отраслям топливно-энергетического комплекса, который сохраняет свою стабильность в развитии.

Топливо-энергетический комплекс является главным загрязнителем атмосферного воздуха. Также объекты теплоэнергетики обычно располагаются либо в городах, либо в их окрестностях, что усиливает вредное воздействие выбросов.

Большая часть производства электроэнергии более 70% приходится на ТЭС, 20% – на ГЭС и около 10% – на АЭС. На тепловых электростанциях происходит преобразование химической энергии топлива сначала в механическую, а после в электрическую. От вида топлива зависит технологический процесс, осуществляемый на тепловой электростанции (паротурбинные, дизельные, газотурбинные, парогазовые). Топливом для данного типа электростанции могут служить: торф, газ, уголь, мазут, горючие сланцы. Но наибольшее распространение получили такие виды топлива, как уголь и газ.

Тепловые электростанции подразделяются на конденсационные станции и теплоэлектроцентрали. В конденсационных станциях сжигается минеральное топливо, за счет чего в котлах происходит нагрев воды, которая после превращается в пар. После чего нагретый пар проходит через турбины, вырабатывая электроэнергию, затем пар конденсируется и снова попадает в котел. Государственные районные электростанции (ГРЭС) являются самыми мощными конденсационными станциями.

Вторая разновидность тепловых электростанция – теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), которые вырабатывают как электроэнергию, так и тепло. В данных станциях коэффициент использования топлива выше. Строительство теплоэлектроцентралей осуществляется вблизи потребителя, для того чтобы избежать потери при передаче тепла на большие расстояния. В основном мощность ТЭЦ намного меньше, чем у ГРЭС. [2]

1.2 Электроэнергетическая отрасль в России

Электроэнергетика является важной отраслью в сфере энергетики Российской Федерации. Россия занимает третье место в мире по объему

генерации электроэнергии и четвертое по экспорту электроэнергии за рубеж. Однако показатель выработки электроэнергии на душу населения ниже, чем в развитых странах.

В настоящее время в России функционирует Единая энергетическая система (ЕЭС), которая объединяет многочисленные электростанции европейской части и Сибири. ЕЭС делится на 69 региональных энергосистем, которые, в свою очередь, образуют 7 объединенных энергетических систем.

Около 75% всей электроэнергии России производится на тепловых электростанциях. Это связано с тем, что наша страна большим разнообразием и количеством топливных ресурсов, также ТЭС можно размещать вблизи потребителя. [3]

Основными видами топлива, которые используются, – газ (около 70%) и уголь (около 27%). В качестве резервного топлива используется мазут. В европейской части России ТЭС используют преимущественно газ и мазут, в восточной части – уголь.

Всего в России около 1100 электростанций, из которых 50 – особо крупные, с установленной мощностью более 1 ГВт и 10 атомных электростанций.

Современное состояние топливно-энергетического комплекса имеет несколько проблем, которые требуют решения. Во-первых, это безмерное увеличение добычи невозобновляемых источников энергии, за последние десять лет, а также постоянно возрастающее загрязнение окружающей среды. В нашей стране на долю ТЭК приходится около 48% выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, 36% сточных вод и более 30% твердых отходов от всех загрязнителей.

Во-вторых, направление развития ТЭК связаны с проведением энергосберегающей политики, так как почти 2/3 производимой энергии не доходит до потребителя, преобразуясь в тепловую.

1.3 Основное топливо, использующееся на электростанциях

Объекты теплоэнергетики являются определяющими в потреблении воды, кислорода, а также в тепловом и химическом загрязнении ОС.

С продуктами сжигания топлив выбрасываются: примерно 30% твердых аэрозольных частиц, около 60% оксидов серы и азота, основную долю выбросов составляет диоксид углерода как определяющего фактора возникновению «парникового эффекта», приводящего к потеплению климата. Рассмотрим поступление вредных химических веществ при сжигании наиболее распространенных видов топлив, которые используются для получения электроэнергии.

Природный газ – газ природных месторождений, который добывается из недр земли. Основную часть природного газа составляет метан, остальные составляющие – это тяжелые углеводороды, углекислый газ, азот и кислород. Поставщиком газового топлива в России является Монополист Газпром.

При работе ТЭЦ на природном газе определяющими компонентами в дымовых газах являются оксиды азота (NO_x). Суммарная экологохимическая опасность дымовых газов при работе на данном виде топлива примерно в 4 раза ниже, чем при работе станции на угле.

Главное преимущество использования газа, как топлива – высокая экологичность: при сжигании не выбрасывается твердых веществ, выбросы оксидов серы ничтожно малы. Также существует ряд преимуществ данного вида топлива:

- Удобная транспортировка и ее дешевизна;
- Высокая температура сгорания;
- Достижение высокого КПД.

Недостатками являются:

- Легкое воспламенение и взрывоопасность (5-15%);
- Сложность конструкции котла;
- При неполном сгорании выделяет угарный газ. [4]

Уголь является полезным ископаемым, добыча которого широко распространена на территории России. Его используют не только для получения электрической энергии, но и в качестве сырья металлургической и химической промышленности. Уголь классифицируют в зависимости от его теплотворной способности (антрациты имеют самую высокую теплотворную способность, а бурые угли – самую низкую). [5]

При работе на ТЭС на угле определяющими вредными компонентами в дымовых газах являются SO_2 , NO_x , мелкодисперсные аэрозоли, которые включают золу, сажистые частицы, оксиды металлов, а также канцерогенные углеводороды. [6]

Преимуществами данного вида топлива является:

- Низкая стоимость топлива;
- Довольно высокая теплотворная способность;
- Независимость от поставок топлива.

Недостатки:

- Необходимость складских помещений для хранения;
- Высокое количество выбросов загрязняющих веществ;
- Низкий КПД по отпуску электроэнергии (потери в котле и увеличение собственных нужд за счет системы угольного пылеприготовления);
- Высокая зольность.

На большей территории России в котлах ТЭЦ сжигают в основном малосернистые и среднесернистые угли. Основная добыча малосернистых углей осуществляется на Кузнецком и Канско-Ачинском бассейнах с приведенным содержанием серы – 0.12%. [7]

Менее популярным видом топлива является синтез-газ. Данный вид топлива состоит из смеси монооксида углерода и водорода. В современном мире существует несколько способов получения синтез-газа. Популярными методами на сегодняшний день являются: газификация углей, конверсия метана и парциальное окисление углеводородов. Также стоит отметить, что состав

синтез-газа зависит от способа и условий его получения. [8] Оценка состава синтез-газа показывает, что при высокотемпературной газификации полученный газ может содержать до 95% $\text{CO}_2 + \text{H}_2$ и имеет достаточно высокую калорийность до 2700 ккал/м³. Снижение концентрации вредных веществ до минимума достигается при высокой температуре. При этом весь азот переходит в синтез-газ. Стоит отметить, что синтез-газ подвергается золоочистке и извлечению сероводорода. [7] Основное применение синтез-газ нашел в химической промышленности при производстве водорода, углеводородов и метилового спирта. Также, газ начинает преобладать в качестве топлива для получения электрической энергии.

1.4 Характеристика загрязняющих атмосферу веществ, образующихся при работе электростанций

Загрязнение атмосферы – это изменение ее состава в результате попадания в нее веществ, не характерных для постоянного состава атмосферы. В настоящее время проблема загрязнения атмосферного воздуха является одной из серьезнейших глобальных проблем человечества.

Существует два типа загрязнения атмосферного воздуха: загазовывание и запыление.

Загазовывание связано с поступлением в атмосферу газообразных загрязнителей. Выделяют пять наиболее распространенных групп загрязняющих веществ:

- Твердые частицы (пыль, дым, сажа);
- Оксиды серы (SO_2 , SO_3) и H_2S ;
- Оксиды азота (NO и NO_2);
- Оксиды углерода (CO и CO_2),
- Углеводороды (C_xH_x).

На долю указанных загрязняющих веществ приходится около 90-98% всех атмосферных выбросов в городах и промышленных центрах.

Запыление связано с поступлением в атмосферный воздух мелкодисперсных твердых частиц.

Основная масса выбросов СО образуется при сжигании органического топлива. Угарный газ негативно воздействует на организм человека. Связано это с тем, что СО легко связывается с гемоглобином крови, образуя карбоксигемоглобин. Время жизни угарного газа в атмосфере составляет 2-4 месяца.

Диоксид углерода является одним из важнейших парниковых газов. Поступление СО₂ в атмосферу, включая все отрасли образования данного загрязняющего вещества, превышает то количество, которое могут потребить растения. Особенно концентрация газа быстро растет в крупных городах.

Основными методами очистки дымовых газов от оксидов углерода являются сжигание в пламени, а также термическое и каталитическое окисление.

Оксиды азота являются очень токсичными соединениями. Они образуются в процессе горения при высоких температурах путем окисления части азота, который находится в атмосферном воздухе. [9] Помимо отравляющего действия, данные соединения вызывают интенсивную коррозию металлов.

Основные методы очистки дымовых газов от NO_x:

- Адсорбционные методы основаны на поглощении примесей адсорбентами;
- Каталитическое восстановление основано на восстановлении на катализаторе до молекулярного азота;
- Снижение выбросов оксидов азота в атмосферу путем регулирования процесса горения:
 - Сжигание топлив с малыми избытками воздуха. Данный метод является одним из распространенных способов снижения выбросов оксидов азота;

- Рециркуляция продуктов сгорания – это подвод топочных газов в зону горения. Это одно из эффективных средств по снижению выбросов;
- Ввод присадок. Ввод в зону горения присадок, позволяющих добиться разложения части образовавшихся оксидов азота;
- Усовершенствование горелочных устройств. Применение разных типов горелочных устройств с улучшенной конструкцией позволяет добиться снижения содержания оксидов азота. [10]

Содержание оксидов серы полностью зависит от состава исходного топлива. Диоксид серы – это бесцветный газ с острым запахом. До 70 % выбросов SO_2 образуется при сжигании угля, мазута – около 15%.

Диоксиды серы и азота в воздухе соединяются с капельками воды с образованием серной/сернистой и азотной/азотистой кислот. Их растворы долгое время содержатся в воздухе и затем вместе с осадками выпадают на землю. Результатом данного явления служит подкисление водоемов и почв, ухудшение состояния лесов.

Методы очистки дымовых газов от оксидов серы подразделяются на мокрые и сухие. Мокрый способ сероочистки осуществляется в скрубберах, где происходит орошение газов известняковой водой. Сухой способ очистки предполагает добавление к сжигаемому топливу известняка или доломита.

Зола – это несгораемый остаток, который образуется при сгорании органического топлива. В состав золы могут входить разнообразные металлы и естественные радионуклиды. при сжигании органического топлива образуется большое количество летучей золы, что приводит к запыленности атмосферного воздуха, и как следствие снижение уровня солнечной радиации на Земле. [11]

Наличие в атмосферном воздухе большого количества золы наносит большой вред здоровью человека и хозяйству. При попадании частиц пыли в легкие, они вызывают раздражение органов дыхания, делают организм человека более восприимчивым к простудным заболеваниям. [12]

Для улавливания твердых частиц из газового потока золоуловители классифицируют следующим образом.

- Устройства, которые основаны на использовании силы тяжести, пылевые камеры.
- Сухие инерционные золоуловители. (Использование силы инерции и центробежных сил)
- Тканевые фильтры (принцип фильтрации газов через ткань)
- Мокрые инерционные золоуловители. (кроме сил инерции и центробежных сил используется пленочное и капельное улавливание жидкостью)
- Турбулентные золоуловители с применением труб Вентури (укрупнение части в турбулентном потоке с последующим улавливанием в мокром циклоне)
- Пенные газопромыватели, использующие принцип барботажа запыленных газов через слой водяной пены. [12]

1.5 Нормирование выбросов источников воздействия

Особенностью нормирования качества атмосферного воздуха является зависимость воздействия загрязняющих веществ, которые присутствуют в воздухе, на здоровье населения не только от значения концентрации, но и от продолжительности воздействия на человека.

Нормирование в области охраны окружающей среды заключается в установлении нормативов качества окружающей среды, а также нормативных документов в области охраны окружающей среды. [13]

Для оценки степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов используют ПДК – предельно допустимую концентрацию и ОБУВ – ориентировочно безопасный уровень воздействия. Воздействие веществ, для которых не установлены ПДК, оценивается по ОБУВ (ориентировочному безопасному уровню воздействия загрязняющего вещества).

Таблица 1.1. – Предельно допустимые концентрации основных загрязняющих веществ

Вещество	Класс опасности	ПДК_{МР}, мг/м³	ПДК_{СС}, мг/м³
Оксид углерода	4	5	3
Диоксид азота	2	0,2	0,04
Оксид азота	3	0,4	0,06
Диоксид серы	3	0,5	0,05

Одним из нормативов допустимого воздействия которые устанавливаются для природопользователей, являются нормативы предельно допустимых выбросов (ПДВ). Данные нормативы устанавливаются территориальными органами федерального органа исполнительной власти в области охраны окружающей среды для конкретных стационарных источников выбросов и их совокупности. Если невозможно соблюдение ПДВ, могут быть установлены для таких источников ВСВ (временно согласованные выбросы) по согласованию с территориальными органами.

К источникам выбросов, которые подлежат государственному учету и нормированию, относят источники выбросов, из которых в атмосферный воздух поступают вредные вещества, подлежащие государственному учету и нормированию. Государственному учету и нормированию подлежат те вредные вещества, которые указаны в Перечне. [14]

Разработка проекта ПДВ является обязательной для действующего промышленного предприятия. Цель данного проекта заключается в разработке мероприятий, направленных на защиту атмосферного воздуха.

Для разработки проекта разработчики проводят инвентаризацию источников, в ходе которой определяются процессы, в которых происходит выделение загрязняющих веществ, определяются стационарные и нестационарные источники выбросов, их количество и параметры.

В состав тома ПДВ входят следующие разделы:

- Аннотация. Сведения о предприятии; краткая характеристика вредных веществ, образующихся в процессе деятельности, их валовый выброс и количество источников.

- Введение. Перечень основных документов, на основании которых разработан проект.

- Общие сведения о предприятии. Характеристика местоположения предприятия. Карта–схема предприятия с нанесенными на нее источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Ситуационная карта–схема предприятия – районное размещение предприятия с указанием границ промышленной площадки, санитарно-защитных зон, жилых зон.

- Характеристика предприятия, как источника загрязнения атмосферы. Краткая характеристика производства и технологического оборудования с точки зрения воздействия на атмосферу. Описание выпускаемой продукции, основное исходное сырье, расход основного и резервного топлива.

- Проведение расчетов и определение предложений нормативов ПДВ. Исходные данные для расчета загрязнения атмосферы, анализ результатов расчетов с последующим заполнением таблиц:

- Перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу;
- Параметры загрязняющих веществ в атмосфере;
- Метеорологические характеристики рассеивания веществ;
- Выбросы загрязняющих веществ и срок достижения ПДВ;
- Перечень источников, дающих наибольший вклад в загрязнение атмосферы;
- Мероприятия по регулированию выбросов загрязняющих веществ при НМУ. [15]

2 ОПИСАНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Рассеивание выбросов промышленных предприятий происходит под действием воздушных потоков в атмосфере, которые взаимодействуют с выбросами. Расчет рассеивания выбросов загрязняющих веществ состоит в определении концентрации вредных веществ в приземном слое воздуха. При расчете определяются точки максимальной концентрации загрязняющих веществ в жилой зоне, а также на границе санитарно-защитной зоны. Изолинии поля рассеивания для каждого вещества строятся на ситуационной карте.

Рекомендации для проведения расчета рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере приведены в ОНД 86 («Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий»). На основании данной методики разработана унифицированная программа расчета загрязнения атмосферы (УПРЗА). В данной выпускной квалификационной работе для расчетов используется унифицированная программа – ПК ЭРА-воздух, разработанная фирмой «Логос-Плюс» (г. Новосибирск).

Данный программный комплекс предназначен для решения широкого спектра задач, связанных с расчетами загрязнения атмосферы (разработка тома ПДВ, проектов СЗЗ, проведение инвентаризации выбросов, разработка раздела "Охрана окружающей среды" проектной документации, расчет рассеивания, проведение сводных расчетов по городам).

В качестве основы при проведении расчетов рассеивания была выбрана ТЭЦ-3, расположенная в Томской области. Данная электроцентраль обеспечивает тепловой и электрической энергией Северную часть города Томска, а также близлежащие предприятия. На ТЭЦ находится пять водогрейных котлов типа Е-160-2,4-250 и два паровых котла типа БКЗ-500-140-1. Установленная мощность электростанции составляет: электрическая – 140 МВт; тепловая – 780 Гкал/ч.

Котлы паровой котельной подключены к дымовой трубе высотой 240 метров с диаметром устья 8.1 метра. Отвод дымовых газов от котлов энергетической части осуществляется через дымовую трубу высотой 270 метров с диаметром устья 11.4 метра.

Теоретический анализ действия вредных веществ на атмосферный воздух проводился для следующих видов топлива: природный газ, синтез-газ и уголь. Природный газ является основным видом топлива, который используется на ТЭЦ-3. Данный газ является смесью газов, основным компонентом которого является метан. Плотность газа составляет 0.765 кг/м^3 . Низшая теплота сгорания – 39.5 МДж/ м^3 . Содержание серы в составе природного газа, как правило не высоко, и составляет 0.02% .

Синтез-газ выбран как альтернативная замена традиционному топливу, так как теоретически данное топливо является экологически чистым. Газ предлагается получать путем газификации углей марок Д, Б1, Б2, Б3, Т в прямоточно-вихревом газогенераторе. Состав энергетического газа: углекислый газ (CO_2) – $0.05\text{--}0.1 \%$, метан (CH_4) – $0.02\text{--}1 \%$, азот (N_2) – $49\text{--}55.98 \%$, угарный газ (CO) – $25.5\text{--}28.5 \%$, водород (H_2) – $18.5\text{--}21.5 \%$. Теплотворная способность не менее 1150 ккал/кг . Общее содержание серы не более 0.1% .

Уголь выбран исходя из перечня углей, которые подлежат газификации и выбрана марка угля с наибольшей теплотворной способностью. Тощие угли представляют собой каменные угли марки «Т». основной источник добычи тощего угля в России – это Кузнецкий угольный бассейн (Кузбасс). Удельная теплота сгорания данного вида топлива составляет $35200\text{--}36500 \text{ кДж/кг}$. Плотность тощего угля – 1340 кг/ м^3 . Кузбасские тощие угли обладают зольностью $12\text{--}18 \%$. Содержание серы в углях до 1.7% .

Для того, чтобы обеспечить наиболее наглядное представление расчетов выбросов, был выбран котел, который способен сжигать различные виды топлива. Котлы типа БКЗ-500-140-1 предназначены для работы на каменном угле, природном газе и мазуте. Некоторые основные энергетические характеристики котла:

- Мощность – 500 МВт;
- Максимальная паропроизводительность – 500 т/ч;
- Температура уходящих газов – 158°С;
- Потери тепла с механическим недожогом – 0.27%;
- Рециркуляция дымовых газов – отсутствует.

Для расчетов использована «Методика определения валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок ТЭС» (РД 34.02.305-98).

3 ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА АТМОСФЕРУ ВЫБРОСОВ ОТ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

3.1 Расчет выбросов загрязняющих веществ при работе котла на природном газе.

3.1.1 Расчет выбросов оксидов азота для котельных установок с факельным методом сжигания топлива

Суммарное количество оксидов азота NO_x в пересчете на NO_2 в г/с (m), выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами котла при сжигании твердого, жидкого и газообразного топлива, рассчитывается по соотношению

$$M_{NO_x} = B \cdot K_{NO_2} \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \cdot \beta_1 \cdot (1 - \varepsilon \cdot r) \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \varepsilon_2 \cdot \left(1 - \eta_{аз} \cdot \frac{n_0}{n_k}\right) \cdot k_n \quad (3.1)$$

Где B – расход топлива, m усл. топл./ч (m усл. топл.);

K_{NO_2} – коэффициент, характеризующий выход оксидов азота ($K_{NO_2} = 7.5 \cdot \frac{D_\phi}{50 + D_H} = 7.5 \cdot \frac{500}{500 + 50} = 6.82$);

q_4 – потери тепла от механической неполноты сгорания топлива ($q_4 = 0.27\%$);

β_1 – коэффициент, учитывающий влияние на выход оксидов азота качества сжигаемого топлива ($\beta_1 = 1$);

β_2 – коэффициент, учитывающий конструкцию горелок (для вихревых горелок $\beta_2 = 1$);

β_3 – коэффициент, учитывающий вид шлакоудаления (при твердом шлакоудалении $\beta_3 = 1$);

ε_2 – Коэффициент, характеризующий уменьшение выбросов оксидов азота при подаче части воздуха помимо основных горелок при условии сохранения общего избытка воздуха за котлом ($\varepsilon_2 = 1$);

r – степень рециркуляции дымовых газов ($r = 0$);

$\eta_{аз}$ – доля оксидов азота, улавливаемых в азотоочистной установке;

n_0 и n_k – длительность работы азотоочистной установки и котла, ч/год;

k_n – коэффициент пересчета.

Расход топлива котла БКЗ-500-140-1 мощностью 500 МВт рассчитывается по формуле:

$$B = \frac{360 \cdot N}{Q_p^H \cdot \eta} \quad (3.2)$$

Где N – мощность котла, кВт;

Q_p^H – низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг;

η – КПД котла, %;

360 – переводной коэффициент мощности (3.6 МДж/ч=1 кВт/ч).

3.1.2 Расчет расхода природного газа:

Исследуемый синтез-газ предназначен для применения только в парогазовом цикле ТЭЦ. Следовательно, в расчетах будут участвовать лишь энергетические котла, находящиеся на ТЭЦ.

$$V = \frac{360 \cdot 500000}{39.5 \cdot 91.86} = 49607.7 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$B = V \cdot \rho = 49607.7 \cdot 0.765 \cdot 2 = 75899.78 \text{ кг/ч} = 75.9 \text{ т/ч}$$

$$M_{NO_x} = 75.9 \cdot 6.82 \cdot \left(1 - \frac{0.27}{100}\right) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.278 = 143.572 \text{ г/с}$$

3.1.3 Расчет выбросов оксидов серы

Суммарное количество оксидов серы

$$M_{SO_2} = 0.02 \cdot B \cdot S^r \cdot \left(1 - \eta'_{SO_2}\right) \cdot \left(1 - \eta''_{SO_2}\right) \cdot \left(1 - \eta^c_{SO_2} \cdot \frac{n_0}{n_k}\right) \quad (3.3)$$

Где B – расход натурального топлива за рассматриваемый период, г/с (т);

S^r – содержание серы в топливе на рабочую массу, %;

η'_{SO_2} – доля оксидов серы, связываемых летучей золой в котле;

η''_{SO_2} – доля оксидов серы, улавливаемых в мокром золоуловителе попутно с улавливанием твердых частиц;

$\eta^c_{SO_2}$ – доля оксидов серы, улавливаемых в сероулавливающей установке;

n_0 и n_k – длительность работы сероулавливающей установки и котла соответственно, ч/год.

$$M_{SO_2} = 0.02 \cdot 21083.3 \cdot 0.02 = 8.433 \text{ г/с}$$

Для начала расчета рассеивания выбросов загрязняющих веществ в атмосферу следует определить вещества, для которых необходим детальный расчет загрязнения. Перечень веществ, для которых необходим наиболее детальный расчет загрязнения атмосферы при сжигании природного газа представлен в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Перечень веществ, для которых необходим детальный расчет загрязнения при сжигании природного газа

Вещество (группа веществ)		См ---- ПДК	Необходи- мость расчета
Наименование	Код		
2	3	4	5
Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0301	0.3449	+

Концентрации загрязняющих атмосферу веществ, которые выделяются при сжигании природного газа в котле, отображены в виде таблицы 3.2.

В таблице представлены: максимальная концентрация веществ; максимальная концентрация по расчетному прямоугольнику, в санитарно-защитной зоне, в жилой зоне и в заданных группах фиксированных точек. Все концентрации показаны в долях ПДК.

Таблица 3.2 – Сводная таблица результатов расчетов загрязнений при сжигании природного газа

Код ЗВ	Наименование загрязняющих веществ и состав групп суммаций	С _м	РП	СЗЗ	ЖЗ	ФТ	ПДК (ОБУВ) мг/м ³	Клас с опас н
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0.344 9	0.1588	0.050 4	0.100 8	0.121 3	0.2000	3

Расчетные параметры С_м, U_м, X_м для примеси: 0301 - Азота диоксид (Азот (IV) оксид). ПДК_р для примеси 0301 = 0.2 мг/м³ представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Расчетные параметры C_m , U_m , X_m для диоксида азота при сжигании природного газа

Источники			Их расчетные параметры		
Код <об-п> <ис>	М	Тип	C_m (C_m') [доли ПДК]	U_m [м/с]	X_m [м]
000101 0001	114.8600	Г	0.345	1.23	1592.1
Суммарный $M_q = 114.86000$ г/с					
Сумма C_m по всем источникам = 0.344933 долей ПДК					
Средневзвешенная опасная скорость ветра = 1.23 м/с					

Для наглядного анализа уровня загрязнения атмосферного воздуха используют изолинии полей концентраций, которые строятся в долях ПДК (относительных концентрациях). Зоны загрязнения, и соответственно, изолинии относительных концентраций загрязняющих веществ условно изображены в виде окружностей. На рисунке 3.1 изображены изолинии полей концентраций азота диоксида при сжигании природного газа.

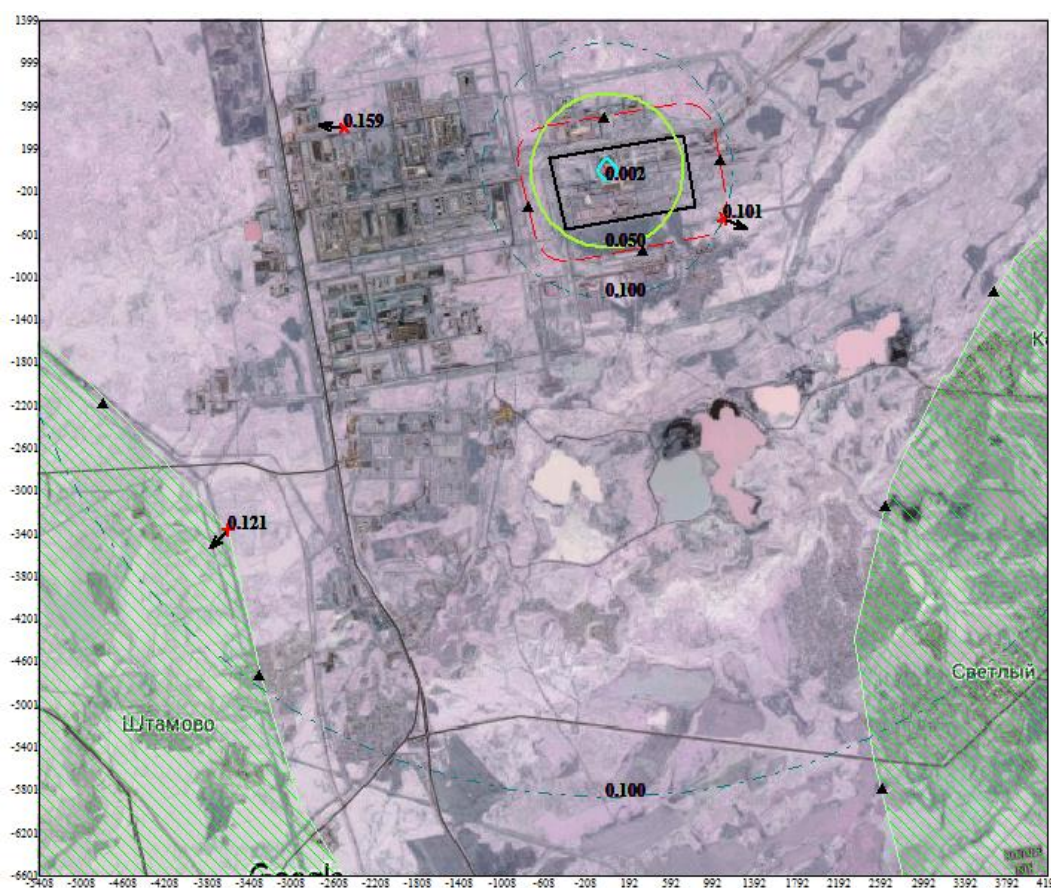


Рисунок 3.1 – Изолинии полей концентраций при сжигании природного газа: 0301 - Азота диоксид (Азот (IV) оксид)

3.2 Расчет выбросов загрязняющих веществ при работе котла на синтез-газе.

3.2.1 Расчет расхода синтез-газа:

$$V = \frac{360 \cdot 500000}{91.86 \cdot 4.2} = 466548.5 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$B = 466548.5 \cdot 0.613 \cdot 2 = 571988 \text{ кг/ч} = 571.988 \text{ т/ч}$$

3.2.2 Расчет выбросов оксидов азота:

$$M_{NO_x} = 571.988 \cdot 6.82 \cdot \left(1 - \frac{0.27}{100}\right) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.278 = 1081.972 \text{ г/с}$$

3.2.3 Расчет выбросов оксидов серы:

$$M_{SO_2} = 0.02 \cdot 158885.6 \cdot 0.1 = 317 \text{ г/с}$$

Перечень веществ, для которых необходим наиболее детальный расчет загрязнения атмосферы при сжигании природного газа представлен в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Перечень веществ, для которых необходим детальный расчет загрязнения при сжигании синтез-газа

Вещество (группа веществ)		См ---- ПДК	Необходи- мость расчета
Наименование	Код		
2	3	4	5
Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0301	2.5994	+
Азот (II) оксид (Азота оксид)	0304	0.2112	+
Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	0330	0.3808	+
Вещества, обладающие эффектом суммарного вредного воздействия			
(0301)Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	31	1.8626	+
(0330)Сера диоксид (Ангидрид сернистый)			
Примечание: Детальные расчеты загрязнения нужны при См/ПДК>0.1			

Концентрации загрязняющих атмосферу веществ, которые выделяются при сжигании синтез-газа в котлах, отображены в виде таблицы 3.5.

Таблица 3.5 – Сводная таблица результатов расчетов загрязнений при сжигании синтез-газа

Код ЗВ	Наименование загрязняющих веществ и состав групп суммаций	С _м	РП	СЗЗ	ЖЗ	ФТ	ПДК (ОБУВ) мг/м ³	Класс опасности
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	2.599 4	1.1971	0.760 1	0.914 3	1.047 1	0.2000	3
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	0.211 2	0.0972	0.061 7	0.074 2	0.085 0	0.4000	3
__31	0301+0330	1.862 6	0.8578	0.544 7	0.655 1	0.750 3		
0330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	0.380 8	0.1753	0.111 3	0.133 9	0.153 3	0.5000	3

Расчетные параметры С_м, U_м, X_м для примеси: 0301 - Азота диоксид (Азот (IV) оксид). ПДК_р для примеси 0301 = 0.2 мг/м³ представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Расчетные параметры С_м, U_м, X_м для диоксида азота при сжигании синтез газа

Источники				Их расчетные параметры		
Код <об-п> <ис>	М	Тип	С _м (С _м /) [доли ПДК]	U _м [м/с]	X _м [м]	
000101 0001	865.57703	Г	2.599	1.23	1592.1	
Суммарный M _q = 865.57703 г/с						
Сумма С _м по всем источникам = 1.300330 долей ПДК						
Средневзвешенная опасная скорость ветра = 1.23 м/с						

На рисунке 3.2 представлены изолинии концентраций азота диоксида при сжигании синтез-газа. Красным цветом обозначена линия, где $\frac{c}{\text{ПДК}} = 1$.

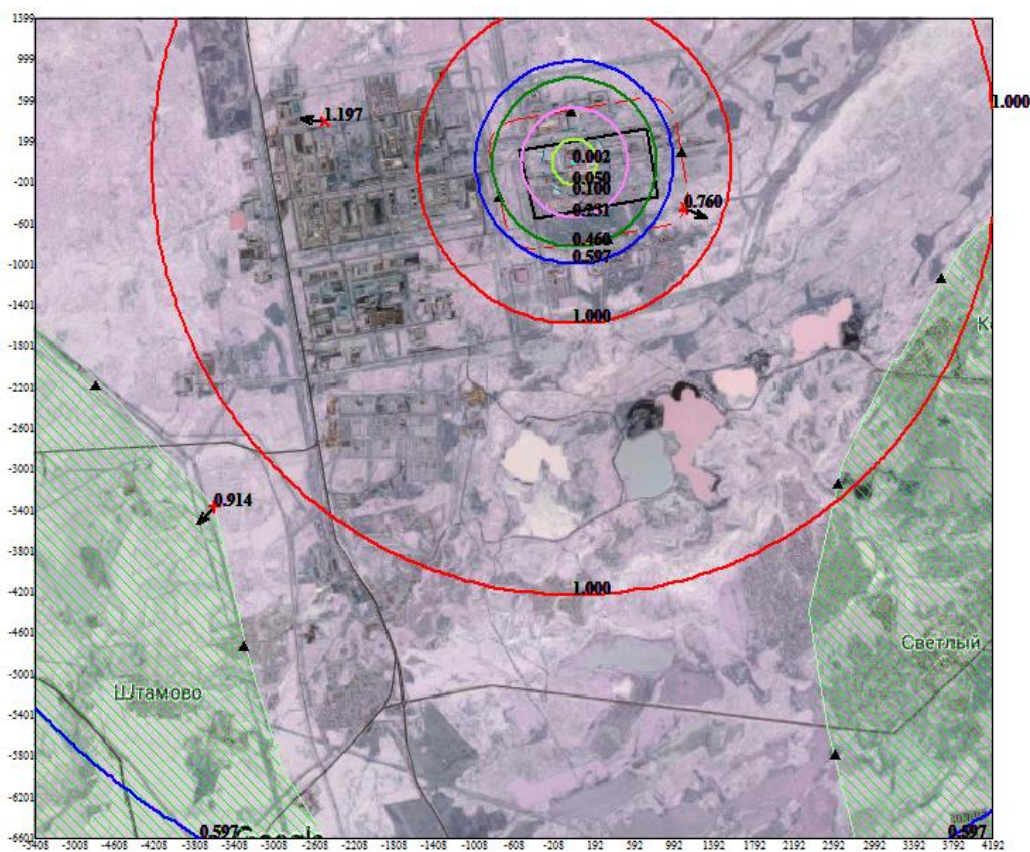


Рисунок 3.2 – Изолинии концентраций при сжигании синтез-газа: 0301 - Азота диоксид (Азот (IV) оксид)

Расчетные параметры C_m , U_m , X_m для примеси: 0304 - Азот (II) оксид (Азота оксид). ПДКр для примеси 0304 = 0.40000001 мг/м³ представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Расчетные параметры C_m , U_m , X_m для оксида азота при сжигании синтез газа

Источники			Их расчетные параметры		
Код <об-п> <ис>	М	Тип	C_m (См ³) [доли ПДК]	U_m [м/с]	X_m [м]
000101 0001	140.65601	Т	0.211	1.23	1592.1
Суммарный $M_q = 140.65601$ г/с					
Сумма C_m по всем источникам = 0.211200 долей ПДК					
Средневзвешенная опасная скорость ветра = 1.23 м/с					

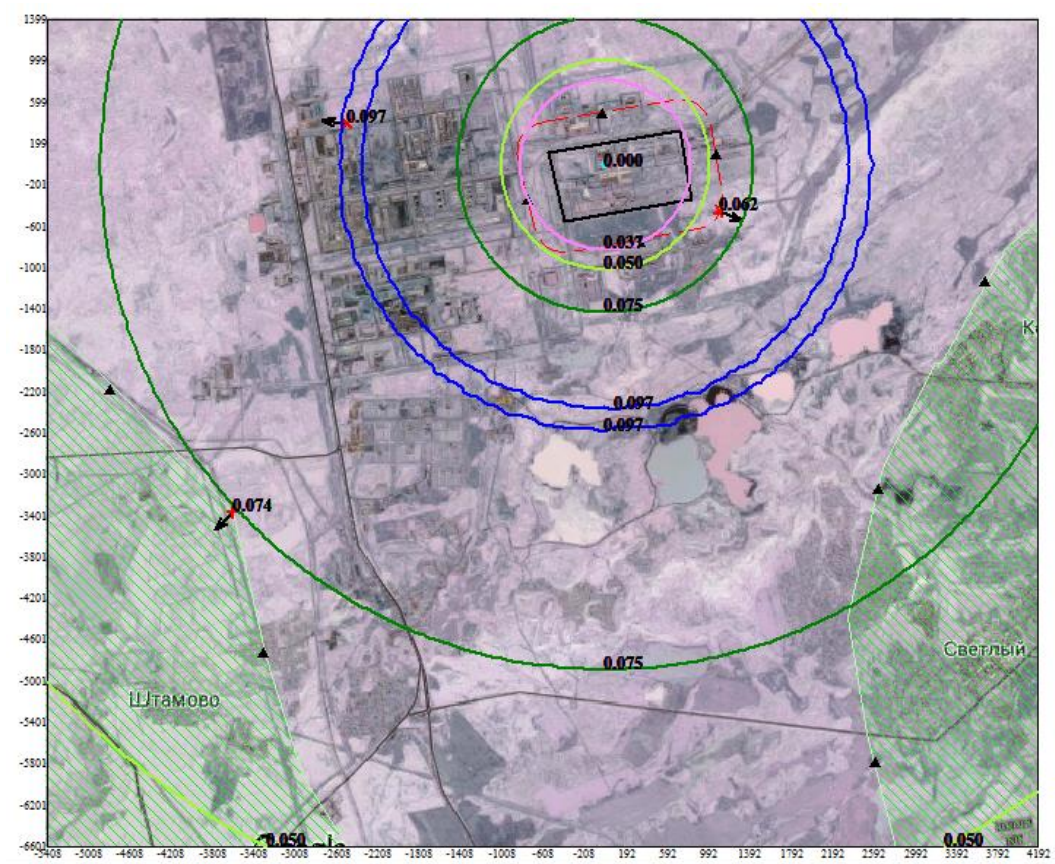


Рисунок 3.3 – Изолинии концентраций при сжигании синтез-газа: 0304 - Азот (II) оксид (Азота оксид)

Расчетные параметры C_m , U_m , X_m для примеси: 0330 - Сера диоксид (Ангидрид сернистый). ПДК_р для примеси 0330 = 0.5 мг/м³ представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Расчетные параметры C_m , U_m , X_m для диоксида серы при сжигании синтез газа

Источники				Их расчетные параметры		
Код <об-п> <ис>	М	Тип	C_m (С _м) [доли ПДК]	U_m [м/с]	X_m [м]	
000101 0001	317.000	Т	0.381	1.23	1592.1	
Суммарный $M_q = 317.00000$ г/с						
Сумма C_m по всем источникам = 0.380789 долей ПДК						
Средневзвешенная опасная скорость ветра = 1.23 м/с						

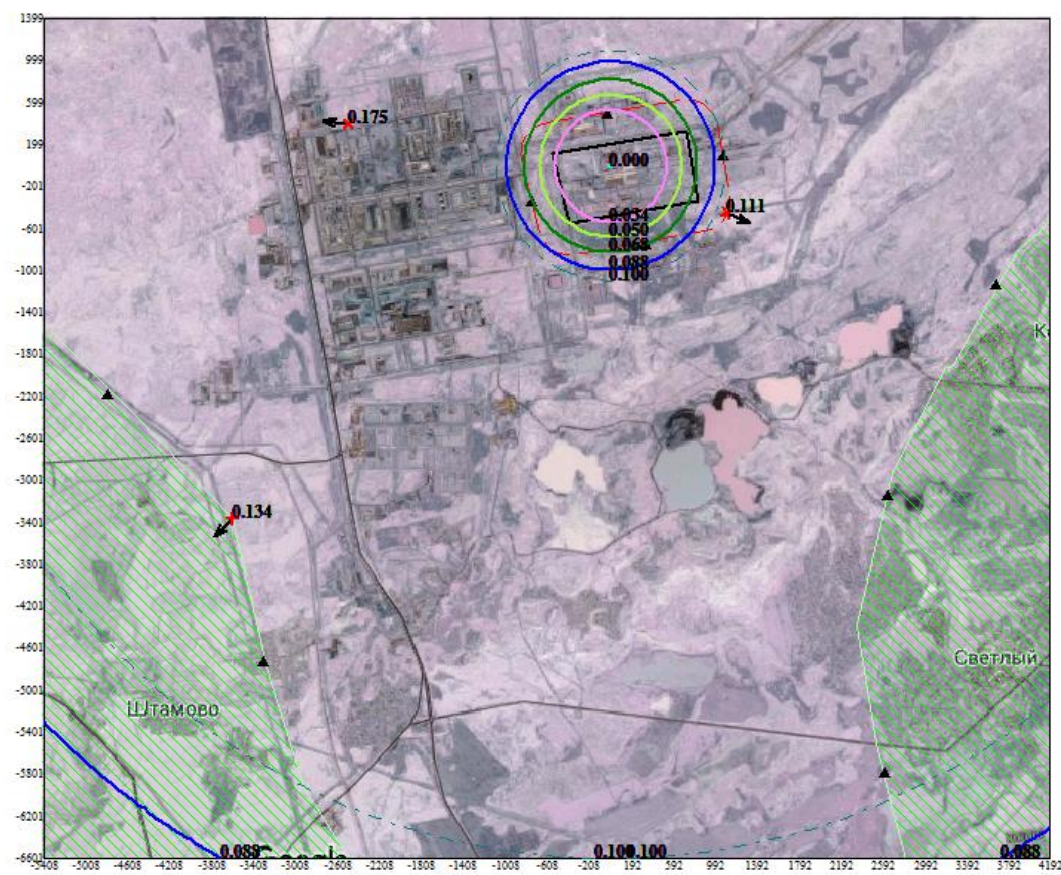


Рисунок 3.4 – Изолинии концентраций при сжигании синтез-газа: 0330 - Сера диоксид (Ангидрид сернистый)

Расчетные параметры C_m , U_m , X_m для группы суммации: __31=0301 Азота диоксид (Азот (IV) оксид) и 0330 Сера диоксид (Ангидрид сернистый) представлены в таблице 3.9. Коэффициент комбинированного действия = 1.60.

Таблица 3.9 – Расчетные параметры C_m , U_m , X_m для группы суммации при сжигании синтез газа

Источники				Их расчетные параметры		
Код <об-п> <ис>	M	Тип	C_m (C_m') [доли ПДК]	U_m [м/с]	X_m [м]	
000101 0001	3101.1782	T	1.863	1.23	1592.1	
Суммарный $M_q = 3101.17822$ г/с (сумма M_q /ПДК по всем примесям)						
Сумма C_m по всем источникам = 1.862611 долей ПДК						
Средневзвешенная опасная скорость ветра = 1.23 м/с						

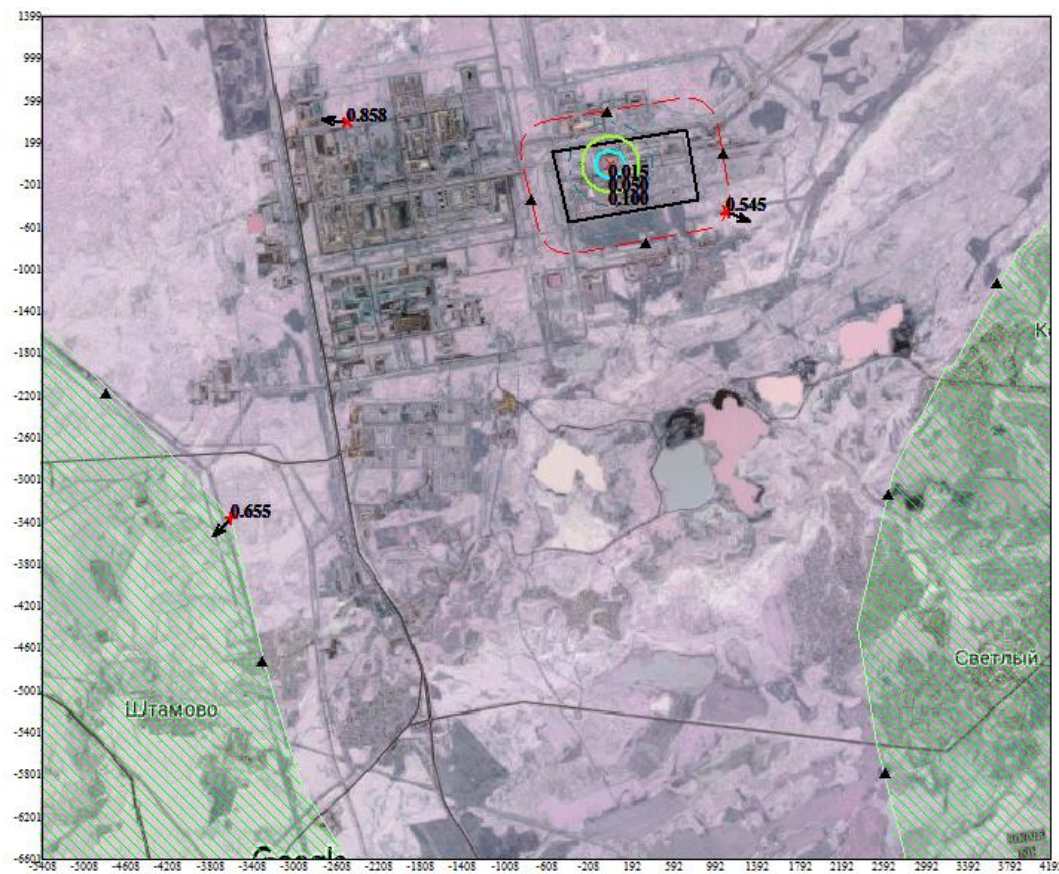


Рисунок 3.5 – Изолинии концентраций при сжигании синтез-газа: __31=0301 Азота диоксид (Азот (IV) оксид) и 0330 Сера диоксид (Ангидрид сернистый)

3.3 Расчет выбросов загрязняющих веществ при работе котла на тощем угле.

3.3.1 Расчет расхода угля:

$$B = \frac{360 \cdot 500000}{91.86 \cdot 35.85} \cdot 2 = 109.316 \text{ т/ч}$$

3.3.2 Расчет выбросов оксидов азота:

$$M_{NO_x} = 109.316 \cdot 6.82 \cdot \left(1 - \frac{0.27}{100}\right) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.278 = 206.78 \text{ г/с}$$

3.3.3 Расчет выбросов оксидов серы:

$$M_{SO_2} = 0.02 \cdot 30365.5 \cdot 0.7 \cdot (1 - 0.1) = 382.605 \text{ г/с}$$

3.3.4 Расчет выбросов твердых частиц.

Суммарное количество твердых частиц (летучей золы и несгоревшего топлива) $M_{ТВ}$, поступающих в атмосферу с дымовыми газами котлов (г/с, т), вычисляют по формуле:

$$M_{ТВ} = 0.01 \cdot B \cdot \left(\alpha_{уН} \cdot A^Г + q_4 \cdot \frac{Q_i^Г}{32.68} \right) \cdot (1 - \eta_з) \quad (3.4)$$

Где B – расход топлива, г/с (т);

$A^Г$ – зольность топлива на рабочую массу, %;

$\alpha_{уН}$ – доля золы, уносимой газами из котла (доля золы топлива в уносе);

$\eta_з$ – доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях, с учетом залповых выбросов;

q_4 – потери тепла от механической неполноты сгорания топлива, %;

$Q_i^Г$ – низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг;

32.68 – теплота сгорания углерода, МДж/кг.

$$M_{ТВ} = 0.01 \cdot 30365.5 \cdot \left(1.8 \cdot 15 + 0.27 \cdot \frac{35.85}{32.68} \right) = 8288.62 \text{ г/с}$$

Перечень загрязняющих веществ, для которых требуется проведение детальных расчетов загрязнения атмосферы, представлены в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Перечень загрязняющих веществ, для которых требуется проведение расчетов загрязнения атмосферы

Вещество (группа веществ)		См ---- ПДК	Необходи- мость расчета
Наименование	Код		
2	3	4	5
Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0301	0.4968	+
Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	0330	0.4596	+
Взвешенные вещества	2902	29.87	+
Вещества, обладающие эффектом суммарного вредного воздействия			
(0301)Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	31	0.5978	+
(0330)Сера диоксид (Ангидрид сернистый)			
Примечание: Детальные расчеты загрязнения нужны при См/ПДК>0.1			

Результаты расчетов при сжигании тощего угля представлены в сводной таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Сводная таблица результатов расчета при сжигании угля

Код ЗВ	Наименование загрязняющих веществ и состав групп суммаций	C_m	РП	СЗЗ	ЖЗ	ФТ	ПДК (ОБУ В) мг/м ³	Клас с опасн
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0.4968	0.228 8	0.145 2	0.174 7	0.200 1	0.2000	3
0330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	0.4596	0.211 6	0.134 4	0.161 6	0.185 1	0.5000	3
2902	Взвешенные вещества	29.869 6	13.75 6	13.73 8	5.073 0	13.55 0	0.5000	3
__31	0301+0330	0.5977	0.275 3	0.174 8	0.210 2	0.240 7		

Расчетные параметры C_m , U_m , X_m для примеси: 0301 - Азота диоксид (Азот (IV) оксид). ПДК_р для примеси 0301 = 0.2 мг/м³ (таблица 3.12).

Таблица 3.12 – Расчетные параметры C_m , U_m , X_m для диоксида азота при сжигании тощего угля

Источники				Их расчетные параметры		
Код <об-п> <ис>	М	Тип	C_m (C_m') [доли ПДК]	U_m [м/с]	X_m [м]	
000101 0001	165.4299	Г	0.497	1.23	1592.1	
Суммарный $M_q = 165.42999$ г/с						
Сумма C_m по всем источникам = 0.496798 долей ПДК						
Средневзвешенная опасная скорость ветра = 1.23 м/с						

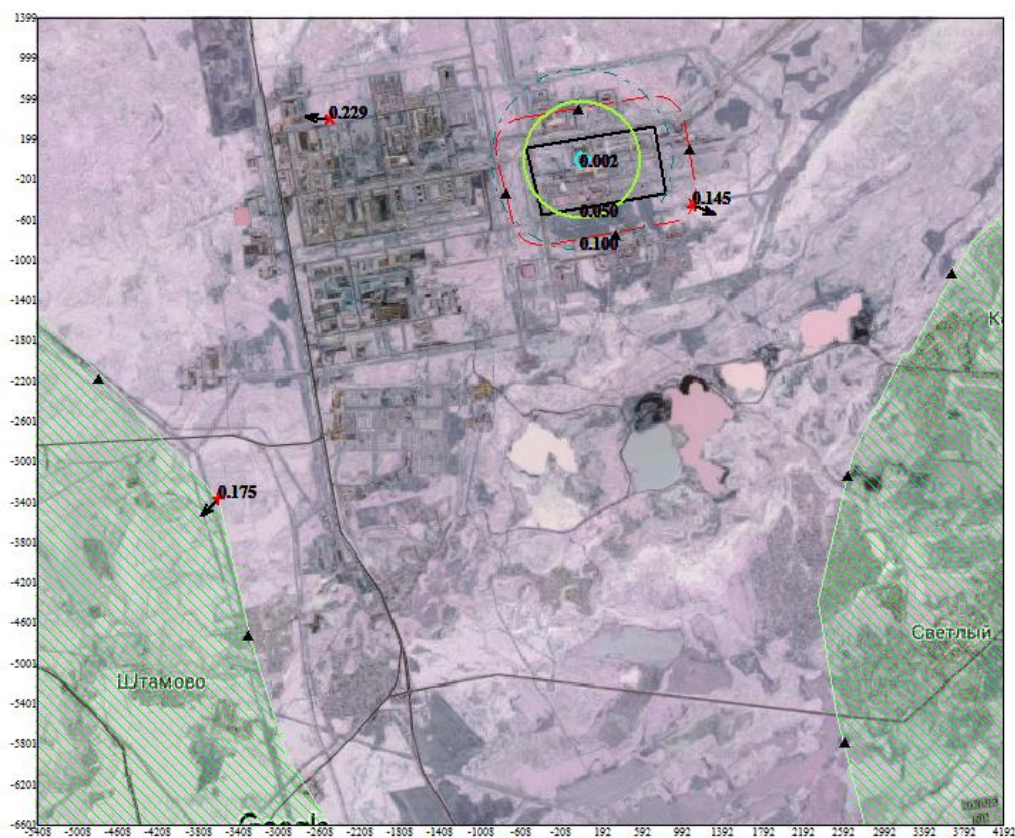


Рисунок 3.6 – Изолинии концентраций при сжигании тощего угля: 0301 - Азота диоксид (Азот (IV) оксид)

Расчетные параметры C_m , U_m , X_m для примеси: 0330 - Сера диоксид (Ангидрид сернистый). ПДК_р для примеси 0330 = 0.5 мг/м³ (таблица 3.13).

Таблица 3.13 – Расчетные параметры C_m , U_m , X_m для диоксида серы при сжигании тощего угля

Источники				Их расчетные параметры		
Код <об-п> <ис>	М	Тип	C_m (См ³) [доли ПДК]	U_m [м/с]	X_m [м]	
000101 0001	382.60501	Т	0.460	1.23	1592.1	
Суммарный $M_q = 382.60501$ г/с						
Сумма C_m по всем источникам = 0.459596 долей ПДК						
Средневзвешенная опасная скорость ветра = 1.23 м/с						

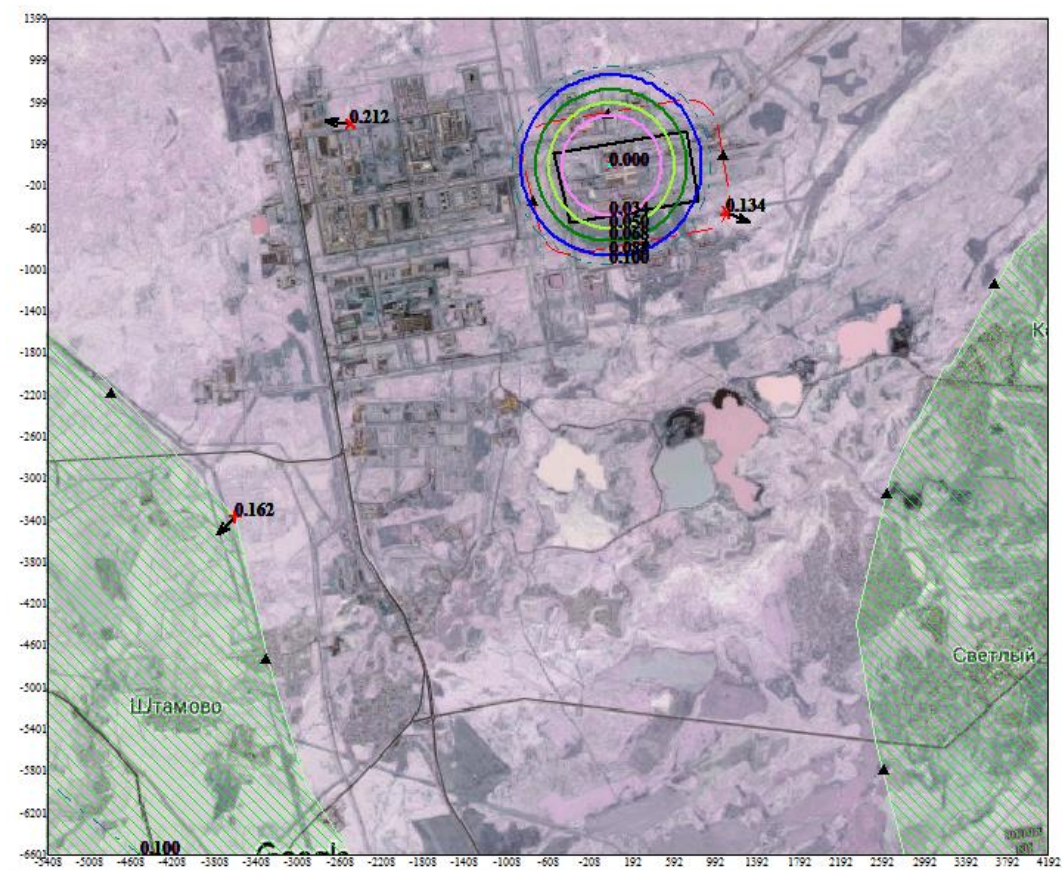


Рисунок 3.7 – Изолинии концентраций при сжигании тощего угля: 0330 - Сера диоксид (Ангидрид сернистый)

Расчетные параметры C_m , U_m , X_m для примеси: 2902 – Взвешенные вещества. ПДК_р для примеси 2902 = 0.5 мг/м³ (таблица 3.14).

Таблица 3.14 – Расчетные параметры C_m , U_m , X_m для взвешенных веществ при сжигании тощего угля

Источники				Их расчетные параметры		
Код <об-п> <ис>	М	Тип	C_m (См ³) [доли ПДК]	U_m [м/с]	X_m [м]	
000101 0001	8288.6201	Т	29.870	1.23	796.1	
Суммарный $M_q = 8288.62012$ г/с						
Сумма C_m по всем источникам = 29.869574 долей ПДК						
Средневзвешенная опасная скорость ветра = 1.23 м/с						

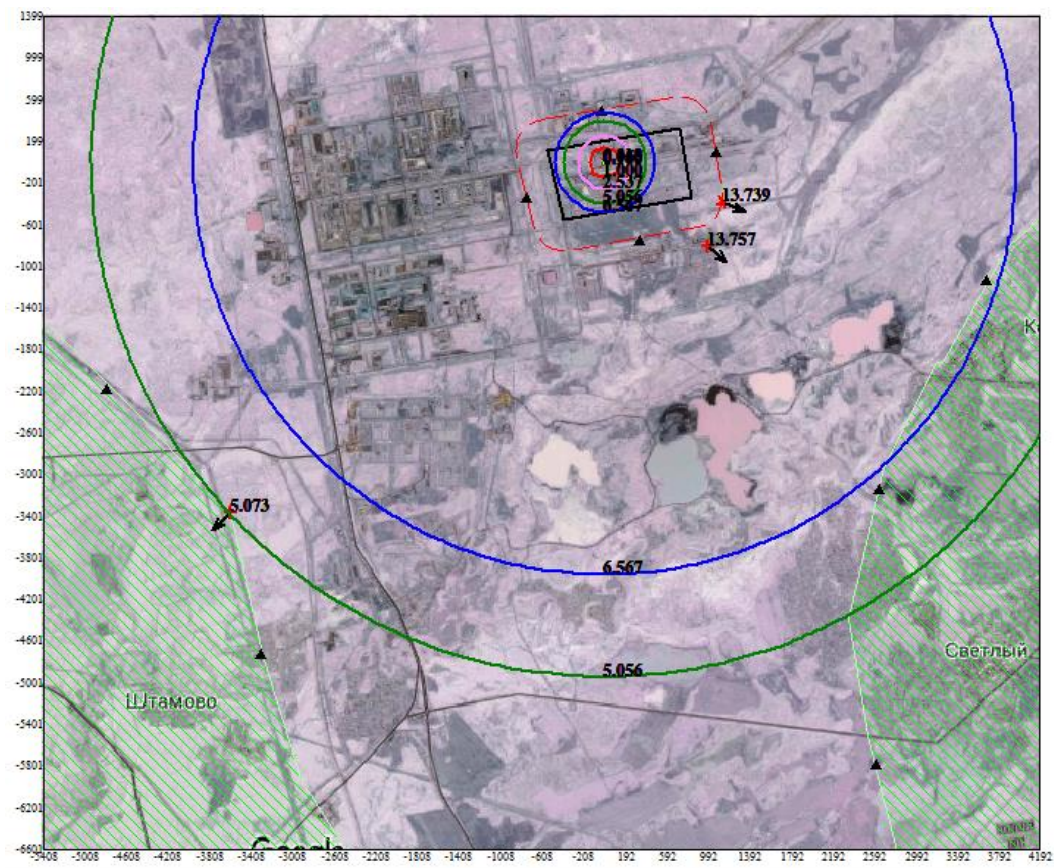


Рисунок 3.8 – Изолинии концентраций при сжигании тощего угля: 2902 – Взвешенные вещества

Расчетные параметры C_m , U_m , X_m для группы суммации: __31=0301 Азота диоксид (Азот (IV) оксид) и 0330 Сера диоксид (Ангидрид сернистый). Коэффициент комбинированного действия = 1.60 (таблица 3.15).

Таблица 3.15 – Расчетные параметры C_m , U_m , X_m для группы суммации при сжигании тощего угля

Источники				Их расчетные параметры		
Код <об-п> <ис>	М	Тип	C_m (C_m') [доли ПДК]	U_m [м/с]	X_m [м]	
000101 0001	995.22498	Т	0.598	1.23	1592.1	
Суммарный $M_q = 995.22498$ г/с (сумма M_q /ПДК по всем примесям)						
Сумма C_m по всем источникам = 0.597746 долей ПДК						
Средневзвешенная опасная скорость ветра = 1.23 м/с						

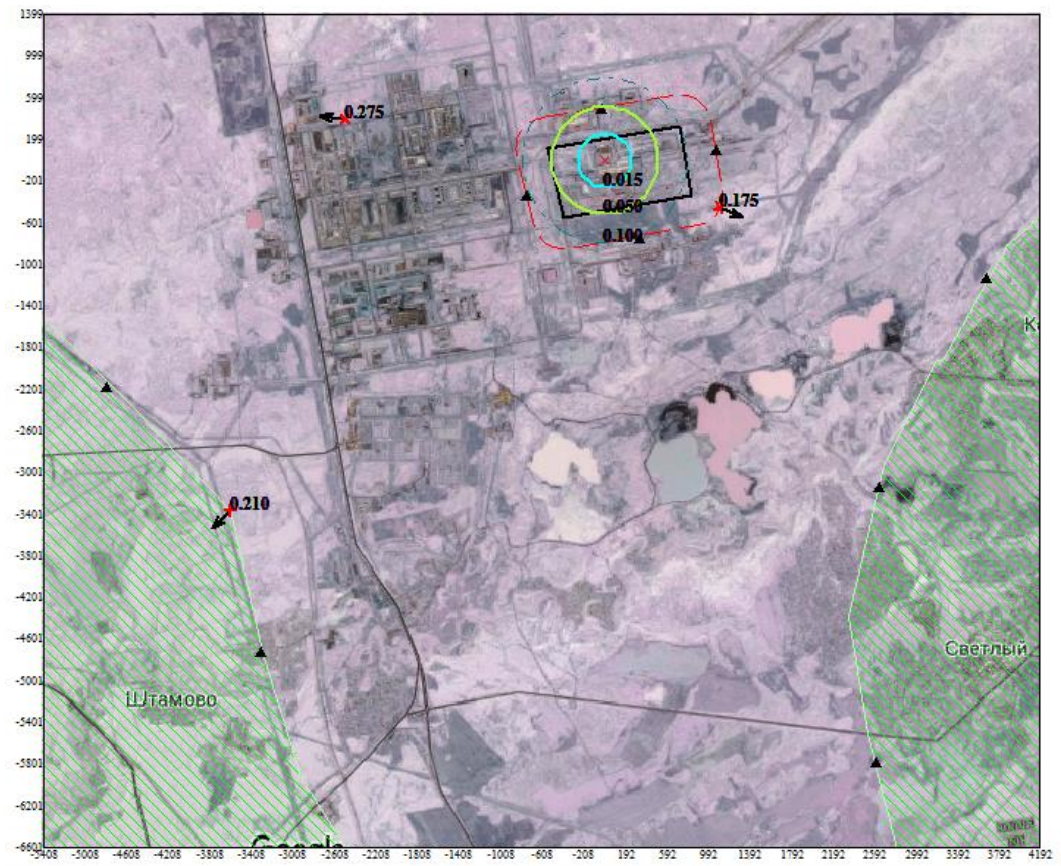


Рисунок 3.9 – Изолинии концентраций при сжигании тощего угля: __31=0301 Азота диоксид (Азот (IV) оксид) и 0330 Сера диоксид (Ангидрид сернистый)

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА АТМОСФЕРУ ВЫБРОСОВ ОТ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Для проведения анализа эффективности применения синтез-газа вместо природного газа и дизельного топлива на предприятиях топливно-энергетического комплекса, были проведены расчеты рассеивания ЗВ в атмосфере для трех видов топлива.

Расчет рассеивания, проведенный для природного газа, показал, что преобладающим загрязняющим веществом является азота диоксид (Азот (IV) оксид). Максимальная концентрация азота диоксида достигается на расстоянии 1592.1 метра и составляет 0.345 долей ПДК. Изолинии полей концентраций азота диоксида (рисунок 3.1) доказывают, что использование природного газа для получения электроэнергии является экологически эффективным. Это объясняется тем, что концентрация в жилой зоне – 0.1 доля ПДК, а в санитарно-защитной зоне – 0.05 долей ПДК.

Расчет для угля марки Т приведен для сравнения выбросов загрязняющих веществ при обычном сжигании угля и сжигании продукта его газификации. Основными загрязняющими веществами, для которых необходимы детальные расчеты загрязнения (т.е. $C_m/ПДК > 0.1$) являются азота диоксид (азот (IV) оксид), сера диоксид (ангидрид сернистый), взвешенные вещества и вещества, обладающие эффектом суммарного вредного воздействия. Из расчетов видно, что из всех перечисленных веществ рассеиванию не поддаются лишь взвешенные вещества. Причиной этого является высокая зольность твердого топлива. Уменьшение выбросов взвешенных веществ можно достигнуть путем установки очистительных установок. В данном случае для снижения выбросов твердых частиц предложен пылевой циклон с эффективностью очистки до 96%. Расчет выбросов с использованием очистительной установки сведен в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Сводная таблица результатов расчетов загрязнений при сжигании тощего угля (после очистки)

Код ЗВ	Наименование загрязняющих веществ и состав групп суммаций	С _м	РП	СЗЗ	ЖЗ	ФТ	ПДК (ОБУВ) мг/м ³	Класс опасности
2902	Взвешенные вещества	0.796	0.3668	0.309	0.210	0.282	0.5000	3
		5		7	1	4		

На рисунке 4.1 наглядно видно, что после очистки дымовых газов с использованием очистительной установки, взвешенные вещества рассеялись. До очистки максимальная концентрация составляла 29.8696 долей ПДК, после – 0.7965 долей ПДК.

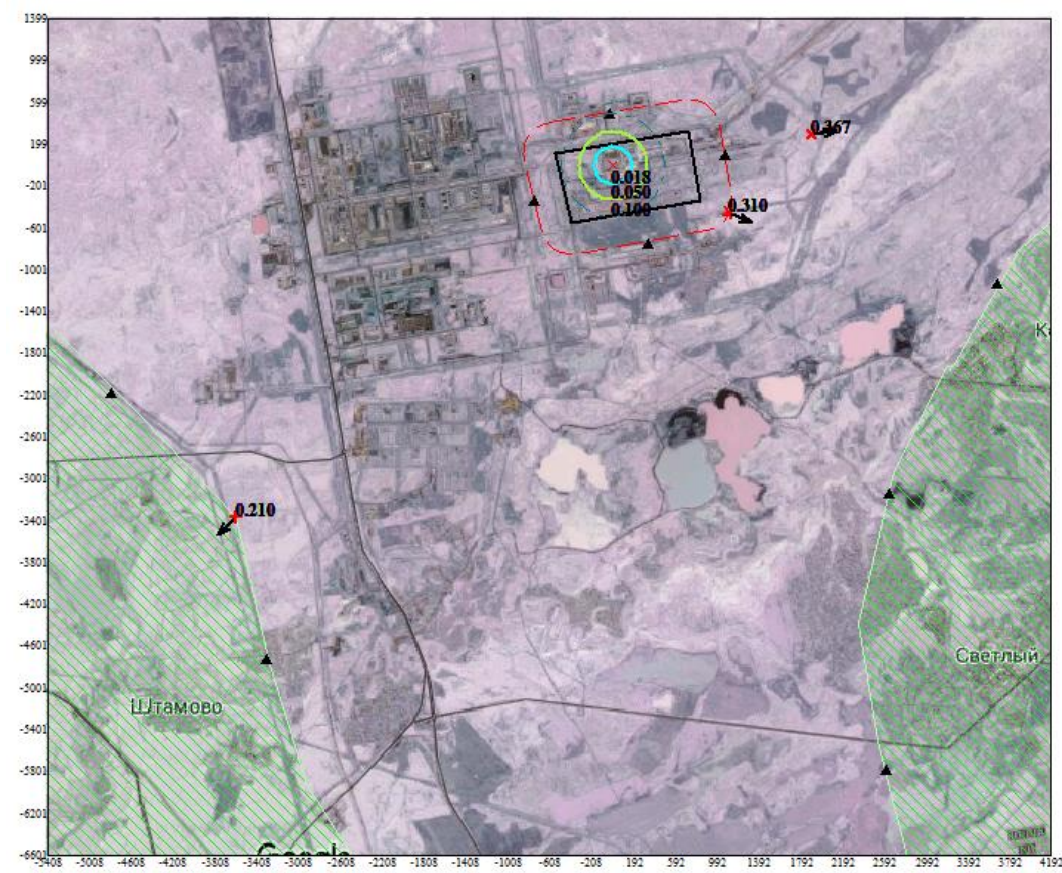


Рисунок 4.1 – Изолинии полей концентраций при сжигании тощего угля: 2902 – Взвешенные вещества (после очистки)

Анализ результатов расчетов рассеивания показал, что при использовании синтез-газа вместо основного топлива, преобладающими

загрязняющими веществами являются азота диоксид (азот (IV) оксид) и вещества, обладающие эффектом вредного суммарного воздействия. Максимальная концентрация азота диоксид (азот (IV) оксид) – 2.5994 долей ПДК, 0301+0330 – 1.862 долей ПДК. Рассеивание данных веществ также представлено в виде изолиний полей концентраций (рисунок 3.2; 3.5). Из данных рисунков можно сделать вывод о том, что данные вещества не рассеиваются в атмосфере, так как концентрация на границе с жилой зоной не должна превышать 1 ПДК. Следовательно, для грамотного представления результатов рассеивания ЗВ, следует произвести сокращение выбросов. Самым эффективным и простым способом снижения выбросов азота диоксида является рециркуляция части дымовых газов в зону горения. Степень рециркуляции дымовых газов принимаем 15%. При пересчете выбросов азота диоксида (азот (IV) оксид) суммарное количество выбросов составило: $M_{NO_x} = 540.9856$ г/с.

Таблица 4.2 – Сводная таблица результатов расчетов загрязнений при сжигании синтез-газа с рециркуляцией ДГ

Код ЗВ	Наименование загрязняющих веществ и состав групп суммаций	С _м	РП	СЗЗ	ЖЗ	ФТ	ПДК (ОБУВ) мг/м ³	Класс опасности
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	1.624 6	0.7482	0.475 1	0.571 4	0.654 4	0.2000	3
__31	0301+0330	1.253 4	0.5772	0.366 5	0.440 8	0.504 9		

Карта с изолиниями полей концентрации для азота диоксид (азот (IV) оксид) после применения мер по снижению выбросов приведена на рисунке 4.2. По данной карте можно сделать вывод, что в данном случае азота диоксид рассеялся, так как концентрация на границе с жилой зоной равна приблизительно 0.5 долей ПДК.

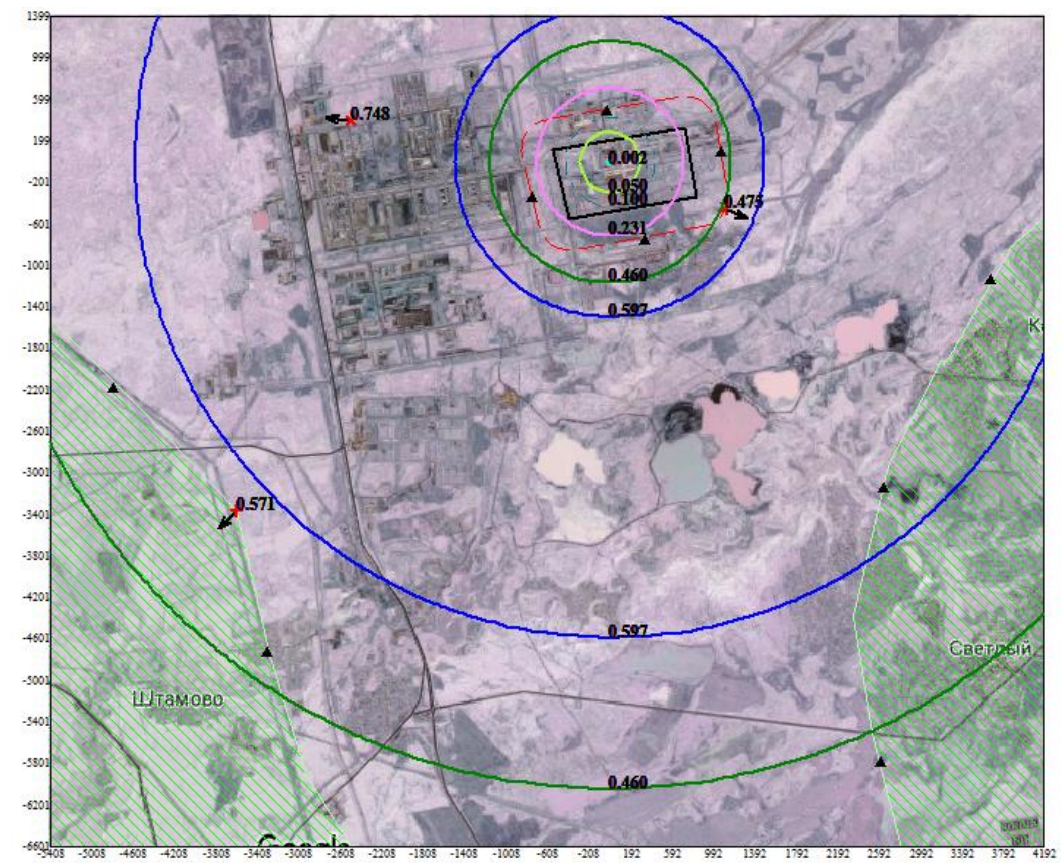


Рисунок 4.2 – Изолинии концентраций при сжигании синтез-газа: 0301 - Азота диоксид (Азот (IV) оксид)

Результаты расчетов трех анализируемых видов топлива представлены в общей таблице (таблица 4.3). Концентрации взяты на границе с жилой зоной.

Таблица 4.3 – Сводная таблица результатов расчетов анализируемых видов топлива (максимальная концентрация/концентрация на границе ЖЗ)

Код ЗВ	Наименование загрязняющих веществ и состав групп суммаций	Природный газ (См/ЖЗ)	Тощий уголь (См/ЖЗ)	Синтез-газ (См/ЖЗ)
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0.345/0.1008	0.4968/0.174	2.5994/0.914
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	–	–	0.2112/0.074
__31	0301+0330	–	0.5977/0.2102	1.8626/0.6551
0330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	–	0.4596/0.1851	0.3808/0.1339
2902	Взвешенные вещества	–	29.8696/5.0730	–

5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В выпускной квалификационной работе были произведены расчеты рассеивания загрязняющих веществ атмосферу при работе котлов на трех разных видах топлива (природный газ, синтез-газ, уголь). В качестве основы для расчетов был выбран котельный цех Томской ТЭЦ-3.

Природный газ является основным топливом, которое используется на Томской электроцентрали. Главное достоинство газа является его экологичность. Кроме высокой экологичности природный газ обладает высокой теплотворной способностью; удобной транспортировкой и ее дешевизной. Также у данного вида топлива имеется ряд недостатков, а именно: взрывоопасность; сложная конструкция котла.

Твердое топливо, а именно тощий уголь является наиболее грязным из сравниваемых видов топлив. Но, несмотря на это, обладает несколькими преимуществами: низкая стоимость топлива; достаточно высокая теплотворная способность; независимость от поставок топлива. Недостатки твердого топлива: необходимость складских помещений для хранения топлива; высокое количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Сведений о синтез-газе достаточно мало, но считается, что данный газ является самым экологичным видом топлива. Основную часть газа составляют оксид углерода, водород и углекислый газ. Один из способов получения синтетического газа является газификация углей.

Все рассмотренные выше виды топлива используются для выработки электроэнергии, и получения горячей воды и тепла. Следовательно,

потенциальными потребителями получаемой продукции является население города Томска и рядом расположенные предприятия.

		Вид ресурса			
		Природный газ	Уголь	Синтез-газ	Мазут
Область применения	Электроэнергетика				
	Химическая промышленность				
	Бытовое отопление				
	Нефтеперерабатывающая				

Рисунок 5.1 – Карта сегментирования рынка услуг по разработке интернет-ресурсов

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

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

Таблица 5.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0.04	2	4	3	0.08	0.16	0.12
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0.1	3	4	3	0.3	0.4	0.3
4. Энергоэкономичность	0.2	2	5	4	0.4	1	0.8
5. Надежность	0.15	3	5	4	0.45	0.75	0.6
6. Уровень шума	0.01	2	3	3	0.02	0.03	0.03
7. Безопасность	0.1	4	2	4	0.4	0.2	0.4

Продолжение таблицы 5.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0.1	2	5	5	0.2	0.5	0.5
10. Простота эксплуатации	0.05	2	5	4	0.1	0.25	0.2
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0.05	5	5	3	0.25	0.25	0.15
3. Цена	0.1	4	5	4	0.4	0.5	0.4
5. Послепродажное обслуживание	0.05	3	4	5	0.15	0.2	0.25
6. Финансирование научной разработки	0.05	5	3	4	0.25	0.15	0.2
Итого	1				2.6	4.39	3.95

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (5.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

5.1.3 Технология QuaD

Технология QuaD (Quality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации. В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по сто балльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 5.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0.1	60	100	0.6	0.06
3. Надежность	0.1	80	100	0.8	0.08
4. Унифицированность	0.08	60	100	0.6	0.048
5. Безопасность	0.15	90	100	0.9	0.135
6. Ремонтопригодность	0.15	70	100	0.7	0.105
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
7. Конкурентоспособность продукта	0.12	80	100	0.8	0.096
8. Уровень проникновения на рынок	0.05	60	100	0.6	0.03
9. Перспективность рынка	0.1	80	100	0.8	0.08
10. Цена	0.05	60	100	0.6	0.03
11. Финансовая эффективность научной разработки	0.1	70	100	0.7	0.07
Итого	1	710		7.1	0.734

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum V_i \cdot B_i = 73.4 \quad (5.2)$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Следовательно, перспективность разработки является выше средней.

5.1.4 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Рекомендуемые результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице Б.1 (Приложение Б).

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT []. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Пример интерактивной матрицы проекта представлен в табл. 5.4.

Таблица 5.4 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта				
		С1	С2	С3	С4	С5
Возможности проекта	В1	+	+	-	+	0
	В2	+	-	0	-	-
	В3	+	0	+	+	0
	В4	+	-	0	0	0
	В5	0	0	-	0	0

Коррелирующие возможности и сильные стороны: В1С1С2С4, В2С1, В3С1С2С3С4, В4С1С2, В5С4.

Таблица 5.5 – Интерактивная матрица проекта

		Слабые стороны проекта				
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Возможности проекта	В1	-	+	+	-	0
	В2	+	-	+	+	+
	В3	-	+	-	+	0
	В4	0	+	0	0	0
	В5	0	0	0	+	0

Коррелирующие возможности и слабые стороны: В1Сл2Сл3, В2Сл1Сл3Сл4Сл5, В3Сл2Сл4, В4Сл2, В5Сл4.

Таблица 5.6 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	-	-	+	-	0
	У2	+	+	+	-	0
	У3	-	0	-	0	0
	У4	0	+	0	-	-
	У5	+	+	0	-	-

Коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У1С3, У2С1С2С3, У4С2, У5С1С2.

Таблица 5.6 – Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	+	+	+	0	+
	У2	-	-	+	0	+
	У3	+	-	+	0	0
	У4	+	-	+	+	+
	У5	0	-	0	0	-

Коррелирующие угрозы и слабые стороны проекта: У1Сл1Сл2Сл3Сл5, У2Сл3Сл5, У3Сл1Сл3, У4Сл1Сл3Сл4Сл5.

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в табл. 5.7.

Таблица 5.7 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Студент, научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Постановка целей и задач	Студент, научный руководитель
	4	Выбор направления исследований	Студент, руководитель, руководитель, инженер
	5	Календарное планирование работ по теме	Студент, инженер-исследователь
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Обзор теоретического материала	Студент
	7	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент, научный руководитель
	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Студент
	9	Оформление результатов	Студент
Обобщение и оценка результатов	10	Оценка эффективности полученных результатов	Студент

5.2.2 Определение трудоемкости работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} \quad (5.3),$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i} \quad (5.4),$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (5.5),$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (5.6)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения необходимо свести в таблицу (табл. 5.8).

Таблица 5.8 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{ожид}$, чел-дни									
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Составление и утверждение технического задания	1	2	2	2	3	3	1	2	2	Студент, научный руководитель	1	1	1	1	1	1
Подбор и изучение материалов по теме	2	3	2	2	4	3	2	3	2	Студент	2	3	2	3	4	3
Постановка целей и задач	1	2	2	3	4	5	2	3	3	Студент, научный руководитель	1	2	2	1	3	3
Выбор направления исследований	2	2	3	3	6	6	2	4	4	Студент, руководитель, руководитель- инженер	1	1	1	1	1	1
Календарное планирование работ по теме	3	2	3	4	5	6	4	3	4	Студент, инженер-исследователь	2	2	2	3	3	3
Обзор теоретического материала	8	6	7	12	11	9	10	8	8	Студент	9	8	8	15	12	12
Проведение теоретических расчетов и обоснований	12	8	10	16	10	10	14	9	10	Студент, научный руководитель	7	5	5	10	7	7
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	6	5	5	9	8	7	7	4	6	Студент	7	4	6	10	6	9
Оформление результатов	2	2	3	3	3	4	2	2	3	Студент	2	2	3	3	3	4
Оценка эффективности полученных результатов	3	3	2	4	3	3	3	3	2	Студент	3	3	2	4	4	3

Таблица 5.9 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				февр.		март			апрель			май			июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление и утверждение технического задания	Студент, научный руководитель	1	■												
2	Календарное планирование работ по теме	Студент, инженер-исследователь	3	□	▨											
3	Выбор направления исследований	Студент, руководитель, руководитель-инженер	1		■											
4	Постановка целей и задач	Студент, научный руководитель	3		■											
5	Подбор и изучение материалов по теме	Студент	4			□										
6	Обзор теоретического материала	Студент	15			□										
7	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент, научный руководитель	10						□			■				
8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Студент	10								□					
9	Оформление результатов	Студент	4												□	
10	Оценка эффективности полученных результатов	Студент	4													□

□ – студент; ■ – научный руководитель; ▨ – инженер-исследователь

5.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (5.7)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 5.10.

Таблица 5.10 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (Z _м), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Природный газ	м ³	99220	99220	99220	3.75	3.81	3.75	372075	378028	372075
Тощий уголь	кг	109316	109316	109316	1.66	1.86	1.97	181465	203328	215353
Синтез-газ	м ³	933100	933100	933100	2.88	2.88	3.10	2687328	2687328	2892610
Итого								3240868	3268684	3480038

2 Основная заработная плата исполнителей темы

Основная заработная плата исполнителей, непосредственно участвующих в проектировании разработки:

$$C_{\text{осн/зн}} = \sum t_i \cdot C_{\text{зн}_i}, \quad (5.8)$$

где t_i - затраты труда, необходимые для выполнения i -го вида работ, в рабочих днях,

$C_{\text{зн}_i}$ - среднедневная заработная плата работника, выполняющего i -ый вид работ, (руб./день).

Среднедневная заработная плата определяется по формуле:

$$C_{\text{зн}_i} = \frac{D + D \cdot K}{F}, \quad (5.9)$$

где D - месячный оклад работника (в соответствии с квалификационным уровнем профессиональной квалификационной группы),

K - районный коэффициент (для Томска – 30%), F – количество рабочих дней в месяце (в среднем 22 дня).

Таблица 5.11 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Оклад, руб.	Средняя заработная плата, руб./дн.	Трудоемкость, раб. дн.			Основная заработная плата, руб.		
			Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Руководитель	14 584	861,78	13	12	12	11203.14	10341.36	10341.36
Студент	6 976	412,22	51	44	46	21023.22	18137.68	18962.12
Инженер-исследователь	12 685	749,57	4	4	4	2998.28	2998.28	2998.28
ИТОГО						35224.64	31477.32	32301.76

3 *Дополнительная заработная плата исполнителей темы*

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (5.10)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Таблица 5.12 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Коэффициент дополнительной заработной платы	Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Руководитель	11203.14	10341.36	10341.36	0,15	1680.47	1551.2	1551.2
Студент	21023.22	18137.68	18962.12		3153.5	2720.65	2844.32
Инженер-исследователь	2998.28	2998.28	2998.28		449.7	449.7	449.7
Итого					5283.67	4721.55	4845.22

4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (5.11)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%¹.

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (табл. 5.13).

¹ Федеральный закон от 24.07.2009 №212-ФЗ «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования»

Таблица 5.13 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Научный руководитель	11203.14	10341.36	10341.36	1680.47	1551.2	1551.2
Студент	21023.22	18137.68	18962.12	3153.5	2720.65	2844.32
Инженер-исследователь	2998.28	2998.28	2998.28	449.7	449.7	449.7
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271					
Итого						
Исполнение 1	10977.75					
Исполнение 2	10341.36					
Исполнение 3	12869.34					

5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (5.12)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов = 0,5.

Исполнение 1. $Z_{\text{накл}1} = (3240868 + 35224.64 + 5283.67 + 10977.75) \cdot 0.5 = 1646177.03$

Исполнение 2. $Z_{\text{накл}2} = (3268684 + 31477.32 + 4721.55 + 10341.36) \cdot 0.5 = 1657612.12$

Исполнение 3. $Z_{\text{накл}3} = (3480038 + 32301.76 + 4845.22 + 12869.34) \cdot 0.5 = 1765027.16$

6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 5.14.

Таблица 5.14 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
Материальные затраты НИИ	3240868	3268684	3480038	Пункт 3.4.1
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	35224.64	31477.32	32301.76	Пункт 3.4.3
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	5283.67	4721.55	4845.22	Пункт 3.4.4
Отчисления во внебюджетные фонды	10977.75	10341.36	12869.34	Пункт 3.4.5
Накладные расходы	1646177.03	1657612.12	1765027.16	Пункт 3.4.8
Бюджет затрат НИИ	4938531.09	4972836.35	5295081.48	Сумма ст. 1- 4

Таким образом, исходя из результатов таблицы 5.14 следует, что наиболее затратным является исполнение 3, наименее затратным – исполнение 1.

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (5.13)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{ri} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}} = \frac{4938531.09}{5295081.48} = 0.933; \quad I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{4972836.35}{5295081.48} = 0.939; \quad I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{5295081.48}{5295081.48} = 1$$

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (5.14)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 5.15).

Таблица 5.15 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	3	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5	2	3
3. Помехоустойчивость	0,15	4	3	5
4. Энергосбережение	0,20	5	3	2
5. Надежность	0,25	5	4	4
6. Материалоемкость	0,15	4	4	4
ИТОГО	1			

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0.1 + 5 \cdot 0.15 + 4 \cdot 0.15 + 5 \cdot 0.20 + 5 \cdot 0.25 + 4 \cdot 0.15 = 4.7$$

$$I_{p-исп2} = 3 \cdot 0.1 + 2 \cdot 0.15 + 3 \cdot 0.15 + 3 \cdot 0.2 + 4 \cdot 0.25 + 4 \cdot 0.15 = 3.25$$

$$I_{p-исп3} = 4 \cdot 0.1 + 3 \cdot 0.15 + 5 \cdot 0.15 + 2 \cdot 0.2 + 4 \cdot 0.25 + 4 \cdot 0.15 = 3.6$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения

разработки ($I_{исп.i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{р-исп1}}{I_{финр}} = \frac{4.7}{0.933} = 5.03$$

$$I_{исп.2} = \frac{I_{р-исп2}}{I_{финр}} = \frac{3.25}{0.939} = 3.46$$

$$I_{исп.3} = \frac{I_{р-исп3}}{I_{финр}} = \frac{3.6}{1} = 3.6$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл.5.16) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \tag{5.15}$$

Таблица 5.16 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Интегральный финансовый показатель разработки	0.933	0.939	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4.7	3.25	3.6
Интегральный показатель эффективности	5.03	3.46	3.6
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0.69	0.72

Вывод

В данном разделе был проведён анализ конкурентоспособных разработок применения различных видов топлива для получения электроэнергии.

В ходе проведения исследования был рассчитан бюджет научно-технического исследования. Исходя из этого, наиболее затратным является исполнение 3 (5295081.48), наименее затратным – исполнение 1 (4938531.09).

В результате проведения данной работы была рассчитана эффективность предложенных исполнений разработок. По полученным данным самым эффективным является исполнение 1.

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

В данной выпускной квалификационной работе объектом исследования является ТЭЦ-3, которая расположена в пределах города Томска. Данная электроцентраль предназначена для снабжения энергией и теплом северной части города (Октябрьского и Ленинского районов), а также рядом расположенных промышленных предприятий. Основным топливом на станции служит газ, в качестве резервного топлива используется мазут. Хранение мазута организуется на имеющемся маслوماзутхозяйстве.

В котельном цеху располагаются пять водогрейных котла типа Е-160-2,4-250 и два паровых котла типа БКЗ-500-140-1. Котельный цех предназначен для производства тепловой энергии, размещения котельного оборудования и персонала. Как правило, котельный цех является отдельным сооружением.

Персонал обслуживает котельную и тепловые сети. Работа машинистов, обслуживающих оборудование в котельном цеху относится к категории Па с интенсивностью энерготрат 151 –200 ккал/ч (это работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения).

6.1 Производственная безопасность

В данном пункте составим таблицу «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Данная таблица необходима для выявления опасных и вредных факторов, которые характерны для проектируемой производственной среды.

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ элементы условий труда, выступающих в роли опасных и вредных производственных факторов, можно разделить на четыре группы:

- Физические;
- Химические;
- Биологические;
- Психофизиологические.

Таблица 6.1 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по оценке технического состояния котельного цеха ТЭЦ-3

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Обслуживание электротехнического оборудования;		Поступление в воздух рабочей зоны токсических химических веществ	ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»
Обслуживание котлоагрегатов;	Отклонение показателей микроклимата рабочей среды		СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
Обслуживание газопровода.			
	Повышенная напряженность электрического поля		
	Повышенный уровень шума на рабочем месте		ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум, общие требования безопасности», СН 2.24/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий на территории жилой застройки»

Продолжение таблицы 6.1 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по оценке технического состояния котельного цеха ТЭЦ-3

	Повышенный уровень вибрации		СН 2.2.4/2.1.8.556 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий»
	Недостаток искусственного освещения		СНиП 23-05-95 «естественное и искусственное освещение», ГОСТ 26524-86 «Здания и сооружения. Методы измерения яркости», ГОСТ 24940-96 «Здания и сооружения. Методы измерения освещенности»
	Наличие прямой блеклости, недостаточная интенсивность света.		ГОСТ 24940-96 «Здания и сооружения. Методы измерения освещенности»
		Пожаровзрывобезопасность	ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.
		Наличие источников поражения электрическим током	ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

• Условия труда машинистов–операторов котельного цеха осложняет наличие источника тепловыделения – котлов. В котельных отделениях температура воздуха в теплый период года составляет около 26 – 43 °С, относительная влажность воздуха 17 – 53 %, скорость движения воздуха – от 0.5 до 2.6 м/с. В холодный период температура воздуха рабочих зон находится в пределах 13 – 45 °С, относительная влажность составляет 17 – 71 %, скорость воздуха колеблется в пределах от 0.5 до 1.4 м/с. Неблагоприятные перепады производственного микроклимата в котельном отделении ТЭЦ обусловлены наличием многочисленного теплонесущего оборудования. Высокая температура и низкая относительная влажность в котельном цехе объясняется значительными конвективными радиационными тепловыделениями от оборудования. [16]

Категории работ Па соответствуют следующие величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (табл. 6.2):

Таблица 6.2 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Па (175-232)	19-21	18-22	60-40	0,2
Теплый	Па (175-232)	20-22	19-23	60-40	0,2

При сравнении величин замеренных показателей и допустимых видно, что показатели микроклимата на производственных участках ТЭЦ-3 не соответствуют требованиям.

В целях защиты, работающих от возможного перегревания, при температуре воздуха на рабочих местах выше допустимых величин, время пребывания на рабочих местах должно быть ограничено. Время пребывания не должно превышать пяти часов за смену (непрерывно или суммарно за рабочую смену). Меры по нормализации производственного микроклимата на ТЭЦ должны быть направлены на повышение эффективности аэрации, системы принудительной вентиляции и кондиционирования воздуха, улучшение теплоизоляции первично нагретого оборудования.

- Работа агрегатов сопровождается постоянным высоко- и низкочастотным шумом. Уровень шума в котельном цехе, находятся в определенной зависимости от мощности оборудования, вида используемого топлива.

Характеристика уровня шумового воздействия на работников основных профессий ТЭЦ свидетельствует, что на рабочих местах в котельном цехе превышает допустимую величину от 6 до 19 дБА. Предельно допустимая величина уровня шума для работников машинных отделений составляет около 80 дБА.

К методами защиты от шумового воздействия относятся: средства коллективной и индивидуальной защиты или разработка шумобезопасной техники.

Так как уменьшение шума в источнике образования невозможна, в связи со спецификой производства. Применяется защита работников расстоянием, при помощи оборудования кабин для операторов, выведение рабочих мест в зоны с меньшим уровнем шума.

Для снижения влияния шума на организм человека необходимо проводить комплекс мер:

- выбор маршрутов движения персонала, мест проведения работ и профилактического обслуживания агрегатов, исходя из составленных шумовых карт с нанесенным уровнями шума;
- создание комнат отдыха для машинистов. При этом температура воздуха должна составлять 23–25°C, уровень шума – до 50 дБА;
- обеспечение рабочих достаточным количеством средств индивидуальной защиты.

- Сжигание в котлах газа может сопровождаться поступлением в воздух рабочей зоны оксида углерода, никеля, ванадия, диоксида серы, оксида азота, углеводородов, аммиака, сероводорода и других химических веществ. В случае неисправности газопровода газ может поступать в цеха.

ПДК в воздухе рабочей зоны: оксид азота – 5.0 мг/м³, оксид углерода – 20.0 мг/м³, диоксид серы – 10.0 мг/м³. [16]

- Находящиеся под напряжением кабельные сети, постоянно работающее электротехническое оборудование котельного цеха создают высокие уровни напряженности электрического поля. [16] Для обеспечения защиты применяют защитные ограждения, изоляция токоведущих частей, защитное отключение. Для защиты от поражения электрическим током при прикосновении к нетоковедущим частям электрооборудования применимы: защитное заземление, зануление, защитное отключение, средства

индивидуальной защиты (диэлектрические перчатки и сапоги, использование диэлектрических ковриков).

- Опасным фактором также является возможность возникновения взрыва или пожара. Природный газ взрывоопасен при контакте с окружающим воздухом. Для предупреждения взрыва необходимо исключить образование взрывоопасной среды и возникновение источников инициирования взрыва. К взрывоопасной среде относятся вещества, склонные к взрывному превращению. Природный газ при соединении с кислородом и воздухом образует горючую смесь, которая при наличии источника огня может взорваться с большой силой. То есть следует повышенное внимание уделять герметичности технологического оборудования, обеспечение аварийной и рабочей вентиляции, контроль состава воздушной среды. К источникам инициирования взрыва на ТЭЦ относятся электрические разряды, искры от удара или трения, ударные волны. Для предотвращения возникновения источников инициирования взрыва следует предотвращать нагрев оборудования до температуры самовоспламенения; применять материалы, не создающих при соударении искр; применять взрывозащитное оборудование; применять средства защитного отключения электрического оборудования, которые способны инициировать взрыв.

6.2 Экологическая безопасность

Экологическая безопасность – состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий. [17]

В типичной электростанции происходит сжигание углеродосодержащего топлива (угля, природного газа и синтез-газа), и под действием этого тепла котле возникает пар, который приводит в движение турбину, связанную с ротором генератора.

Защита селитебной зоны. Санитарно-защитная зоны является обязательным элементом любого объекта, который является источником

воздействия на среду обитания и здоровье человека. Размер санитарно-защитной зоны предприятия устанавливается в зависимости от класса опасности предприятия по санитарной классификации. Для ТЭЦ-3, как для объекта теплоэнергетики по СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03, установлен 3 класс опасности предприятия с размером СЗЗ 300 метров (ТЭЦ и районных котельных тепловой мощностью 200 Гкал и выше, работающие на газовом и газомазутном топливе (последнее – как резервное)).

Защита атмосферы. Тепловые электростанции являются основными источниками загрязнения атмосферы. Поступление загрязняющих атмосферный воздух веществ осуществляется вместе с дымовыми газами через дымовую трубу.

Основными загрязнителями, образующихся при сжигании газа, синтез-газа и угля:

- Оксид углерода. Образуется при неполном сгорании углеродистых веществ, при поступлении в организм человека вызывает недостаток кислорода, как следствие, происходят различные нервные нарушения;
- Сернистый ангидрид. Выделяется в процессе сгорания серосодержащего топлива. Попадая в атмосферу способен наносит большой ущерб животному и растительному миру, он разрушает хлорофилл, который имеется в растениях, тем самым повреждает листья и хвою;
- Оксид азота. Образуется при высокотемпературном сжигании путем окисления азота, находящегося в атмосферном воздухе. Он снижает прозрачность атмосферы и способствует образованию смога;
- Диоксид азота. Оказывает сильное раздражающее действие на слизистую оболочку глаз и дыхательные пути
- Зола и твердые частицы. Выделяется только при сжигании угля.

Нормирование выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду производится путем установления предельно допустимых выбросов этих веществ в атмосферу (ПДВ). ПДВ - это масса выбросов вредных веществ в единицу времени от данного источника или совокупности источников

загрязнения атмосферы города или другого населенного пункта с учетом перспективы развития промышленных предприятий и рассеивания вредных веществ в атмосфере, создающая приземную концентрацию, не превышающую их предельно допустимые концентрации (ПДК) для населения, растительного и животного мира (по ГОСТ 17.2.3.02-78 "Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями"), если нет других более жестких экологических требований или ограничений.

Защита гидросферы. Загрязняют окружающую среду и сточные производственные воды, которые содержат нефтепродукты. Эти воды станция сбрасывает после химических промывок оборудования, поверхностей нагрева паровых котлов и систем гидрозолоудаления.

Объемы производственных сточных вод не зависят от мощности ТЭЦ и типа установленного оборудования, однако если на станции используется жидкое топливо, объемы сбросов производственных вод несколько выше. Их количество также зависит от качества монтажа оборудования электростанции и условий его эксплуатации.

Усовершенствование конструкции оборудования электростанций, неукоснительное соблюдение норм его эксплуатации позволяют снизить до минимума количество нефтепродуктов, поступающих в сточные воды, а применение ловушек и нефтеотстойников практически исключает попадание во внешнюю среду, но только при условии полной технической исправности оборудования.

Защита литосферы. Для ТЭЦ характерны следующие отходы:

- Производства – отработанные масла, зола каменноугольная ТЭЦ, шлам от очистки котлов на ТЭЦ, шлак каменноугольный, нефтешлам при зачистке резервуаров, осадки очистных сооружений, отходы катионитовой смолы, шлам нейтрализации.

Отходы основного производства: отработанные масла, зола каменноугольная ТЭЦ, шлак каменноугольный, нефтешлам при зачистке

резервуаров, осадки очистных сооружений, отходы катионитовой смолы, шлам от очистки котлов.

Количество и число отходов, их состав определяются видом и количеством сжигаемого топлива, технологией сжигания, технологией водоподготовки, условиями эксплуатации основного и вспомогательного оборудования, наличием вспомогательных операций.

Мероприятия по снижению количества и степени опасности отходов.

Отходы ТЭЦ, за исключением золошлаковых отходов, образующихся при сжигании углей, являются малотоннажными.

В зависимости от технологии сжигания топлива и получения электрической энергии на различных ТЭС в настоящее время используются разнообразные способы сокращения отходов. Вывоз отходов для конкретной обработки или размещение согласовывается со специализированными предприятиями. Нефтешлам при зачистке резервуаров, грунт, содержащий нефтепродукты, полиизобутилен, осадки очистных сооружений, конденсат, содержащий нефтепродукты, вывозятся на специализированное предприятие, имеющее печи для сжигания отходов. Ряд отходов используется непосредственно на ТЭЦ: под засыпку территории (например, отходы обмуровок, промышленный мусор, стружки, опилки, шлам нейтрализации, зола ТЭЦ).

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения населения – электроэнергетических, канализационных системах, водопроводных и тепловых сетях редко сопровождаются гибелью людей, однако они создают существенные трудности жизнедеятельности, особенно в холодное время года.

Аварии на электроэнергетических системах могут привести к долговременным перерывам электроснабжения потребителей, обширных территорий, нарушению графиков движения общественного электротранспорта, поражению людей электрическим током.

Наиболее распространенными источниками возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера являются пожары и взрыв газопровода.

Одна из чрезвычайных ситуаций, которая может возникнуть в период эксплуатации объекта является обрыв линии электропередач (ЛЭП) в результате ураганного ветра. Авария на энергетических предприятиях, которые приводят к отключению электроэнергии более чем на 24 часа, являются чрезвычайными ситуациями. Томская электроцентраль снабжает электроэнергией не только районы города, но и близ расположенные предприятия (ООО «Томскнефтехим», ООО «Сибирские ресурсы» и т.п.). Следовательно, данная ЧС может привести к выводу оборудования из строя, с учетом отсутствия резервного источника электроэнергии на предприятии, а, следовательно, к остановке производства. Так же это нанесет существенные убытки населению и правительству. Во время аварии выключаются осветительные приборы, не работают лифты, светофоры, метро (либо не работает, либо работает, но частично).

Человек, попавший в зону обрыва ЛЭП может получить удар электрическим током, в результате чего может погибнуть. Упавшая на строение ЛЭП может привести к возгоранию или взрыву.

К предупреждению возникновения чрезвычайных ситуаций следует отнести исключение человеческого фактора. Например, неправильно натянутые провода; своевременный ремонт опоры ЛЭП; соблюдение мер безопасности при работе рядом с ЛЭП; неквалифицированный обслуживающий персонал.

Порядок действий в результате возникновения ЧС:

- 1) Обесточить источник тока, если отсутствует автоматическое отключение в результате падения напряжения в сети;
- 2) Исключить доступ населения к месту аварии;
- 3) Оповестить население о происшествии;
- 4) Произвести осмотр места обрыва ЛЭП на предмет наличия пострадавших/погибших;
- 5) Оказание первой доврачебной помощи пострадавшим;

- б) Вызов скорой медицинской помощи;
- 7) Произвести осмотр места на наличие поврежденных сооружений;
- 8) Произвести восстановление оборванной ЛЭП.

К мерам ликвидации последствий ЧС относят в первую очередь незамедлительное восстановление электроснабжения на жизненно важных объектах.

6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В ходе проведения расчетов рассеивания выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при сжигании топлива на ТЭЦ-3 использовались следующие нормативные документы:

- 1) Расчет выбросов двух котлов типа БКЗ-500-140-1 проводился с использованием руководящего документа – РД 34.02.305-98 «Методика определения валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок ТЭС»;

- 2) Общие требования и структура тома ПДВ изложены в ГОСТ 17.2.3.02-78 «Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями»;

- 3) Величины предельно-допустимых концентраций в атмосферном воздухе для населенных пунктов представлены ГН 2.1.6.1983-05 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Дополнения и изменения № 2 К ГН 2.1.6.1338-03»

- 4) Так как данные о санитарно-защитной зоне ТЭЦ-3 отсутствуют, размеры СЗЗ были приняты в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов». Новая редакция;

- 5) Расчет рассеивания ЗВ в атмосферном воздухе проводился с использованием программного комплекса ЭРА-воздух версия 2.0. Расчеты данного комплекса основаны на ОНД-86 «Методика расчета концентраций в

атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий»;

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Загрязнение атмосферного воздуха является одним из основных видов негативного воздействия предприятий энергетики на окружающую среду. Исходя из этого была проведена оценка эффективности применения синтез-газа вместо природного газа в парогазовом цикле на ТЭЦ.

В ходе проделанного исследования были рассчитаны выбросы загрязняющих веществ, которые образуются при сжигании природного газа, угля и синтез-газа в существующих котлах ТЭЦ-3. Также был проведен расчет рассеивания и анализ полей концентраций выбрасываемых веществ. На основании проведенных расчетов реализована оценка воздействия выбрасываемых загрязняющих веществ на атмосферу и проанализирована экологическая эффективность использования синтез-газа в качестве основного топлива.

Из результатов оценки выбросов загрязняющих веществ от котельных установок можно сделать следующий вывод: для обеспечения требуемой мощности котельных установок при применении синтез-газа необходимо в девять раз большее количество топлива, чем при использовании природного газа. Из этого следует, что массовое количество выбросов азота диоксида значительно превышает нормативные значения. Следовательно, для обеспечения безопасной концентрации загрязняющего вещества на границе с жилой зоной необходимо использование дополнительных очистительных установок.

Из вышесказанного следует, что синтез-газ по сравнению с природным газом является менее эффективным видом топлива, так как обладает очень низкой теплотворной способностью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Отрасли промышленности. Электроэнергетика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://promyshlennosts.ru/prom_kat/elektroenergetika.html;
2. Электротехнический портал. Энергетический комплекс РФ. Электроэнергетическое хозяйство России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xn----8sbnaarbiedfksmiphlnncm1d9b0i.xn--p1ai/energo-kompleks-rf/116-electro-hozaystvo-rossii.html>;
3. Основные и нетрадиционные способы получения электроэнергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ref.by/refs/81/26680/1.html>;
4. Моя библиотека. Недостатки природного газа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mybiblioteka.su/4-131689.html>;
5. Trio-kuzbass. Энергетический уголь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://trio-kuzbass.ru/brand/energeticheskii-ugol/about/>;
6. В.А.Маляренко. Сжигание органических топлив и эколого-химическая безопасность./ В.А. Маляренко, П.М. Канило//Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2012. – №11 – с. 30–37;
7. Т.М. Богачева. Перспективы повышения экологичности угольных ТЭС./Т.М. Богачева, З.Г. Ярмуш.//Экология и промышленность России. – 2013.– с. 57–60;
8. Э.А. Караханов. Синтез-газ как альтернатива нефти. I. Процесс Фишера-Тропша. // Химия. – Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. – 1997.
9. Экологический портал. Характеристика загрязняющих атмосферу веществ и классификация источников загрязнения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://portaleco.ru/ekologija-goroda/harakteristika-zagrjaznjajushchih-atmosferu-veshchestv-i-klassifikacija-istochnikov-zagrjaznenija.html>;

10. Основы промышленной экологии. Каковы основные методы очистки отходящих газов от оксидов азота и их физико-химическое обоснование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://all-ecology.ru/index.php?request=full&id=114>;
11. Студопедия. Теплоэнергетика и ее воздействие на природную среду [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://studopedia.org/3-75126.html>;
12. Бойко Е. А. Золоулавливающие устройства тепловых электростанций: учебное пособие. – Красноярск 2005. – 80 с.;
13. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» п. 2 ст. 19 ;
14. Справочник эколога. Нормативы выбросов в атмосферный воздух, процедура нормирования и разрешение на выброс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.profiz.ru/eco/3_2013/normativi_vibrosov/;
15. Центр экологической информации. Центр экологического образования. Нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (проект ПДВ) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://centreco.ru/projects_pdv_normir.php;
16. Агафонов А.А. Факторы риска для здоровья работников цехов тепловой электростанции. / Агафонов А.А., Блашкова С.Л., Даутов Ф.Ф. // Фундаментальные исследования. Медицинские науки. – 2012. – №12 – с. 215–218;
17. Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности. Экологический портал Санкт-Петербурга. – 2005-2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.infoeco.ru/index.php?id=58>.

Приложение А

(справочное)

Показатели установок по газификации

На основе результатов ПНИЭР Индустриальный партнер - Фонд поддержки научной, научно-технической и инновационной деятельности "Энергия без границ" (далее - Фонд) во взаимодействии с получателем субсидии должен создать:

- газогенераторную установку прямоточно-вихревой газификации углей (далее – ПВГГУ);
- горновую газогенераторную установку (далее - ГГГУ).

ПВГГУ должна обеспечивать:

1. Приготовление из энергетических углей марок Д, Б1, Б2, Б3, Т по ГОСТ 25543-88 тонкодисперсных водоугольных суспензий (далее - ТВУС) и их газификацию в прямоточно-вихревом газогенераторе с получением очищенного от пыли, золы-уноса, SO_2 , H_2S , NH_3 , NO_x энергетического газа, пригодного для использования вместо природного газа и дизельного топлива на предприятиях топливно-энергетического комплекса, в том числе на ТЭС;

2. Получение энергетического газа в объеме (приведенном к нормальным условиям) не менее 25 тыс. $m^3/ч$, в составе: CO_2 – 0,05-0,1%; CH_4 – 0,02-1%; N_2 – 49-55,98%; CO – 25,5-28,5%; H_2 – 18,5-21,5%, при значениях SO_2 , H_2S , NH_3 , NO_x – не более 0,01%, с теплотворной способностью не менее 1150 ккал/кг. Масса механических примесей в 1 m^3 , г, не более 0,001;

3. Качество производимого очищенного энергетического газа для использования в парогазовом цикле ТЭС со следующими характеристиками:

Таблица 1 –Характеристики энергетического газа

Характеристики	Единицы измерения	Значение
Низшая теплота сгорания	ккал/м ³	1000 ± 100
Перегрев выше точки росы	°С	>15
Общее содержание серы, масс, не более	%	0,1
Содержание твердых частиц, не более	млн ⁻¹	5
Размеры твердых частиц, не более	мкм	5
Давление энергетического газа	МПа	0.5
Максимальные пределы изменения давления	МПа	±0,05
Максимальная скорость изменения давления	МПа/с	0,005
Температура	°С	800 ± 20
Индекс Воббе	МДж/м ³	314
Пределы изменения индекса Воббе	%	±5
Скорость изменения индекса Воббе, не более	%	0,5

4. Приготовление ТВУС массой от 6,6 т/ч до 10 т/ч;
5. Прямоточно-вихревую газификацию ТВУС при температуре ниже плавления золы от 1000 до 1100°С и давлении от 0,5 до 0,6 Мпа;
6. Использование энергетического угля массой от 4,3 до 6,5 т/ч для приготовления ТВУС массой 7,2-10,8 т/ч;
7. Полную установленную электрическую мощность не более 600 кВА;
8. Соответствие электромагнитной совместимости системы автоматического управления и контроля ПВГГУ требованиям ГОСТ Р 50397-2011;
9. Габариты прямоточно-вихревого газогенератора с теплоизоляцией: высота – (12,0 ± 0,25) м; диаметр – (1,5±0,05) м с теплоизоляцией;
10. Массу прямоточно-вихревого газогенератора не более 14500 кг.

ГГГУ должна обеспечивать:

1. Газификацию энергетических углей в горновом газогенераторе с получением энергетического газа, пригодного для использования вместо природного газа и дизельного топлива на ТЭС, в том числе, с внутрицикловой

газификацией угля;

2. Газификацию энергетических углей марок А, Б, Т, Д по ГОСТ 25543-88 с

- a. содержанием золы на сухую массу по ГОСТ 11022-95 – до 25 %;
- b. летучих веществ на горючую массу по ГОСТ 6382-2001 - до 40 %;
- c. содержанием серы на сухую массу топлива по ГОСТ Р 53356-2009 – до 1,0 %;

3. Получение энергетического газа с низшей теплотой сгорания не менее 1100 ккал/кг в объеме, приведенном к нормальным условиям, не менее 28000 м³/ч, в составе, % об.:

- a. CO₂ от 2,0 до 5,5;
- b. CH₄ от 0,3 до 3,5;
- c. CO от 20 до 30;
- d. H₂ от 6,7 до 9,5;
- e. N₂ от 45,0 до 50,0;
- f. масса механических примесей в 1 м³ - не более 20 мг.

4. прием и складирование энергетического угля в объеме до 10 т/ч;

5. дробление и фракционирование угля для обеспечения размера фракций от 5 мм до 50 мм;

6. утилизация образовавшейся мелочи размером менее 5 мм;

7. подача фракционированного угля размером от 5 до 50 мм в газификатор;

8. давление в газификаторе – до 2,5 МПа;

9. температура в ядре горения должна обеспечивать жидкое шлакоудаление;

10. охлаждение газа до 550°C,

11. очистку генераторного газа от пыли и соединений серы,

12. КПД газификации не менее 95%,

13. температуру на выходе из газогенератора от 700 °С до 900 °С,

14. режим газификации – воздушно-паровой,

15. среднюю наработку на отказ не менее 8000 ч;
16. готовности – 0,95.

Приложение Б

(обязательное)

Финансовый менеджмент, ресурсосбережение и ресурсоэффективность

Таблица Б.3 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Низкая себестоимость ресурса С2. Экологичность технологии. С3. Наличие бюджетного финансирования. С4. Использование вместо основного вида топлива С5. Высокий «жизненный цикл» оборудования</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Низкая эффективность конечного продукта Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой Сл3. Длительное время исполнения Сл4. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца Сл5. Большой срок поставок материалов и комплектующих, используемые при проведении научного исследования</p>
<p>Возможности: В1. Снижение выбросов в атмосферный воздух В2. Использование низкосортного вида топлива В3. Появление дополнительного спроса на ресурс В4. Строительство электростанций вблизи города В5. Использование в качестве автомобильного топлива</p>	<p>Низкая себестоимость и высокая экологичность конечного продукта – синтез-газа привлекают население для размещения электростанций вблизи города.</p>	<p>Низкая эффективность и отсутствие установки для получения продукта, не полностью изученное направление снижают возможность наиболее быстрого и эффективного внедрения продукта на электростанции.</p>

Продолжение таблицы Б.3 – Матрица SWOT

<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на продукт У2. Развитая конкуренция технологий производства У3. Ограничения на экспорт технологии У4. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции У5. Отсутствие финансирования со стороны государства.</p>	<p>Низкая себестоимость и экологичность технологии могут привести к конкуренции технологии производства.</p>	<p>Низкая эффективность и высокие затраты на производство продукта могут привести к отказу от финансирования проекта со стороны государства.</p>
--	--	--

