

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

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Оценка воздействия на атмосферный воздух деятельности компрессорной станции УДК 502.3:504.5-047.43:621.51.004

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е42	Новожилова Софья Сергеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Алексеев Н.А.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Николаенко В.С.			

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ларионова Е.В.	к.х.н.		

Томск – 2018 г.

Результаты освоения образовательной программы по направлению 20.03.01 Техносферная безопасность

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

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 20.03.01 Техносферная безопасность
 _____ Е.В. Ларионова
 05.02.2018 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
1E42	Новожиловой Софье Сергеевне

Тема работы:

Оценка воздействия на атмосферный воздух деятельности компрессорной станции	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	29.01.2018 г. 429/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	13.06.2018 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Данные газотранспортного предприятия о составе источников КС “Вертикос”, времени работы оборудования и расходе сырья и материалов. Данные производственной и преддипломной практик.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Аналитический обзор литературных источников по компрессорным станциям. 2. Проведение инвентаризации источников выбросов 3. Расчеты массовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. 4. Анализ результатов исследований
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Николаенко Валентин Сергеевич
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику 05.02.2018 г.

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Алексеев Николай Архипович			05.02.2018 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е42	Новожилова Софья Сергеевна		05.02.2018 г.

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
 Уровень образования бакалавриат
 Отделение контроля и диагностики
 Период выполнения весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

Срок сдачи студентом выполненной работы: 13.06.2018 г.

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
12.03.2018 г.	Раздел «Обзор литературы» подбор литературы, проведение теоретических обоснований	20
26.03.2018 г.	Раздел «Характеристика объекта исследования» подбор литературы, проведение теоретических обоснований	10
09.04.2018 г.	Раздел «Расчетная часть», изучение методик	15
23.04.2018 г.	Раздел «Расчетная часть», проведение расчетов	15
07.05.2018 г.	Раздел «Расчетная часть», проведение расчетов, анализ полученных результатов	10
21.05.2018 г.	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
04.06.2018 г.	Оформление и представление ВКР	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Алексеев Н.А.			05.02.2018

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ларионова Е.В.	к.х.н.		05.02.2018

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

Студенту:

Группа 1E42	ФИО Новожиловой Софье Сергеевне
-----------------------	---

Школа	ИШНКБ	Отделение	Контроля и диагностики
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

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

<p>1. Стоимость ресурсов выпускной квалификационной работы (ВКР): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих.</p> <p>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов.</p> <p>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования.</p>	<p>Оклад руководителя – 21 000 руб. Оклад студента – 1 854 руб. Премияльный коэффициент руководителя 30 %; Премияльный коэффициент студента 0 %; Доплаты и надбавки руководителя 30 %; Доплаты и надбавки студента 30 %; Коэффициент дополнительной заработной платы 12 %; Накладные расходы 16 %; Районный коэффициент 1,3. Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 27,1 %.</p>
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Планирование формирования бюджета ВКР.</p>	<p>1. Формирование плана и графика разработки ВКР: – определение структуры работ; – определение трудоемкости работ; – разработка графика проведения ВКР. 2. Формирование бюджета затрат на ВКР: – материальные затраты; – заработная плата (основная и дополнительная) – накладные расходы.</p>
--	---

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Николаенко В.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E42	Новожилова С.С.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа 1E42	ФИО Новожиловой Софье Сергеевне
-----------------------	---

Школа	ИШНКБ	Отделение	Контроля и диагностики
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является компрессорная станция.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения. 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.	Рассмотреть воздействие вредных факторов, таких как повышенный уровень шума, недостаточная освещенность, повышенный уровень вибрации, повышенная загазованность воздуха, отклонение показателей микроклимата.
2. Экологическая безопасность.	Рассмотреть воздействие компрессорной станции на окружающую среду и мероприятия по снижению этого воздействия.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	Рассмотреть возможные ЧС и превентивные мероприятия.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	Рассмотреть особенности трудового законодательства и эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны исследователя.

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E42	Новожилова С.С.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 82 с., 3 рис., 36 табл., 45 источников, 4 прил.

Ключевые слова: КОМПРЕССОРНАЯ СТАНЦИЯ, ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА, АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ, УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ КРАНАМИ, СВЕЧИ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЕЙ, ГАЗОВОЗДУШНАЯ СМЕСЬ.

Объектом исследования является поступление в атмосферный воздух выбросов от источников компрессорной станции «Вертикос», расположенной в Каргасокском районе Томской области.

Цель работы – оценить загрязнение атмосферы выбросами компрессорной станции.

В процессе исследования изучены стандарты Газпрома, методики расчетов выбросов загрязняющих веществ при эксплуатации компрессорной станции.

В результате исследования получены значения массовых выбросов загрязняющих веществ, которые можно использовать при разработке нормативов выбросов из источников станции.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики:

- 1) Область применения: природоохранная деятельность предприятия, мероприятия по снижению выбросов.
- 2) Значимость работы: полученные результаты массовых выбросов загрязняющих веществ могут явиться основой для разработки проекта нормативов предельно допустимых выбросов для компрессорной станции.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

МГ – магистральный газопровод.

КС – компрессорная станция.

ГПА – газоперекачивающая станция.

УУК – устройства управления кранами.

АГРС – автоматическая газораспределительная станция.

ОК – охранный кран.

ИЗА – источник загрязнения атмосферы.

ИВ – источник выделения.

ЗВ – загрязняющие вещества.

ДЭС – дизельная электростанция.

ГВС – газовоздушная смесь.

СПМ – смесь природных меркаптанов.

ПДК – предельно допустимая концентрация.

ПДК_{МР} – максимально-разовая предельно допустимая концентрация.

ПДК_{СС} – среднесуточная предельно допустимая концентрация.

ОБУВ – Ориентировочный безопасный уровень воздействия.

СОДЕРЖАНИЕ

Реферат	8
Список сокращений	9
Введение.....	12
1. Обзор литературы.....	13
1.1. Природный газ. Компонентный состав	13
1.2. Основные сведения о МГ. КС как составная часть МГ	14
1.3. Классификация КС. Назначение и состав КС.....	16
1.4. Воздействие КС на атмосферу.....	19
1.5. Мероприятия по уменьшению воздействия	22
2. Характеристика объекта исследования как источника загрязнения атмосферы	25
3. Расчетная часть.....	28
3.1. Расчет выбросов ЗВ от свечи пылеуловителей (ИЗА 0001)	28
3.2. Расчет выбросов ЗВ от свечей ГПА-1,2,3,4,5,6, УУК-1,2,3,4,5,6,6а (ИЗА 0002-0014)	32
3.3. Расчет выбросов ЗВ от котельной (ИЗА 0015)	34
3.4. Расчет выброса ЗВ от емкости одоранта (ИЗА 0016).....	38
3.5. Расчет выбросов ЗВ от подогревателя газа АГРС (ИЗА 0017)	39
3.6. Расчет выбросов ЗВ от ДЭС (ИЗА 0018).....	41
3.7. Расчет выбросов ЗВ от свечи пылеуловителя АГРС (ИЗА 0019).....	43
3.8. Расчет выбросов ЗВ от свечей охранных кранов (ИЗА 0020, 0021).....	44
3.9. Расчет выбросов ЗВ от стоянки транспортных средств (ИЗА 6001).....	46
3.10. Расчет выбросов ЗВ при проведении сварочных работ (ИЗА 6002) ...	52
3.11. Расчет выбросов ЗВ от уплотнений ЗРА (ИЗА 6003).....	54
3.12. Расчет загрязнения атмосферы выбросами одиночного точечного источника	55
4. Результаты.....	58
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	59
5.1. Планирование выпускной квалификационной работы.....	59
5.1.1. Структура работ в рамках ВКР	59

5.1.2. Определение трудоемкости выполнения работ	60
5.1.3. Разработка графика проведения ВКР	61
5.2 Бюджет выпускной квалификационной работы	62
5.2.1. Расчет материальных затрат ВКР	62
5.2.2. Основная заработная плата исполнителей темы	63
5.2.3. Дополнительная заработная плата исполнителей темы	64
5.2.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	65
5.2.5. Накладные расходы	65
5.2.6. Формирование бюджета затрат ВКР	66
6. Социальная ответственность	67
6.1. Профессиональная социальная безопасность	67
6.1.1. Повышенный уровень шума	68
6.1.2. Повышенный уровень вибрации	68
6.1.3. Повышенная загазованность воздуха	69
6.1.4. Отклонение показателей микроклимата.....	69
6.1.5. Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	70
6.2. Экологическая безопасность.	70
6.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	73
6.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	74
6.4.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства.	74
6.4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.	75
Заключение	76
Список литературы	77
Приложение 1 – Удельные выделения ЗВ при эксплуатации транспортных средств.....	83
Приложение 2 – Расчеты приземных концентраций ЗВ	86
Приложение 3 – Бланк инвентаризации источников выбросов	93
Приложение 4 – График проведения ВКР	99

ВВЕДЕНИЕ

Современная система транспортировки газа может быть представлена как единая технологическая цепочка, которая включает в себя газовые месторождения, магистральный газопровод, подземные хранилища газа, компрессорные станции, газораспределительные станции, газоперерабатывающие заводы. Каждая часть этой цепочки оказывает негативное воздействие на окружающую среду.

При транспорте газа наиболее существенным источником загрязнения атмосферного воздуха является компрессорная станция (КС). В процессе эксплуатации КС в атмосферный воздух могут выделяться углеводороды, оксиды углерода, оксиды азота, сажа, пары метанола, бензина и др. соединения.

В данной работе приводятся результаты расчетов выбросов загрязняющих веществ от КС «Вертикос», которая расположена в Каргасокском районе Томской области.

Целью работы является оценка воздействия на атмосферный воздух деятельности компрессорной станции на примере КС «Вертикос».

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить основные технологические процессы, происходящие на компрессорных станциях, и выявить источники выбросов;
- изучить методики расчета выбросов от объектов КС;
- рассчитать выбросы загрязняющих веществ от источников КС «Вертикос»;
- произвести анализ полученных результатов.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Природный газ. Компонентный состав

Природный газ представляет собой смесь газов, образовавшихся в процессе анаэробного разложения органических веществ в недрах Земли.

Природный газ по способу добычи можно разделить на 3 группы:

- 1) «сухой» газ из чисто газовых месторождений (метан более 90 %);
- 2) попутный газ из нефтяных месторождений (метан и тяжелые углеводороды C_nH_{n+2} при $n > 2$ более 60 %);
- 3) газоконденсат из газовых месторождений (метан 70–90 % метан);

Природный газ содержит горючую и не горючую компоненты. К горючим компонентам относятся: 1) метан CH_4 – бесцветный газ, нетоксичен, без запаха. Ориентировочный безопасный уровень воздействия ОБУВ = 50 мг/м³; 2) тяжёлые углеводороды метановой группы C_nH_{2n+2} , число n называется углеводородным числом (этан, пропан, бутан, пентан и т.д.); 3) оксид углерода CO – газ не обладает цветом, вкусом, токсичен и ядовит. Относится к 4-му классу опасности, максимально-разовая предельно допустимая концентрация ПДК_{МР} = 5 мг/м³, среднесуточная ПДК_{СС} = 3 мг/м³; 4) водород H_2 – бесцветный нетоксичный газ без запаха.

Негорючие компоненты природного газа, называемые балластом: 1) азот N_2 – бесцветный газ, не обладает вкусом, запахом; 2) диоксид углерода CO_2 – бесцветный газ со слегка кисловатым запахом; 3) кислород O_2 – бесцветный газ без запаха. Содержание кислорода в природном газе должно быть меньше 1%, т.к. его присутствие в природном газе делает его взрывоопасным.

Вредными примесями природного газа являются: 1) сероводород H_2S – бесцветный газ, обладает запахом тухлых яиц. Сероводород относится ко 2-му классу опасности ПДК_{МР} = 0,008 мг/м³; 2) цианистоводородная (синильная) кислота HCN – бесцветная легкая жидкость. Относится ко 2-му классу опасности ПДК_{СС} = 0,01 мг/м³ [1,2].

1.2. Основные сведения о МГ. КС как составная часть МГ

Магистральный газопровод (МГ) – это трубопровод, который предназначен для транспортировки природного газа из районов добычи к пунктам потребления газа. МГ является основным средством передачи газа на значительные расстояния [3].

В зависимости от давления МГ подразделяются на 2 класса: I класс – рабочее давление от 2,5 до 10 МПа включительно; II класс – рабочее давление от 1,2 до 2,5 МПа включительно.

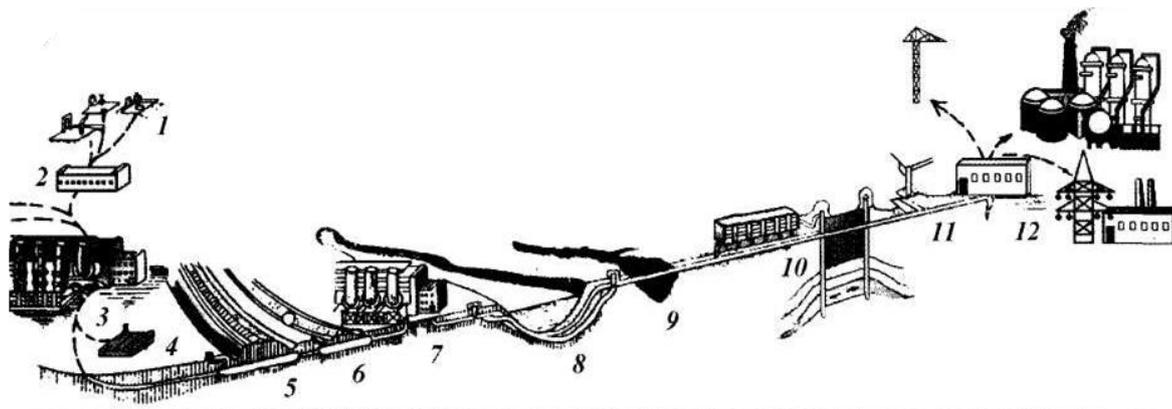


Рисунок 1 – Схема сооружений магистрального газопровода: 1 – промысел; 2 – газосборный пункт; 3 – головная КС с очистными устройствами; 4 – отвод к ГРС; 5, 6 – переходы через железную и шоссейную дорогу; 7 – промежуточная КС; 8, 9 – переходы через реку и овраги; 10 – подземное газохранилище; 11 – станция катодной защиты; 12 – конечная ГРС [4]

Система транспортировки газа может быть представлена как единая технологическая цепочка, представленная на рисунке 1.

В состав магистрального газопровода входят: линейные сооружения (собственно газопровод), система противокоррозионной защиты, линия связи, перекачивающие компрессорные станции, газораспределительные станции.

Основными сооружениями на МГ являются:

1. Головное сооружение (ГС), здесь добываемый газ подготавливается к дальнейшей транспортировке.

2. Компрессорные станции (КС) предназначены для перекачки газа по газопроводу.

3. Газораспределительные станции (ГРС) комплекс сооружений для снижения давления транспортируемого газа, очистки, одоризации и учета расхода газа перед подачи его потребителям.

4. Подземные хранилища газа (ПХГ) искусственного или естественного происхождения (шахты, рудники), предназначенные для сглаживания неравномерного потребления газа в течение года.

К линейной части относятся сам МГ с переходами через естественные и искусственные преграды, лупинги (параллельные нитки на отдельных участках для производства ремонтных работ без прекращения подачи газа и для увеличения пропускной способности), резервные нитки при переходах через водные преграды, крановые узлы, перемычки, камеры запуска и приёма очистных устройств, конденсатосборники, метанольницы.

К вдольтрассовым коммуникациям относят линии электропередач, связь, телемеханика, сигнализация, подъездные дороги, вертолетные площадки, дома линейных обходчиков и т.д. [1].

1.3. Классификация КС. Назначение и состав КС

Компрессорные станции сооружают на магистральных газопроводах с целью достижения проектной или плановой производительности путем повышения давления транспортируемого газа, при этом осуществляются следующие технологические процессы: очистка транспортируемого газа от твердых и жидких примесей, компримирование газа, охлаждение газа. Компримирование – это процесс повышения давления газа. Компримирование газа на КС осуществляется для достижения давления, которое может обеспечить его подачу от источника газа до газораспределительной станции потребителя.

КС МГ можно классифицировать по: назначению, типу установленных компрессорных машин, типу привода газоперекачивающего агрегата.

По назначению КС подразделяются на: головные, линейные (промежуточные) и дожимные.

Головные КС обычно размещаются в непосредственной близости от места добычи газа. На нее поступает газ от промысловой установки комплексной подготовки, где газ уже прошел очистку от твердых и жидких примесей, осушку, очистку от углекислого газа и сероводорода, гелия. Для головной КС характерна высокая степень сжатия газа, т.е. отношение давлений нагнетания к давлению всасывания.

Линейные КС располагаются на площадках по всей трассе газопровода, в соответствии с его гидравлическим расчетом, как правило, через каждые 100–150 км. Степень сжатия таких КС в среднем равна 1,34, давление всасывания равно 5,6 Мпа, а давление нагнетания равно 7,5 МПа.

Дожимные КС устанавливаются на подземных хранилищах газа. Они необходимы для закачки газа в пласт из МГ, а также для отбора газа из пласта в МГ или подачи потребителю. Степень сжатия на дожимных КС высока и равняется 2–4.

По типу установленных компрессорных машин КС подразделяются на поршневые и центробежные. На поршневых КС установлены поршневые компрессоры, а на центробежных, соответственно, центробежные компрессоры. Поршневые компрессоры использовались на начальном этапе развития газопроводного транспорта, однако из громоздкости и малой производительности их используют только на дожимных КС подземных хранилищ газа. Головные и линейные КС оснащены центробежными компрессорами.

По типу привода газоперекачивающего агрегата различают КС с газотурбинным и электрическим приводом [5].

В общем случае в состав КС входят следующие объекты: 1) компрессорные цеха; 2) узлы пуска и приема очистных устройств; 3) система сбора, удаления и обезвреживания твердых и жидких примесей; 4) система электроснабжения станции; 5) система производственно-хозяйственного и пожарного водоснабжения; 6) система канализации и очистных устройств; 7) система теплоснабжения и утилизации теплоты; 8) система связи; 9) система электрохимической защиты объектов КС; 10) система молниезащиты; 11) диспетчерский пункт КС; 12) административно-хозяйственные помещения; 13) склады для хранения материалов, реагентов и оборудования; 14) вспомогательные объекты КС.

В компрессорный цех КС входят: группа газоперекачивающих агрегатов (ГПА), узел подключения к МГ; установка воздушного охлаждения газа; станция охлаждения газа; система топливного, пускового и импульсного газа; технологические коммуникации с запорной арматурой; установка очистки газа; система охлаждения смазочного масла; система автоматического управления и контрольно-измерительных приборов; электрические устройства цеха; вспомогательные системы и устройства [6].

КС достаточно разнообразны по своим технологическим схемам, это объясняется это широким перечнем типоразмеров ГПА, различными вариантам дополнительных функций, возлагаемых на КС. Однако в

большинстве случаев эти схемы не имеют между собой существенных различий и сводятся, к одному типовому виду, приведённому на рис. 2.

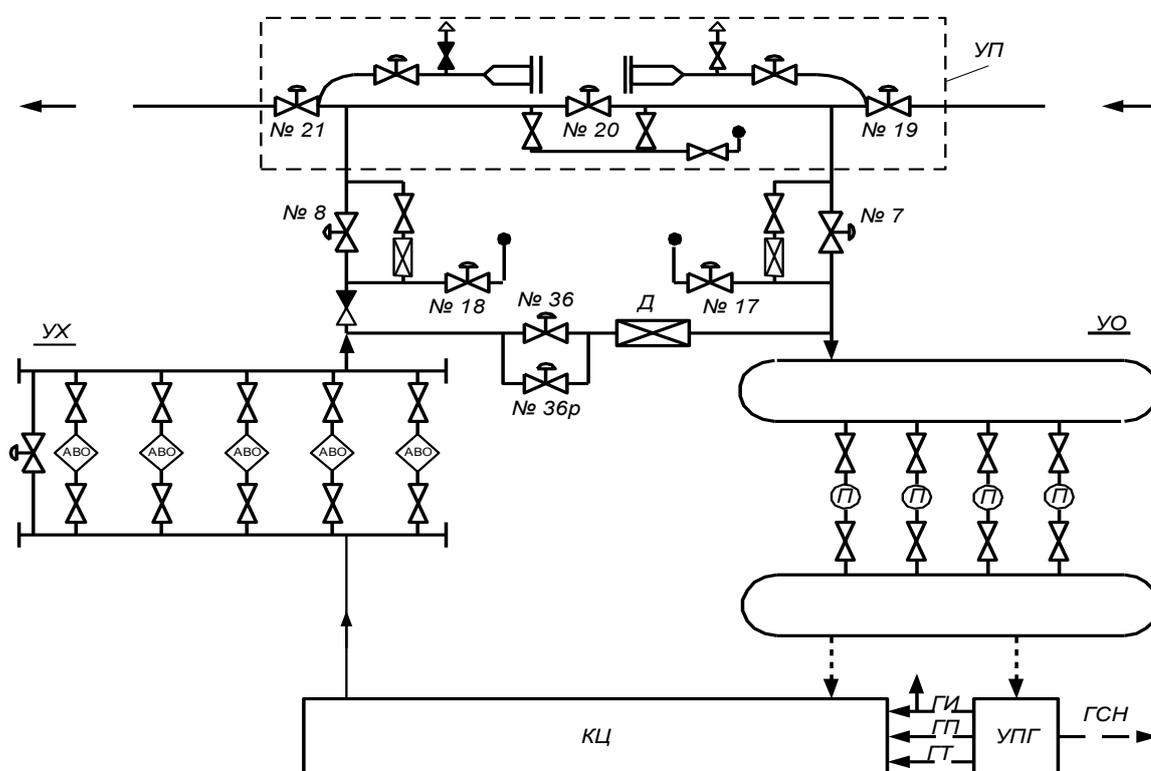


Рисунок 2 – Технологическая схема КС с центробежными нагнетателями [7]

Газ от узла подключения (УП) станции к газопроводу поступает на вход КС (кран №7) и проходит на установку очистки газа (УО), где происходит очистка газа от механических примесей в пылеуловителях (П). Затем очищенный газ разделяется на 2 части: основная часть направляется в компрессорный цех (КЦ), а другая – на установку подготовки газа (УПГ). УПГ необходима для подготовки пускового (ГП) и топливного (ГТ) газа ГПА, импульсного газа (ГИ), необходимого для перестановки кранов КС, а также для редуцирования газа на собственные нужды (ГСН).

В КЦ происходит компримирование газа, после чего газ подается на установку охлаждения (УХ), которая состоит из параллельно соединенных аппаратов воздушного охлаждения (АВО). Затем газ через кран №8 и УП возвращается в магистраль [7].

1.4. Воздействие КС на атмосферу

Основными ЗВ в составе валовых выбросов Группы Газпром являются углеводороды (метан, около 51 %), оксид углерода, оксиды азота, диоксид серы. На рис. 3 представлена динамика выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников в Группе Газпром [8].

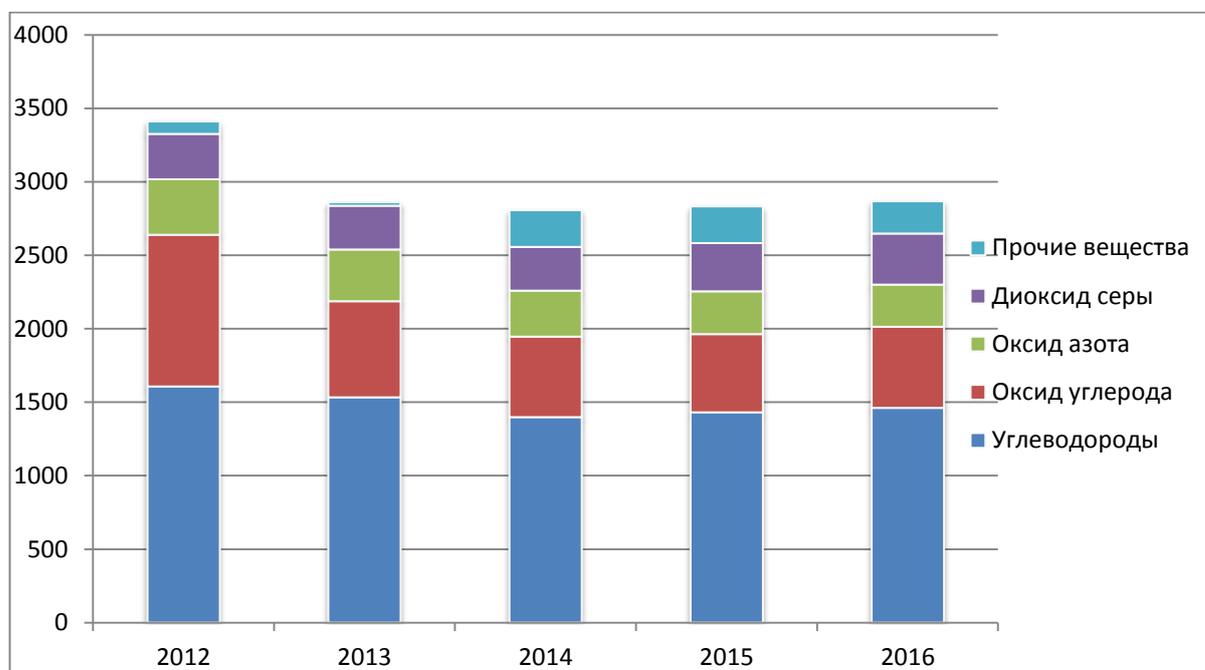


Рисунок 3 – Динамика выбросов основных загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников в Группе Газпром, 2012–2016 гг., тыс. т [8]

Компрессорные станции являются наиболее существенным источником выбросов при транспорте газа. Они поставляют в атмосферу большую часть оксидов азота и углерода. Источниками загрязнения атмосферного воздуха на компрессорных станциях являются следующие участки: компрессорные цеха, котельные, склады горюче-смазочных материалов, автотранспортное хозяйство, электростанции, участок металлообработки, сварочный пост, блок очистки газа, печь для дожига технологических жидкостей, склад метанола, участок деревообработки.

При работе ГПА в атмосферу выделяется значительная часть загрязняющих атмосферу веществ – 98 %, а остальные 2 % – это продукты сжигания природного газа при работе электростанций и котельных. Большие количества газа выбрасываются в атмосферу через свечные краны при пусках

и остановках ГПА. Также потери газа происходят при продувках пылеуловителей КС [9].

Содержание метана в атмосфере способствует удержанию тепла в ней и таким образом оказывает влияние на температуру и климат Земли. Метан стоит на втором месте после диоксида углерода в ряду парниковых газов, он в 23 раза эффективнее удерживает тепло в атмосфере Земли, чем CO_2 [10].

При сжигании природного газа в атмосферу поступает большое количество оксидов азота и углерода. При содержании в газе соединений серы в состав выбросов также входят диоксид серы и сероводород. Так как на КС присутствуют большие автопарки, где находятся машины, работающие на дизельном топливе и этилированном бензине, ремонтные мастерские и автозаправочные станции в атмосферу выделяются углеводороды бензина, сажа, свинец и его соединения [9].

Оксид углерода воздействует на многие виды животных, в частности, на человека, вытесняя кислород из оксигемоглобина крови, образуя карбоксигемоглобин. Что приводит к падению способности крови переносить кислород из легких к тканям.

Диоксид углерода опасен для окружающей среды, т.к. он поглощает солнечные лучи и при наличии значительного его количества в атмосфере создается парниковый эффект, что приводит к «тепловому загрязнению». Из-за этого явления в нижних слоях атмосферы повышается температура воздуха, что может привести к климатическим аномалиям. Также повышенное содержание CO_2 в атмосфере приводит к образованию «озоновых» дыр.

Оксиды азота взаимодействия с парами воды в воздухе, образуют азотную HNO_3 и азотистую HNO_2 кислоты и, затем, выпадают вместе с осадками. Большую опасность представляют оксиды азота как активный компонент в образовании фотохимического смога и озона в атмосфере и тропосфере. Оксиды азота, удаляя озон из стратосферы, вызывают рост ультрафиолетового излучения, достигающего поверхность Земли. Также NO_x

оказывают негативное влияние на темп роста растительности при низких концентрациях (менее 0,0002 %), а при больших концентрациях 0,0002–0,0003 % и более вызывает серьезные повреждения.

Оксиды серы SO_x , реагируя с парами воды в воздухе, образуют сернистую H_2SO_3 и серную H_2SO_4 кислоты, которые способствуют образованию фотохимического смога и кислотных дождей. Наличие в атмосфере SO_2 и других сернистых газов препятствует фотосинтезу растений, разрушая в них хлорофилл. Концентрация диоксида серы от 0,08 до 1,0 мг/м³ в летнее время и 0,2 мг/м³ в зимнее время приводит к постепенному усыханию большинства растений [11].

Сажа влияет на процесс глобального потепления, она нагревает атмосферу за счет поглощения входящего и рассеянного тепла от Солнца. Сажа способствует образованию облаков и выпадает на снег и лед, приглушая их отражающую способность [12].

Если на КС проводятся сварочные работы, то в атмосферу выделяются диоксид кремния, оксид железа, оксиды марганца, фториды и фтористый водород. От участков металлообработки выделяется металлическая пыль, от участков деревообработки – древесная пыль. Пары метанола выделяются от мест его хранения [9].

1.5. Мероприятия по уменьшению воздействия

Потери природного газа можно разделить на три группы:

- 1) технологические выбросы при эксплуатации и ремонте;
- 2) утечки (фугитивные выбросы);
- 3) аварийные выбросы.

Значительная часть технологических выбросов природного газа связана с пуском и остановкой ГПА, продувкой пылеуловителей, а также с ремонтными работами на КС. Поэтому к основным мероприятиям по уменьшению воздействия можно отнести следующие:

- повышение надежности ГПА, с целью уменьшения вынужденных и аварийных остановок (проведение качественного и своевременного ремонта);
- внедрение безрасходных методов продувки технологического оборудования, исключающих прямые потери продуваемого газа в атмосферу (например: сбор газа в аккумуляторной емкости для его дальнейшего использования);
- применение электрических и воздушных систем запуска ГПА;
- применение высоконапорных передвижных воздушных компрессорных установок для продувок и испытаний вновь вводимых газопроводов (мобильные КС с использованием прямого способа откачки из газопровода);
- использование методов ремонта газопровода без остановки процесса перекачки газа (ремонт с использованием клеевых композиций или усиливающих муфт, врезка отводов в действующий газопровод под давлением и др.);
- использование технологических устройств, для перекачки и утилизации газа при проведении ремонтных работ.

Для снижения утечек газа через различные неплотности в оборудовании, необходимо совершенствовать конструкции узлов для повышения герметичности оборудования, развивать методы и разрабатывать

приборы для обнаружения утечек газа. Для предупреждения утечек газа через запорную арматуру используют уплотнительные пасты и смазки.

Добиться снижения утечек можно с помощью замены разъемных соединений на сварные (там, где это возможно), а также повышением качества сварки.

Для снижения вероятности аварийных выбросов используются следующие методы:

- 1) повышение качества используемых материалов и оборудования, своевременное выявление дефектов до ввода оборудования в эксплуатацию;
- 2) мониторинг всех параметров работы системы транспорта газа в режиме реального времени для безотказной работы;
- 3) предотвращение и своевременное обнаружение коррозионных процессов;
- 4) повышение уровня подготовки персонала для снижения влияния человеческого фактора на аварийность производства.

Кроме активных методов, направленных на уменьшение выбросов от КС, существуют также различные специальные мероприятия:

1. Планировочные мероприятия. Эти мероприятия предусматривают такое размещение объекта, чтобы попадание шлейфа дымовых газов на селитебную зону имело минимальную повторяемость и обеспечивало минимальную концентрацию загрязняющих веществ [13].

2. Организация санитарно-защитной зоны (СЗЗ). СЗЗ – это территория вокруг промышленной площадки, размер которой обеспечивает уменьшение воздействия химических, биологических и физических загрязнений на атмосферу до значений, установленных гигиеническими нормативами. Размер СЗЗ устанавливаются в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03 [14];

3. Зонирование и планировка жилых районов.
4. Озеленение территории поселения.

5. Регулирование условий рассеивания загрязняющих веществ, путем увеличения высоты выброса [13].

6. Разработка комплекса мероприятий на период неблагоприятных метеорологических условий. Объем сокращения выбросов устанавливают в соответствии с РД 52.04.52–85 [15].

Решение проблемы снижения выбросов вредных веществ, образующихся в стационарных системах сжигания, ведется в двух направлениях: совершенствование технологии сжигания топлива и удаление оксидов азота из отходящих газов.

Как известно, генерирование оксидов азота происходит двумя способами: в результате сжигания различных соединений топлива, содержащихся в топливе и окислением различных соединений, сгорающих при высокой температуре, молекулами азота из воздуха.

Формирование NO_x может быть проконтролировано в соответствии со следующими положениями:

- 1) исходное топливо с низким содержанием азота;
- 2) поддержание в зоне горения низкого содержания кислорода;
- 3) сокращение периода пребывания газа в зоне высокой температуры;
- 4) снижение температуры сгорания до минимально возможной [16].

2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ КАК ИСТОЧНИКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

КС «Вертикос» является структурным подразделением Александровского линейного производственного управления магистральных газопроводов, которое входит в состав ООО «Газпром трансгаз Томск».

На промышленной площадке КС «Вертикос» согласно проведенной инвентаризации выявлено 24 источника загрязнения атмосферы. Среди них 21 организованных источников и 3 неорганизованных.

ИЗА 0001. ИВ – Свеча пылеуловителя. На входе в компрессорный цех установлены пять параллельно работающих пылеуловителей, предназначенных для отделения пыли и капель конденсата от транспортируемого газа. По регламенту продувка пылеуловителей осуществляется один раз в сутки, причем одновременно может продуваться только один пылеуловитель. Источником загрязнения является свеча пылеуловителя. Пылеуловители соединены параллельно и через дренажную емкость выведены на одну свечу высотой 6 м и диаметром 0,1 м. В атмосферу выбрасывается природный газ, состоящий из метана, смеси углеводородов предельных C_1-C_5 .

ИЗА 0002–0007. ИВ – Свечи ГПА. Компрессорная станция (КС) оснащена газоперекачивающими агрегатами (ГПА). При остановках ГПА природный газ из них стравливается в атмосферу через свечи. При пусках, для удаления воздуха из объема ГПА, производится продувка природным газом, через те же свечи. В атмосферу выбрасывается природный газ.

ИЗА 0008–0014. ИВ – Свечи УУК. Для подключения или отключения ГПА к аппаратам и газопроводам, при пусках и остановках ГПА, осуществляется перестановка кранов (их открытие и закрытие). Перестановки кранов обеспечивают устройства управления кранами (УУК), работающие на импульсном газе, в качестве которого используется природный газ из МГ. В атмосферу выбрасывается природный газ.

ИЗА 0015. ИВ – Котельная. Имеется 2 водогрейных котла типа “Зиосаб-2000”, работающие попеременно. Режим работы котлов круглосуточный, 6480 часов в год. В качестве топлива используется природный газ. Годовой расход газа 1200 тыс.м³, максимальный 300 м³/час. Котлы сблокированы на одну трубу. В выбросах присутствуют: диоксид азота, оксид азота, оксид углерода, и бенз(а)пирен.

ИЗА 0016. ИВ – Емкость хранения одоранта. Для одоризации в природный газ добавляется этилмекаптан в количестве 16 г на 1000 м³ газа. Расходные емкости одоранта по мере необходимости пополняются закрытым способом. При пополнении расходных емкостей одоранта происходят выбросы паров одоранта в атмосферный воздух через свечи высотой 5,5 м и диаметром 0,01 м. Частота пополнения расходных емкостей зависит от количества газа поставленного потребителю.

ИЗА 0017. ИВ – Подогреватель газа. Подача природного газа потребителям осуществляется с помощью автоматических газораспределительных станций (АГРС). Газ в АГРС редуцируется (понижается давление) и одорируется (придается запах). Для предотвращения обмерзания редуцирующих устройств в холодный период года производится подогрев газа. Используется подогреватель, имеющий газовую горелку и дымовую трубу высотой 3 метра и диаметром 0,1 метра. В атмосферный воздух выбрасываются диоксид азота и углерода оксид.

ИЗА 0018. ИВ – Дизель-генератор ДЭС–100. Используется в качестве резервного источника питания. 2 раза в месяц проходит испытания на холостом ходу, используется дизельное топливо. Дымовые газы выбрасывается в атмосферу без очистки.

ИЗА 0019. ИВ – Пылеуловитель АГРС. Очистка газа от механических примесей и жидкости осуществляется на установке очистки. По регламенту продувка пылеуловителя осуществляется один раз в 7 дней. Источником загрязнения является свеча пылеуловителя высотой 2,5 м и диаметром 0,05 м. В атмосферу выбрасывается природный газ.

ИЗА 0020, 0021. ИВ – Охранные краны. При ремонте на компрессорной станции производится остановка оборудования и стравливается газ из контура КС. Выбросы природного газа из трубопровода производятся через свечи высотой 5 м и диаметром 0,3 м при опорожнении газопровода во время проведения ремонтных работ.

ИЗА 6001. ИВ – Открытая стоянка техники. Стоянка предназначена для хранения 7 единиц автотранспортной техники. Источниками выделения загрязняющих веществ являются автотранспорт при хранении в гараже и движении по территории. Средний пробег автомашин от места стоянки до выезда за ворота составляет 100 м. Стоянка открытая, источник неорганизованный. При разогреве двигателей, работе на холостом ходу, при движении транспорта по территории предприятия в атмосферу выбрасываются загрязняющие вещества: азота диоксид, ангидрид сернистый, углерода оксид, бензин нефтяной, сажа и углеводороды предельные C₁₂-C₁₉.

ИЗА 6002. ИВ – Участок сварочных работ. Сварочные работы проводятся на территории площадки КС. Осуществляется ручная электродуговая сварка сталей штучными электродами типа МР-3. В атмосферу при электросварке выбрасываются следующие вещества: железа оксид, марганец и его соединения, фтористый водород.

ИЗА 6003. ИВ – Сальниковые уплотнения ЗРА. К эксплуатационно-технологическим потерям газа на магистральном газопроводе (неорганизованные выбросы метана) возможны через сальниковые уплотнения запорной и регулирующей арматуры (вентилей и задвижек и т.д.) на газопроводе и газопроводах отводах, от газовой обвязки компрессорного цеха и АГРС. В атмосферу выбрасывается природный газ.

3. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

3.1. Расчет выбросов ЗВ от свечи пылеуловителей (ИЗА 0001)

Методика расчета.

Расчет выбросов ЗВ от свечи пылеуловителей производится согласно СТО Газпром 2–1.19–058–2006 [17].

Объем газа V_r , выбрасываемого при продувке пылеуловителей, определяется по формуле 1, (м^3):

$$V_r = \frac{BftP_p}{T_p Z} + C_K \quad (1)$$

где B – переводной коэффициент, $B = 3018,36 \text{ (м} \times \text{К) / (МПа} \times \text{с)}$; f – площадь сечения продувочного вентиля, м^2 ; t – продолжительность продувки, с; P_p – давление газа при продувке, МПа; T_p – температура газа, К; Z – коэффициент сжимаемости газа; C_K – норма расхода газа на одну продувку, ($C_K = 1,65 \text{ м}^3$ для автоматической продувки, $C_K = 3,2 \text{ м}^3$ для ручной продувки).

Площадь сечения вентиля рассчитывается по формуле 2:

$$f = \frac{\pi d^2}{4} \quad (2)$$

Коэффициент сжимаемости рассчитывается по формуле 3:

$$Z = 1 - \frac{0,0241 \times P_{\text{ПР}}}{1 - 1,68 T_{\text{ПР}} + 0,78 T_{\text{ПР}}^2 + 0,0107 T_{\text{ПР}}^3} \quad (3)$$

где $P_{\text{ПР}}$ – приведенное давление, МПа; $T_{\text{ПР}}$ – приведенная температура, К;

Приведенные давление и температура вычисляются по формулам 4,5:

$$P_{\text{ПР}} = \frac{P}{P_{\text{КР}}} \quad (4)$$

$$T_{\text{ПР}} = \frac{T}{T_{\text{КР}}} \quad (5)$$

где $P_{\text{КР}}$ – критическое давление, $P_{\text{КР}} = 4,7 \text{ МПа}$; $T_{\text{КР}}$ – критическая температура, $T_{\text{КР}} = 190,66 \text{ К}$.

Объем газа, стравленного за год из технологического оборудования, определяется, (м^3):

$$V_{\text{год}} = V_{\Gamma} n \quad (6)$$

где n – количество продувок.

Согласно письму НИИ Атмосфера “По поводу смесей углеводородов предельных C_1-C_5 и C_6-C_{10} ”, не имеющих гигиенических нормативов, № 07–2–409/10–0 от 05.05.2010 г. смесь предельных углеводородов C_1-C_5 нормируется по метану, смесь предельных углеводородов C_6-C_{10} – по гексану.

Согласно Инструкции по расчету и нормированию выбросов ГРС (АГРС, ГРП), ГИС» СТО Газпром 2–1.19.058–2006 – учет и нормирование углеводородов производится по метану.

Валовый выброс метана при стравливании технологического оборудования составляет, (т/год):

$$G_{CH_4} = V_{\text{год}} V_{CH_4} \rho_{CH_4} 10^{-3} \quad (7)$$

$$\rho_{CH_4} = \frac{101325 m_{CH_4}}{8314 T_{\text{СТ}}} \quad (8)$$

где V_{CH_4} – массовая доля метана; ρ_{CH_4} – плотность метана, $\text{кг}/\text{м}^3$; $T_{\text{СТ}}$ – температура газа в стандартных условиях, $T_{\text{СТ}} = 293,15 \text{ К}$; m_{CH_4} – молекулярная масса метана, $\text{кг}/\text{моль}$.

Валовый выброс смесей C_1-C_5 (без метана) при стравливании технологического оборудования составляет, (т/год):

$$G(C_1 - C_5) = \sum_{i=2}^5 V_{C_i} \rho_{C_i} 10^{-3} \quad (9)$$

$$\rho_{C_i} = \frac{101325 m_{C_i}}{8314 T_{\text{СТ}}} \quad (10)$$

где V_{C_i} – объемная доля углеводорода с i -м числом атомов C ; ρ_{C_i} – плотность углеводорода с i -м числом атомов C , $\text{кг}/\text{м}^3$; m_{C_i} – молекулярная масса углеводорода с i -м числом атомов C , $\text{кг}/\text{моль}$;

Секундный объем стравливаемого газа составляет:

$$V_{\text{СЕК}} = \frac{V_{\Gamma}}{t} \quad (11)$$

где t – время стравливания технологического оборудования, с.

Максимальный выброс метана при стравливании, если время стравливания t не превышает 20 минут, определяется по формуле, (г/с):

$$M_{\text{CH}_4} = \frac{V_{\Gamma}}{1200} V_{\text{CH}_4} \rho_{\text{CH}_4} 10^{-3} \quad (12)$$

Секундный объем стравливаемого газа составляет:

$$V_{\text{СЕК}} = \frac{V_{\Gamma}}{t} \quad (13)$$

где t – время стравливания технологического оборудования, с.

Максимальный выброс смесей C_1 – C_5 (без метана) при стравливании, если время стравливания t не превышает 20 минут, определяется по формуле, (г/с):

$$M(C_1 - C_5) = \sum_{i=2}^5 V_{\Gamma} (V_{C_i} / 1200) \rho_{C_i} 10^{-3} \quad (14)$$

Скорость выхода ГВС рассчитывается по формуле, (м/с):

$$W = \frac{4V_{\text{СЕК}}}{\pi d^2} \quad (15)$$

где d – диаметр выходного сечения, м.

Исходные данные.

На входе в компрессорный цех компрессорной станции установлены пять параллельно работающих пылеуловителей, предназначенных для отделения пыли и капель конденсата от транспортируемого газа. По регламенту продувка пылеуловителей осуществляется 1 раз в сутки, причем одновременно продувается только один пылеуловитель. Пылеуловители соединены параллельно и через дренажную емкость выведены на одну свечу высотой 6 м и диаметром 0,1 м.

Газ в газопроводе неодорированный. Состав газа (% мас.): $V_{CH_4} = 83,96\%$, $V_{C_2H_6} = 5,90\%$, $V_{C_3H_8} = 4,58\%$, $V_{C_4H_{10}} = 1,47\%$, $V_{C_5H_{10}} = 0,41\%$.

Для пылеуловителя при стравливании газа: время выброса 10 с, температура 7 °С (280 К), количество стравливаний – 365, давление – 3,1 МПа

Расчет выбросов.

$$f = \frac{3,14 \times 0,1^2}{4} = 0,00785 \text{ м}^2; P_{\text{ПР}} = \frac{3,1}{4,7} = 0,6596; T_{\text{ПР}} = \frac{280}{190,66} = 1,469$$

$$Z = 1 - \frac{0,0241 \times 0,6596}{1 - 1,68 \times 1,469 + 0,78 \times 1,469^2 + 0,0107 \times 1,469^3} = 0,94$$

$$V_{\Gamma} = \frac{3018,36 \times 0,00785 \times 10 \times 3,1}{280 \times 0,94} + 3,2 = 5,9907 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{ГОД}} = 5,9907 \times 365 = 2186,6055 \text{ м}^3; \rho_{CH_4} = \frac{101325 \times 16 \times 10^{-3}}{8314 \times 293,15} = 0,6652 \text{ кг/м}^3$$

$$G_{CH_4} = 2186,6055 \times 0,8396 \times 0,6652 \times 10^{-3} = 1,221223 \text{ т/год}$$

$$\rho_{C_2H_6} = \frac{101325 \times 30 \times 10^{-3}}{8314 \times 293,15} = 1,247 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{C_3H_8} = \frac{101325 \times 44 \times 10^{-3}}{8314 \times 293,15} = 1,829 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{C_4H_{10}} = \frac{101325 \times 58 \times 10^{-3}}{8314 \times 293,15} = 2,411 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{C_5H_{12}} = \frac{101325 \times 72 \times 10^{-3}}{8314 \times 293,15} = 2,993 \text{ кг/м}^3$$

$$G(C_1 - C_5) = 2186,6055 \times 10^{-3} \times ((0,0590 \times 1,247) + (0,0458 \times 1,829) + (0,0147 \times 2,411) + (0,0041 \times 2,993)) = 0,448373 \text{ т/год}$$

$$V_{\text{СЕК}} = \frac{5,9907}{10} = 0,5991 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$M_{CH_4} = \frac{5,9907}{1200} \times 0,8396 \times 0,6652 \times 10^3 = 2,788181 \text{ г/с}$$

$$M(C_1 - C_5) = \frac{5,9907}{1200} \times 10^3 \times ((0,0590 \times 1,247) + (0,0458 \times 1,829) + (0,0147 \times 2,411)) = 0,962420 \text{ г/с}$$

$$W = \frac{4 \times 0,5991}{3,14 \times 0,1^2} = 76,3185 \text{ м/с}$$

Выбросы ЗВ от свечи пылеуловителя приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Выбросы от ИЗА 0001

Наименование ИЗА	Наименование ЗВ	Код ЗВ	Максимальный выброс ЗВ, г/с	Валовый выброс, т/год
Свеча пылеуловителя ИЗА 0001	Углеводороды $C_1 - C_5$ (по метану)	0410	3,750601	1,669596

3.2. Расчет выбросов ЗВ от свечей ГПА-1,2,3,4,5,6, УУК-1,2,3,4,5,6,6а (ИЗА 0002-0014)

Методика расчета.

Расчет выбросов ЗВ от свечей ГПА и УУК производится согласно СТО Газпром 2–1.19–058–2006 [17].

Объем газа, выбрасываемого при стравливании ГПА и УУК, определяется по формуле 12, (м^3):

$$V_r = \frac{VP_p T_{CT}}{P_{CT} T_p Z} \quad (16)$$

где V – геометрический объем опорожняемой емкости, м^3 ; P_p – рабочее давление газа при продувке, МПа; T_{CT} – температура газа в стандартных условиях, $T_{CT} = 293,15 \text{ К}$; P_{CT} – давление газа в стандартных условиях, $P_{CT} = 0,1033 \text{ МПа}$; T_p – рабочая температура газа, К; Z – коэффициент сжимаемости газа (вычисляется по формуле 3).

Валовый и максимальный выброс метана и углеводородов определяется по формулам из пункта 3.1.

Исходные данные.

При остановке ГПА для регламентного обслуживания производится стравливание без очистки газа из емкостей ГПА через свечи высотой 10 м и диаметром 0,08 м (ИЗА 0002–0007).

При остановке и пуске ГПА используются УУК, которые управляются с помощью импульсов газа, которые стравливаются без очистки через свечи высотой 2 м и диаметром 0,02 м.

Газ в газопроводе неадорированный. Состав газа (% мас): $V_{CH_4} = 83,96\%$, $V_{C_2H_6} = 5,90\%$, $V_{C_3H_8} = 4,58\%$, $V_{C_4H_{10}} = 1,47\%$, $V_{C_5H_{12}} = 0,41\%$. Время стравливания ГПА – 239 с, УУК – 145 с. Количество стравливаний 20. Объем опорожняемой емкости 19,3 м³ для ГПА, и 0,73 м³ для УУК. Давление при продувке составляет 3,5 МПа. Температура газа – 293 К.

Расчет выбросов.

$$P_{\text{ПР}} = \frac{3,5}{4,7} = 0,7447; T_{\text{ПР}} = \frac{293}{190,66} = 1,5368$$

$$Z = 1 - \frac{0,0241 \times 0,7447}{1 - 1,469 \times 1,5368 + 0,78 \times 1,5368^2 + 0,0107 \times 1,5368^3} = 0,94$$

$$V_{\text{Г}}^{\text{ГПА}} = \frac{19,3 \times 3,5 \times 293,15}{0,1033 \times 293 \times 0,94} = 696,02 \text{ м}^3;$$

$$V_{\text{Г}}^{\text{УУК}} = \frac{0,73 \times 3,5 \times 293,15}{0,1033 \times 293 \times 0,94} = 26,33 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{ГОД}}^{\text{ГПА}} = 696,02 \times 20 = 13\,920,4 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{ГОД}}^{\text{УУК}} = 26,33 \times 20 = 526,6 \text{ м}^3$$

$$\rho_{CH_4} = 0,6652 \text{ кг/м}^3$$

$$G_{CH_4}^{\text{ГПА}} = 13\,920,4 \times 0,8396 \times 0,6652 \times 10^{-3} = 7,774570 \text{ т/год}$$

$$G_{CH_4}^{\text{УУК}} = 526,6 \times 0,8396 \times 0,6652 \times 10^{-3} = 0,294107 \text{ т/год}$$

$$\rho_{C_2H_6} = 1,247 \text{ кг/м}^3; \rho_{C_3H_8} = 1,829 \text{ кг/м}^3; \rho_{C_4H_{10}} = 2,411 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{C_5H_{12}} = 2,993 \text{ кг/м}^3$$

$$G(C_1 - C_5)_{\text{ГПА}}$$

$$= 13\,920,4 \times 10^{-3} \times ((0,0590 \times 1,247) + (0,0458 \times 1,829) + (0,0147 \times 2,411) + (0,0041 \times 2,993)) = 2,854436 \text{ т/год}$$

$$G(C_1 - C_5)_{\text{УУК}}$$

$$= 526,6 \times 10^{-3} \times ((0,0590 \times 1,247) + (0,0458 \times 1,829) + (0,0147 \times 2,411) + (0,0041 \times 2,993)) = 0,107982 \text{ т/год}$$

$$M_{CH_4}^{ГПА} = \frac{696,02}{1200} \times 0,8396 \times 0,6652 \times 10^3 = 323,940422 \text{ г/с}$$

$$M_{CH_4}^{УУК} = \frac{26,33}{1200} \times 0,8396 \times 0,6652 \times 10^3 = 12,254463 \text{ г/с}$$

$$V_{CEK}^{ГПА} = \frac{696,02}{216} = 3,222 \text{ м}^3/\text{с}; V_{CEK}^{УУК} = \frac{26,33}{216} = 0,122 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\begin{aligned} M(C_1 - C_5)_{ГПА} &= \frac{696,02}{1200} \times 10^3 \\ &\times ((0,0590 \times 1,247) + (0,0458 \times 1,829) + (0,0147 \times 2,411) \\ &+ (0,0041 \times 2,993)) = 118,934853 \text{ г/с} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M(C_1 - C_5)_{УУК} &= \frac{26,33}{1200} \times 10^{-3} \times ((0,0590 \times 1,247) + (0,0458 \times 1,829) \\ &+ (0,0147 \times 2,411) + (0,0041 \times 2,993)) = 4,499231 \text{ г/с} \end{aligned}$$

$$W_{ГПА} = \frac{4 \times 3,222}{3,14 \times 0,08^2} = 641,32 \frac{\text{м}}{\text{с}}; W_{УУК} = \frac{4 \times 0,122}{3,14 \times 0,08^2} = 582,80 \text{ м/с}$$

Таблица 2 – Выбросы от ИЗА 0002–0014

Наименование ИЗА	Наименование ЗВ	Код ЗВ	Максимальный выброс ЗВ, г/с	Валовый выброс, т/год
Свечи ГПА-1,2,3,4,5,6,	Углеводороды C ₁ – C ₅ (по метану)	0410	442,875275	10,629006
Свечи УУК-1,2,3,4,5,6,6А	Углеводороды C ₁ – C ₅ (по метану)	0410	16,753694	0,402089

3.3. Расчет выбросов ЗВ от котельной (ИЗА 0015)

Методика расчета.

Расчет выбросов ЗВ производится согласно [18,19].

1) Выбросы оксида углерода определяются по формулам, (т/год, г/с):

$$G = 10^{-3} B C_{CO} \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \quad (17)$$

$$M = B_{MAX} C_{CO} \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \quad (18)$$

$$C_{CO} = q_3 R Q \quad (19)$$

где q_4 – потери тепла от механической неполноты сгорания топлива, %; q_3 – потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива, %; C_{CO} – выход оксида углерода при сжигании топлива (г/м^3); R – коэффициент, учитывающий долю потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива, обусловленной наличием в продуктах неполного сгорания оксида углерода, $R = 0,5$; B – расход топлива, (тыс. $\text{м}^3/\text{год}$), B_{MAX} – максимальный расход ($\text{м}^3/\text{с}$).

2) Расчет выбросов **оксидов азота** для водогрейных котлов производится по формулам, (т/год , г/с , г/МДж):

$$G_{NO_x} = BQK_{NO_x}\beta_K\beta_t\beta_A(1 - \beta_\Gamma)(1 - \beta_B)10^{-3} \quad (20)$$

$$M_{NO_x} = B_{MAX}QK_{NO_x}\beta_K\beta_t\beta_A(1 - \beta_\Gamma)(1 - \beta_B) \quad (21)$$

$$K_{NO_x} = 0,013\sqrt{Q_T} + 0,03 \quad (22)$$

$$Q_T = B_{MAX}Q \quad (23)$$

где K_{NO_x} – параметр, характеризующий количество оксидов азота, образующихся на один ГДж тепла, (г/МДж); Q_T – фактическая тепловая мощность котла, (МВт); β_K – коэффициент, учитывающий конструкцию горелки; β_t – коэффициент, учитывающий температуру воздуха; β_A – коэффициент, учитывающий влияние избытка воздуха, при работе котла в соответствии с режимной картой $\beta_A = 1$; в общем случае $\beta_A = 1,225$; β_Γ – коэффициент учета влияния рециркуляции дымовых газов на образование оксидов азота; β_B – коэффициент, учитывающий ступенчатый ввод воздуха;

В связи с установлением отдельных ПДК для оксида и диоксида азота и с учетом трансформации оксида азота в атмосферном воздухе суммарные выбросы оксидов азота разделяются на составляющие:

$$G_{NO_2} = 0,8G_{NO_x} \quad (24)$$

$$G_{NO} = 0,13G_{NO_x} \quad (25)$$

$$M_{NO_2} = 0,8M_{NO_x} \quad (26)$$

$$M_{NO} = 0,13M_{NO_x} \quad (27)$$

3) Концентрация **бенз(а)пирена** в сухих дымовых газах при сжигании природного газа $C_{\text{БП}}$ (мг/нм³), приведенная к избытку воздуха в газах, рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{БП}} = \frac{10^{-6}(0,11q_V - 7,0)}{e^{3,5(\alpha' - 1)}} K_D K_P K_{\text{СТ}} \quad (28)$$

где q_V – теплонепряжение топчного объема, (405 КВт/м³), α' – коэффициент избытка воздуха, $\alpha' = 1,1$; K_D – коэффициент, учитывающий нагрузку котлов (определяется по приложению Е методики [18]); K_P – коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции газов на концентрацию бенз(а)пирена, $K_P = 1,0$; $K_{\text{СТ}}$ – коэффициент, учитывающий влияние ступенчатого сжигания на концентрацию бенз(а)пирена, $K_{\text{СТ}} = 1,0$.

Выбросы бенз(а)пирена рассчитываются по формулам, (т/год, г/с):

$$G = C'_{\text{БП}} V B k \quad (29)$$

$$M = C'_{\text{БП}} V B_{\text{МАХ}} k \quad (30)$$

$$V = K Q \quad (31)$$

$$C'_{\text{БП}} = \frac{C_{\text{БП}} \alpha'}{1,4} \quad (32)$$

где $C'_{\text{БП}}$ – концентрация бенз(а)пирена в сухих дымовых газах, приведенная к реальному коэффициенту избытка воздуха α' ; V – объем сухих дымовых газов, образующихся при полном сгорании 1 нм³ топлива при коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 1,4$; K – коэффициент, учитывающий характер топлива, для природного газа $K = 0,345$; B – расход топлива, тыс. нм³/год; $B_{\text{МАХ}}$ – максимальный расход топлива, тыс. нм³/с; k – коэффициент пересчета, при вычислении $M k = 0,000278$, при вычислении $G k = 0,000001$.

Исходные данные.

Котельная оборудована двумя водогрейными котлами марки Зиосаб-2000 мощностью по 2 МВт, которые работают попеременно на отопление и горячее водоснабжение. Время работы котельной составляет 6480 час/год.

В качестве топлива используется природный газ, резервного топлива нет. Низшая теплота сгорания топлива $Q = 8865 \text{ Ккал/м}^3 = 37,12 \text{ МДж/м}^3$.

Расходы топлива составляют: $V = 1200$ тыс. м³/год, $V_{MAX} = 300$ м³/час = 0,0833 м³/с, номинальный расход на 1 котел 211 м³/час.

Образующиеся при работе котлов дымовые газы без очистки выбрасываются в атмосферу через трубу высотой $H = 22$ м и диаметром 0,51 м. $q_4 = 0\%$; $q_3 = 0,2\%$; $\beta_k = 1$; $\beta_i = 1$; $\beta_A = 1$; $\beta_T = 0$; $\beta_B = 0$.

Расчет выбросов.

Выбросы оксида углерода составляют:

$$C_{CO} = 0,2 \times 0,5 \times 37,12 = 3,712 \text{ г/с}$$

$$G = 10^{-3} \times 1200 \times 3,712 \times \left(1 - \frac{0}{100}\right) = 4,454 \text{ т/год}$$

$$M = 0,0833 \times 3,712 \left(1 - \frac{0}{100}\right) = 0,309 \text{ г/с}$$

Выбросы оксидов азота составляют:

$$Q_T = 0,0833 \times 37,12 = 3,093 \text{ МВт}$$

$$K_{NO_x} = 0,013 \sqrt{3,093} + 0,03 = 0,0529 \text{ г/МДж}$$

$$G_{NO_x} = 1200 \times 37,12 \times 0,0529 \times 10^{-3} = 2,356 \text{ т/год}$$

$$M_{NO_x} = 0,0833 \times 37,12 \times 0,0529 = 0,164 \text{ г/с}$$

$$G_{NO_2} = 0,8 \times 2,356 = 1,885 \text{ т/год}; G_{NO} = 0,13 \times 2,356 = 0,306 \text{ т/год}$$

$$M_{NO_2} = 0,8 \times 0,164 = 0,131 \text{ г/с}; M_{NO} = 0,13 \times 0,164 = 0,021 \text{ г/с}$$

Выбросы бенз(а)пирена при работе котлов составляют:

При средней нагрузке:

$$V_{cp} = 185,2 \text{ м}^3/\text{час}; D = \frac{V_{cp}}{V_{ном}} = \frac{185,2}{211} = 0,88; K_d = 1,3$$

$$C_{БП} = \frac{10^{-6}(0,11 \times 405 - 7,0)}{e^{3,5(1,1-1)}} \times 1,3 = 3,440 \times 10^{-5} \text{ мг/м}^3$$

$$V = 0,345 \times 37,12 = 12,81$$

$$M = 3,440 \times 10^{-5} \times 12,81 \times 0,0833 \times 0,000278 = 1,020 \times 10^{-8} \text{ г/с}$$

$$G = 3,440 \times 10^{-5} \times 12,81 \times 1200 \times 0,000001 = 5,288 \times 10^{-7} \text{ т/год}$$

При максимальной нагрузке:

$$D = \frac{V_{max}}{V_{ном}} = \frac{300}{211 \times 2} = 0,71; K_d = 1,8$$

$$C_{\text{БП}} = \frac{10^{-6}(0,11 \times 405 - 7,0)}{e^{3,5(1,1-1)}} \times 1,8 = 4,763 \times 10^{-5} \text{ мг/м}^3$$

$$M = 4,763 \times 10^{-5} \times 12,81 \times 0,0833 \times 0,000278 = 1,413 \times 10^{-8} \text{ г/с}$$

$$G = 4,763 \times 10^{-5} \times 12,81 \times 1200 \times 0,000001 = 7,322 \times 10^{-7} \text{ т/год}$$

Выбросы ЗВ от котельной составляют:

Таблица 3 – Выбросы от ИЗА 0015

Наименование ИЗА	Наименование ЗВ	Код ЗВ	Максимальный выброс ЗВ, г/с	Валовый выброс, т/год
КС Котельная ИЗА 0015	Оксид углерода	0337	0,309	4,454
	Диоксид азота	0301	0,131	1,885
	Оксид азота	0304	0,021	0,306
	Бенз(а)пирен	0703	$1,413 \times 10^{-8}$	$7,322 \times 10^{-7}$

3.4. Расчет выброса ЗВ от емкости одоранта (ИЗА 0016)

Методика расчета.

Расчет выбросов ЗВ от емкости одоранта производится согласно СТО Газпром 2–1.19–058–2006 [17]. Объем одорированного газа, стравленного при заправке, определяется по формуле (м^3):

$$V_{\text{СТР}} = \frac{VP_{\text{ВЫХ}}T_0}{P_0T_A} \quad (33)$$

где V – объем расходной емкости одоранта, м^3 ; $P_{\text{ВЫХ}}$ – давление газа в установке, МПа; T_A – температура газа в установке, К; P_0 – атмосферное давление при нормальных условиях, МПа; T_0 – температура газа при нормальных условиях, К.

Секундный объем расхода газа определяется по формуле, ($\text{м}^3/\text{с}$):

$$Q = \frac{V_{\text{СТР}}}{t} \quad (34)$$

где t – время стравливания газа, с.

Скорость истечения газа определяется по формуле, (м/с):

$$W = \frac{Q}{f} \quad (35)$$

Площадь сечения f свечи стравливания определяется по формуле 2.

Валовый и максимальный разовый выбросы ЗВ определяются по формулам, (т/год, г/с):

$$G = nQqT10^{-6} \quad (36)$$

$$M = Qq \quad (37)$$

где n – количество заправок в год; q – норма расхода одоранта, г/м³.

Исходные данные.

При заправке емкости одоризационных установок происходит выброс паров одоранта СПМ (смесь природных меркаптанов). Объем расходной емкости одоранта 0,015 м³, давление газа 0,6 МПа, температура газа 278 К. Диаметр свечи 0,01 м², время стравливания 3600 с, количество заправок в год – 1.

Расчет выбросов.

$$V_{\text{СТР}} = \frac{0,015 \times 0,6 \times 273}{0,1033 \times 278} = 0,0856 \text{ м}^3; Q = \frac{0,0856}{3600} = 0,000024 \text{ с}$$

$$f = \frac{3,14 \times 0,01^2}{4} = 0,0000785 \text{ м}^2; W = \frac{0,000024}{0,0000785} = 0,306 \text{ м/с}$$

$$G = 1 \times 0,000024 \times 0,016 \times 3600 \times 10^{-6} = 10^{-9} \text{ т/год}$$

$$M = 0,000024 \times 0,016 = 0,00000038 \text{ г/с}$$

Выбросы ЗВ от емкости одоранта составляют:

Таблица 4 – Выбросы от ИЗА 0016

Наименование ИЗА	Наименование ЗВ	Код ЗВ	Максимальный выброс ЗВ, г/с	Валовый выброс, т/год
АГРС КС Емкость одоранта ИЗА 0016	Одорант СПМ	1716	0,0000004	10 ⁻⁹

3.5. Расчет выбросов ЗВ от подогревателя газа АГРС (ИЗА 0017)

Методика расчета.

Расчет выбросов ЗВ производится согласно методике приведенной в пункте 3.3.

Исходные данные.

Участок оборудован подогревателем с газовой горелкой. Время работы подогревателя составляет 6480 час/год. В качестве топлива используется природный газ. Низшая теплота сгорания топлива $Q = 8865 \text{ Ккал/м}^3 = 37,12 \text{ МДж/м}^3$, плотность газа $\rho = 0,731 \text{ кг/м}^3$.

Расходы топлива для подогревателя составляют $V = 2,5 \text{ нм}^3/\text{час} = 16000 \text{ нм}^3/\text{год}$, $V_{\text{MAX}} = 0,0007 \text{ нм}^3/\text{с}$. Дымовые газы выводятся в атмосферу через трубу высотой $H = 3 \text{ м}$ и диаметром $0,1 \text{ м}$ (ИЗА 0017). $q_v = 405 \text{ кВт/м}^3$; $\alpha' = 1,4$; $K_p = 1,0$; $K_{CT} = 1,0$; $K_d = 1$.

Расчеты выбросов.

Выбросы оксида углерода составляют:

$$C_{CO} = 0,0007 \times 3,412 = 0,00239 \text{ г/с}$$

$$G = 10^{-3} \times 16 \times 3,712 \times \left(1 - \frac{0}{100}\right) = 0,059392 \text{ т/год}$$

$$M = 0,0007 \times 3,712 \left(1 - \frac{0}{100}\right) = 0,002598 \text{ г/с}$$

Выбросы оксидов азота составляют:

$$Q_T = 0,0007 \times 37,12 = 0,026 \text{ МВт}$$

$$K_{NO_x} = 0,013\sqrt{0,026} + 0,03 = 0,0321 \text{ г/МДж}$$

$$G_{NO_x} = 16 \times 37,12 \times 0,0321 \times 1,225 \times 10^{-3} = 0,023354 \text{ т/год}$$

$$M_{NO_x} = 0,0007 \times 37,12 \times 1,225 \times 0,0321 = 0,001022 \text{ г/с}$$

$$G_{NO_2} = 0,8 \times 0,023354 = 0,018683 \text{ т/год}$$

$$G_{NO} = 0,13 \times 0,023354 = 0,003036 \text{ т/год}$$

$$M_{NO_2} = 0,8 \times 0,001022 = 0,000818 \text{ г/с}$$

$$M_{NO} = 0,13 \times 0,001022 = 0,000133 \text{ г/с}$$

Выбросы бенз(а)пирена составляют:

$$C_{\text{БП}} = \frac{10^{-6}(0,11 \times 405 - 7,0)}{e^{3,5(1,4-1)}} \times 1 = 4,535 \times 10^{-7} \text{ мг/м}^3$$

$$C'_{\text{БП}} = C_{\text{БП}}; V = 0,345 \times 37,12 = 12,81 \text{ м}^3$$

$$M = 4,535 \times 10^{-7} \times 12,81 \times 0,0007 \times 0,000278 = 1,1103 \times 10^{-12} \text{ г/с}$$

$$G = 4,535 \times 10^{-7} \times 12,81 \times 16 \times 0,000001 = 9,2949 \times 10^{-11} \text{ т/год}$$

Выбросы ЗВ от подогревателя газа АГРС составляют:

Таблица 5 – Выбросы от ИЗА 0017

Наименование ИЗА	Наименование ЗВ	Код ЗВ	Максимальный выброс ЗВ, г/с	Валовый выброс, т/год
КС Подогреватель газа АГРС ИЗА 0017	Оксид углерода	0337	0,002598	0,059392
	Диоксид азота	0301	0.000818	0,018683
	Оксид азота	0304	0.000133	0,003036
	Бенз(а)пирен	0703	$1,1103 \times 10^{-12}$	$9,2949 \times 10^{-11}$

3.6. Расчет выбросов ЗВ от ДЭС (ИЗА 0018)

Методика расчета.

Расчет выбросов ЗВ производится согласно [20]. Максимально-разовый выброс i -го вещества определяется по формуле (г/с):

$$M_i = \frac{e_i P_3}{3600} \quad (38)$$

где e_i – выброс i -го ЗВ на единицу полезной работы установки, г/(кВт×час); P_3 – эксплуатационная мощность установки, кВт.

Валовый выброс i -го вещества определяется по формуле:

$$G_i = g_i B 10^{-3} \quad (39)$$

где g_i – выброс i -го ЗВ на 1 кг дизельного топлива, г/кг; B – расход топлива, т/год.

Расчет выбросов NO_2 и NO производится по формулам 24–27.

Объемный расход отработанных газов определяется формулой:

$$V = \frac{8,72 b_3 P_3 10^{-6} (273 + T_r)}{1,31 \times 273} \quad (40)$$

где $T_r = 450$ °С – температура уходящих газов.

Исходные данные.

В качестве резервного источника питания при аварийных ситуациях предусмотрена дизельная электростанция. Используются один дизель-генератор типа ДЭС-100 мощностью 100 кВт. В качестве топлива используется дизельное топливо, которое содержится в закрытом топливном баке.

Дизель-генератор относится к группе Б – средней мощности (73,5–736 кВт). Капитальный ремонт станции не проводился. Выхлопная труба дизель-генератора оборудована глушителем и выведена на улицу. Дизель-генератор в соответствии с «Регламентом проведения обследования электрооборудования на действующих объектах МГ» опробуется 2 раза в месяц на холостом ходу (25 % мощности) в течение 15–20 минут. Суммарное время работы – 6 часов в год. Удельный расход топлива на номинальной мощности составляет $b_{\text{Э}} = 240$ г/кВт час. В течение года расходуется 0,5 т топлива.

Таблица 6 – Значения удельных выделений ЗВ

ДЭС - 100	Удельные выделения						
	СО	NO _x	СН	С	SO ₂	СН ₂ О	БП
e_i , г/(кВт×час)	6,2	9,6	2,9	0,5	1,2	0,12	$1,2 \times 10^{-5}$
g_i , г/кг	26	40	12	2	5	0,5	$5,5 \times 10^{-5}$

Расчет выбросов.

$$M_{CO} = \frac{6,2 \times 25}{3600} = 0,043056 \text{ г/с}; \quad M_{NO_x} = \frac{9,6 \times 25}{3600} = 0,066667 \text{ г/с}$$

$$M_{NO_2} = 0,066667 \times 0,8 = 0,053334 \text{ г/с}$$

$$M_{NO} = 0,066667 \times 0,13 = 0,008667 \text{ г/с}$$

$$M_{CH} = \frac{2,9 \times 25}{3600} = 0,020139 \text{ г/с}; \quad M_C = \frac{0,5 \times 25}{3600} = 0,003472 \text{ г/с}$$

$$M_{SO_2} = \frac{1,2 \times 25}{3600} = 0,043056 \text{ г/с}; \quad M_{CH_2O} = \frac{0,12 \times 25}{3600} = 0,000833 \text{ г/с}$$

$$M_{CH_2O} = \frac{1,2 \times 10^{-5} \times 25}{3600} = 8,333 \times 10^{-8} \text{ г/с}$$

$$G_{CO} = \frac{26 \times 25}{3600} = 0,013 \text{ т/год}; \quad G_{NO_x} = \frac{40 \times 25}{3600} = 0,02 \text{ т/год}$$

$$G_{NO_2} = 0,02 \times 0,8 = 0,016 \text{ т/год}$$

$$G_{NO} = 0,02 \times 0,13 = 0,0026 \text{ т/год}$$

$$G_{CH} = \frac{12 \times 25}{3600} = 0,006 \text{ т/год}; \quad G_C = \frac{2 \times 25}{3600} = 0,001 \text{ т/год}$$

$$G_{SO_2} = \frac{5 \times 25}{3600} = 0,0025 \text{ т/год}; \quad G_{CH_2O} = \frac{0,5 \times 25}{3600} = 0,00025 \text{ т/год}$$

$$G_{CH_2O} = \frac{5,5 \times 10^{-5} \times 25}{3600} = 2,5 \times 10^{-8} \text{ т/год}$$

$$V = \frac{8,72 \times 240 \times 25 \times 10^{-6} (273 + 450)}{1,31 \times 273} = 0,105772 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$W = \frac{4 \times 0,205772}{3,14 \times 0,2^2} = 4,78 \text{ м/с}$$

Выбросы ЗВ от ДЭС приведены в таблице 7:

Таблица 7 – Выбросы от источника ИЗА 0018

Наименование ИЗА	Наименование ЗВ	Код ЗВ	Максимальный выброс ЗВ, г/с	Валовый выброс, т/год
КС Дизель-генератор ИЗА 0018	Оксид углерода	0337	0,043056	0,013
	Диоксид азота	0301	0,053334	0,016
	Оксид азота	0304	0,008667	0,0026
	Керосин	2732	0,020139	0,006
	Сажа	0328	0,003472	0,001
	Диоксид серы	0330	0,008333	0,0025
	Формальдегид	1325	0,000833	0,00025
	Бенз(а)пирен	0703	$8,3 \times 10^{-8}$	$2,8 \times 10^{-8}$

3.7. Расчет выбросов ЗВ от свечи пылеуловителя АГРС (ИЗА 0019)

Расчет выбросов ЗВ от свечи пылеуловителей производится согласно [17]. Методика представлена в пункте 3.1.

Исходные данные.

На АГРС имеется пылеуловитель, предназначенный для отделения пыли и капель конденсата от транспортируемого газа. По регламенту продувка пылеуловителей осуществляется один раз в 7 дней. Выбросы осуществляются через дренажную емкость на свечу. Диаметр свечи 0,05 м.

Газ в газопроводе неодорированный. Состав газа (% мас): $V_{CH_4} = 83,96 \%$, $V_{C_2H_6} = 5,90 \%$, $V_{C_3H_8} = 4,58 \%$, $V_{C_4H_{10}} = 1,47 \%$, $V_{C_5H_{10}} = 0,41 \%$.

Для пылеуловителя при стравливании газа: время выброса 10 с, температура 280К, давление 4,8 Мпа, количество стравливания – 52.

Расчет выбросов.

$$f = \frac{3,14 \times 0,05^2}{4} = 0,00196 \text{ м}^2; P_{\text{ПР}} = \frac{4,8}{4,7} = 1,021; T_{\text{ПР}} = \frac{280}{190,66} = 1,469$$

$$Z = 1 - \frac{0,0241 \times 1,021}{1 - 1,68 \times 1,469 + 0,78 \times 1,469^2 + 0,0107 \times 1,469^3} = 0,90$$

$$V_{\Gamma} = \frac{3018,36 \times 0,00196 \times 10 \times 4,8}{280 \times 0,90} + 3,2 = 4,327 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{ГОД}} = 4,327 \times 52 = 225,0 \text{ м}^3$$

$$\rho_{\text{СН}_4} = 0,6652 \text{ кг/м}^3$$

$$G_{\text{СН}_4} = 225,0 \times 0,8396 \times 0,6652 \times 10^{-3} = 0,125663 \text{ т/год}$$

$$\rho_{\text{С}_2\text{Н}_6} = 1,247 \text{ кг/м}^3; \rho_{\text{С}_3\text{Н}_8} = 1,829 \text{ кг/м}^3; \rho_{\text{С}_4\text{Н}_{10}} = 2,411 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{\text{С}_5\text{Н}_{12}} = 2,993 \text{ кг/м}^3$$

$$G(\text{C}_1 - \text{C}_5) = 225,0 \times 10^{-3} \times ((0,0590 \times 1,247) + (0,0458 \times 1,829) + (0,0147 \times 2,411) + (0,0041 \times 2,993)) = 0,046137 \text{ т/год}$$

$$M_{\text{СН}_4} = \frac{4,327}{1200} \times 0,8396 \times 0,6652 \times 10^3 = 2,013864 \text{ г/с}$$

$$M(\text{C}_1 - \text{C}_5) = \frac{4,327}{1200} \times 10^3 \times ((0,0590 \times 1,247) + (0,0458 \times 1,829) + (0,0147 \times 2,411) + (0,0041 \times 2,993)) = 0,739391 \text{ г/с}$$

Выбросы ЗВ от свечи пылеуловителя приведены в таблице:

Таблица 8 – Выбросы от ИЗА 0019

Наименование ИЗА	Наименование ЗВ	Код ЗВ	Максимальный выброс ЗВ, г/с	Валовый выброс, т/год
АГРС КС Свеча пылеуловителя ИЗА 0019	Углеводороды C ₁ – C ₅ (по метану)	0410	2,753255	0,1718

3.8. Расчет выбросов ЗВ от свечей охранных кранов (ИЗА 0020, 0021)

Расчет выбросов ЗВ от свечей производится согласно методике приведенной в пункте 3.2.

Исходные данные.

При ремонте на компрессорной станции производится остановка оборудования для стравливания контура КС. Выбросы осуществляются через свечи охранных кранов (2 ед) высотой 5 м и диаметром 0,3 м.

Для 1 единицы охранного крана ОК при стравливании газа: давление 5,4 Мпа, количество продувок – 1 раз в год, время продувки 5 мин, температура 280 К. Геометрический объем опорожняемой емкости составляет 200 м³.

Газ в газопроводе неодорированный. Состав газа (% мас): $V_{CH_4} = 83,96\%$, $V_{C_2H_6} = 5,90\%$, $V_{C_3H_8} = 4,58\%$, $V_{C_4H_{10}} = 1,47\%$, $V_{C_5H_{10}} = 0,41\%$.

Расчет выбросов.

$$P_{\text{ПР}} = \frac{5,4}{4,7} = 1,149; T_{\text{ПР}} = \frac{280}{190,66} = 1,469$$

$$Z = 1 - \frac{0,0241 \times 1,149}{1 - 1,68 \times 1,469 + 0,78 \times 1,469^2 + 0,0107 \times 1,469^3} = 0,89$$

$$V_{\text{Г}} = \frac{200 \times 5,4 \times 293,15}{0,1033 \times 280 \times 0,89} = 12\,298,87 \text{ м}^3; V_{\text{ГОД}} = 12\,298,87 \text{ м}^3$$

$$\rho_{CH_4} = 0,6652 \text{ кг/м}^3$$

$$G_{CH_4} = 12\,298,87 \times 0,8396 \times 0,6652 \times 10^{-3} = 6,868943 \text{ т/год}$$

$$\rho_{C_2H_6} = 1,247 \text{ кг/м}^3; \rho_{C_3H_8} = 1,829 \text{ кг/м}^3; \rho_{C_4H_{10}} = 2,411 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{C_5H_{12}} = 2,993 \text{ кг/м}^3$$

$$G(C_1 - C_5) = 12\,298,87 \times 10^{-3} \times ((0,0590 \times 1,247) + (0,0458 \times 1,829) + (0,0147 \times 2,411) + (0,0041 \times 2,993)) = 2,521935 \text{ т/год}$$

$$M_{CH_4} = \frac{12\,298,87}{1200} \times 0,8396 \times 0,6652 \times 10^3 = 5724,11874 \text{ г/с}$$

$$M(C_1 - C_5) = \frac{12\,298,87}{1200} \times 10^3 \times ((0,0590 \times 1,247) + (0,0458 \times 1,829) + (0,0147 \times 2,411) + (0,0041 \times 2,993)) = 2101,61246 \text{ г/с}$$

Выбросы ЗВ из свечей кранов и клапанов представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Выбросы от ИЗА 0020 и ИЗА 0021

Наименование ИЗА	Наименование ЗВ	Код ЗВ	Максимальный выброс ЗВ, г/с	Валовый выброс, т/год
ИЗА 0020 Свеча ОК-19	УВ предельные C ₁ -C ₅ (по метану)	0410	7825,7312	9,390878
ИЗА 0021 Свеча ОК-21	УВ предельные C ₁ -C ₅ (по метану)	0410	7825,7312	9,390878

3.9. Расчет выбросов ЗВ от стоянки транспортных средств (ИЗА 6001)

Методика расчета.

Расчет выбросов от автотранспорта и дорожных машин производится согласно [21–23].

Выбросы i -го ЗВ одним автомобилем k -ой группы при выезде с территории M_{1ik} и возврате M_{2ik} составляют (г/день):

$$M_{1ik} = M_{ПРik} T_{ПР} + M_{L_{ik}} L_1 + M_{ХХik} T_{1ХХ} \quad (41)$$

$$M_{2ik} = M_{L_{ik}} L_2 + M_{ХХik} T_{2ХХ} \quad (42)$$

где $M_{ПРik}$ – удельный выброс i -го ЗВ при прогреве двигателя автомобиля k -ой группы, (г/мин); $M_{L_{ik}}$ – удельный выброс i -го ЗВ при движении по территории гаража автомобиля k -ой группы, (г/км); $M_{ХХik}$ – удельный выброс i -го ЗВ при работе двигателя на холостом ходу, (г/мин); $T_{ПР}$ – время прогрева двигателя, (мин); L_1, L_2 – пробег по территории одного автомобиля в день при выезде (возврате), (км); $T_{1ХХ}, T_{2ХХ}$ – время работы двигателя на холостом ходу при выезде (возврате), (мин).

Выброс i -го ЗВ одним автомобилем k -ой группы (г/день):

$$M_{ik} = M_{1ik} + M_{2ik} \quad (43)$$

Выбросы i -го ЗВ одной дорожной машиной k -ой группы при выезде с территории M_{1ik} и возврате M_{2ik} составляют, (г/день):

$$M_{1ik} = M_{Пik} T_{П} + M_{ПРik} T_{ПР} + M_{ДВik} T_{1ДВ} + M_{ХХik} T_{1ХХ} \quad (44)$$

$$M_{2ik} = M_{ДВik} T_{2ДВ} + M_{ХХik} T_{2ХХ} \quad (45)$$

где $M_{Пik}$ – удельный выброс i -го ЗВ пусковым двигателем, (г/мин); $T_{П}$ – время работы пускового двигателя, (мин); $M_{ППik}$ – удельный выброс i -го ЗВ при прогреве двигателя машины k -ой группы, (г/мин); $M_{ДВik}$ – удельный выброс i -го ЗВ при движении по территории гаража машины k -ой группы с условно постоянной скоростью, (г/мин); $M_{ХХik}$ – удельный выброс i -го ЗВ при работе двигателя на холостом ходу, (г/мин); $T_{ПП}$ – время прогрева двигателя, (мин); $T_{1ДВ}, T_{2ДВ}$ – время движения машины по территории гаража при выезде (возврате), (мин); $T_{1ХХ}, T_{2ХХ}$ – время работы двигателя на холостом ходу при выезде (возврате), (мин).

Выброс i -го ЗВ ДМ k -ой группы составляет, (г/день):

$$M_{ik} = M_{1ik} + M_{2ik} \quad (46)$$

Для обогреваемых гаражей при расчете выбросов ЗВ выбираются удельные величины для теплого периода года.

Валовый выброс i -го ЗВ всеми автомобилями рассчитывается по формуле, (т/год):

$$G_i = \sum_{k} a_k M_{ik} N_k D_k 10^{-6} \quad (47)$$

где a_k – коэффициент выпуска автомобилей k -ой группы; M_{ik} – выброс i -го ЗВ автомобилем k -ой группы, (г/день); N_k – количество автомобилей k -ой группы; D_k – число рабочих дней для автомобилей k -ой группы.

Годовой валовый выброс i -го ЗВ всеми автомобилями рассчитывается по формуле путем суммирования валовых выбросов за все периоды года.

Максимальный выброс i -го ЗВ автомобилями составляет, (г/с):

$$M_i = \sum_k (M_{ППik} T_{ПП} + M_{Кik} L_1 + M_{ХХik} T_{1ХХ}) \frac{N_k}{3600} \quad (48)$$

где N_k – количество автомобилей k -ой группы, выезжающих из гаража в течение часа, характеризуемого максимальной интенсивностью выезда машин из гаража.

По результатам расчета выбирается максимальная величина для различных вариантов расчета.

Максимальный выброс i -го ЗВ дорожными машинами (г/с):

$$M_i = \sum_l (M_{Пik} T_{П} + M_{ПРik} T_{ПР} + M_{ДВik} T_{ДВ} + M_{1ХХ} T_{1ХХ}) \frac{N_k}{3600} \quad (49)$$

Исходные данные:

На отапливаемой стоянке содержатся 3 единицы автотранспортных средств и 4 единицы дорожных машин. Максимальный выход транспортных средств составляет 4 ед/час. Продолжительность теплого периода – 155 дней; холодного периода – 29 дней; переходный период – 66 дней.

Продолжительность пуска $T_{П}$ (теплый) = 1 мин; $T_{П}$ (переходный) = 2 мин; $T_{П}$ (холодный) = 4 мин. Время прогрева двигателя для дорожных машин $T_{ПР}$ (теплый) = 2 мин; $T_{ПР}$ (переходный) = 6 мин; $T_{ПР}$ (холодный) = 12 мин.

Время прогрева двигателя для автомобилей $T_{ПР}$ (теплый) = 4 мин; $T_{ПР}$ (переходный) = 6 мин; $T_{ПР}$ (холодный) = 6 мин. Средний пробег по территории $L = 0,1$ м. Время работы двигателя на холостом ходу $T_{ХХ} = 1$ мин. Время движения машины для трактора МТЗ-82 $T_{ДВ} = 0,6$ мин; для остальных $T_{ДВ} = 1,2$ мин. Величины удельных выбросов для различных видов автомобилей и дорожных машин приведены в приложении 1.

Таблица 10 – Перечень автомобилей и дорожных машин

Название автомобилей и дорожных машин	Грузоподъемность, объем двигателя, мощность	Тип двигателя	a_k	D_k
Грузовая УРАЛ-375 (1 ед.)	2-5 т	Карбюратор	1,0	250
Грузовая КС-4362 (1 ед.)	8-16 т	Дизель	1,0	250
Грузовая КРАЗ-6443 (1 ед.)	> 16 т	Дизель	1,0	250
ДМ ЭО-4224 (2 ед.)	61–100 кВт	Дизель	0,5	250
Трактор Т-170 (1 ед.)	101–160 кВт	Дизель	1,0	250
Трактор МТЗ-82 (1 ед.)	36–60 кВт	Дизель	1,0	250

Расчет выбросов:

Таблица 11 – Выбросы ЗВ одним автомобилем группы КС-4362 за теплый, холодный и переходный периоды

	CO	CH	NO₂	C	SO₂
M ₁ (Т), г/день	15,51	2,15	5,4	0,23	0,606
M ₂ (Т), г/день	3,51	0,55	1,4	0,07	0,154
M(Т), г/день	19,02	2,7	6,8	0,3	0,76
M ₁ (Х), г/день	35,44	4,77	7,4	0,56	0,899
M ₂ (Х), г/день	3,64	0,57	1,4	0,08	0,167
M(Х), г/день	39,08	5,34	8,8	0,64	1,066
M ₁ (П), г/день	32,186	4,338	7,4	0,508	0,8191
M ₂ (П), г/день	3,566	0,558	1,4	0,076	0,1603
M(П), г/день	35,752	4,896	8,8	0,584	0,9794

Таблица 12 – Валовые и максимальные выбросы ЗВ автомобилями группы КС-4362

	CO	CH	NO₂	SO₂	C
G _T , т/пер	0,002948	0,000419	0,001054	0,000118	0,000047
G _П , т/пер	0,00236	0,000323	0,000581	0,000064	0,000039
G _Х , т/пер	0,001133	0,000155	0,000255	0,000031	0,000018
G₁, т/год	0,006441	0,000896	0,00189	0,000213	0,000104
M _T , г/с	0,004308	0,000597	0,0015	0,000168	0,000061
M _П , г/с	0,008941	0,001205	0,002056	0,000228	0,000141
M _Х , г/с	0,009844	0,001325	0,002056	0,000250	0,000156

Таблица 13 – Выбросы ЗВ одним автомобилем группы УРАЛ-375 за теплый, холодный и переходный периоды

	CO	CH	NO₂	SO₂
M ₁ (Т), г/день	73,17	8,25	1,08	0,115
M ₂ (Т), г/день	13,17	2,25	0,28	0,035
M(Т), г/день	86,34	10,5	1,36	0,15
M ₁ (Х), г/день	123,73	17,39	1,48	0,171
M ₂ (Х), г/день	13,93	2,39	0,28	0,039
M(Х), г/день	137,66	19,78	1,76	0,21
	CO	CH	NO₂	SO₂
M ₁ (П), г/день	112,377	15,821	1,48	0,1559
M ₂ (П), г/день	13,557	2,321	0,28	0,0371
M(П), г/день	125,934	18,142	1,76	0,193

Таблица 14 – Валовые и максимальные выбросы ЗВ автомобилями группы УРАЛ-375

	CO	CH	NO₂	SO₂
G _T , т/пер	0,013383	0,001628	0,000211	0,000023
G _П , т/пер	0,008312	0,001197	0,000116	0,000013
G _Х , т/пер	0,003992	0,000574	0,000051	0,000006
G₁, т/год	0,025686	0,003398	0,000378	0,000042
M _T , г/с	0,020325	0,002292	0,0003	0,000032
M _П , г/с	0,031216	0,004395	0,000411	0,000043
M _Х , г/с	0,034369	0,004831	0,000411	0,000048

Таблица 15 – Выбросы ЗВ одним автомобилем группы КРАЗ-6443 за теплый, холодный и переходный периоды

	CO	CH	NO2	SO2	C
M ₁ (Т), г/день	15,65	2,16	5,45	0,63	0,24
M ₂ (Т), г/день	3,65	0,56	1,45	0,178	0,08
M(Т), г/день	19,3	2,72	6,9	0,808	0,32
M ₁ (Х), г/день	35,63	4,78	7,45	0,929	0,57
M ₂ (Х), г/день	3,83	0,58	1,45	0,197	0,09
M(Х), г/день	39,46	5,36	8,9	1,126	0,66
M ₁ (П), г/день	32,357	4,347	7,45	0,8461	0,517
M ₂ (П), г/день	3,737	0,567	1,45	0,1873	0,085
M(П), г/день	36,094	4,914	8,9	1,0334	0,602

Таблица 16 – Валовые и максимальные выбросы ЗВ автомобилей группы КРАЗ-6443

	CO	CH	NO₂	SO₂	C
G _Т , т/пер	0,002992	0,000422	0,00107	0,000125	0,00005
G _П , т/пер	0,002382	0,000324	0,000587	0,000068	0,00004
G _Х , т/пер	0,001144	0,000155	0,000258	0,000033	0,000019
G₁, т/год	0,006518	0,000901	0,001915	0,000226	0,000108
M _Т , г/с	0,004347	0,0006	0,001514	0,000175	0,000067
M _П , г/с	0,008988	0,001208	0,002069	0,000235	0,000144
M _Х , г/с	0,009897	0,001328	0,002069	0,000258	0,000158

Таблица 17 – Выбросы ЗВ одной дорожной машиной автомобилем группы ДМ ЭО – 4224 за теплый, холодный и переходный периоды

	CO	CH	NO₂	SO₂	C
M ₁ (Т), г/день	33,748	3,516	6,104	0,4737	0,504
M ₂ (Т), г/день	3,948	0,816	3,444	0,2377	0,384
M(Т), г/день	37,696	4,332	9,548	0,7114	0,888
M ₁ (Х), г/день	161,884	18,672	18,884	1,8937	4,872
M ₂ (Х), г/день	4,284	0,912	3,444	0,2857	0,552
M(Х), г/день	166,168	19,584	22,328	2,1794	5,424
M ₁ (П), г/день	80,0156	9,2628	11,164	0,9901	2,4468
M ₂ (П), г/день	4,0956	0,8508	3,444	0,2581	0,5028
M(П), г/день	84,1112	10,1136	14,608	1,2482	2,9496

Таблица 18 – Валовые и максимальные выбросы ЗВ дорожных машин группы ДМ ЭО – 4224

	CO	CH	NO₂	SO₂	C
G _Т , т/пер	0,005843	0,000671	0,00148	0,00011	0,000138
G _П , т/пер	0,005551	0,000667	0,000964	0,000082	0,000195
G _Х , т/пер	0,004819	0,000568	0,000648	0,000063	0,000157
G₁, т/год	0,016213	0,001907	0,003092	0,000256	0,00049
M _Т , г/с	0,018749	0,001953	0,003391	0,000263	0,00028
M _П , г/с	0,044453	0,005146	0,006202	0,00055	0,001359
M _Х , г/с	0,089936	0,010373	0,010491	0,001052	0,002707

Таблица 19 – Выбросы ЗВ одной дорожной машиной группы Т-170 за теплый, холодный и переходный периоды

	CO	CH	NO₂	SO₂	C
M ₁ (Т), г/день	49,218	5,222	10,552	0,91	0,84
M ₂ (Т), г/день	6,418	1,342	5,592	0,532	0,64
M(Т), г/день	55,636	6,564	16,144	1,442	1,48
M ₁ (Х), г/день	240,57	28,35	33,232	3,248	8,104
M ₂ (Х), г/день	6,97	1,51	5,592	0,616	0,904
M(Х), г/день	247,54	29,86	38,824	3,864	9,008
M ₁ (П), г/день	118,784	14,066	19,412	1,7664	4,0636
M ₂ (П), г/день	6,664	1,408	5,592	0,5704	0,8236
M(П), г/день	125,448	15,474	25,004	2,3368	4,8872

Таблица 20 – Валовые и максимальные выбросы ЗВ дорожных машин группы Т-170

	CO	CH	NO₂	SO₂	C
G _T , т/пер	0,008624	0,001017	0,002502	0,000224	0,000229
G _П , т/пер	0,008280	0,001021	0,001650	0,000154	0,000323
G _Х , т/пер	0,007179	0,000866	0,001126	0,000112	0,000261
G₁, т/год	0,024082	0,002905	0,005278	0,000490	0,000813
M _T , г/с	0,001451	0,002931	0,000253	0,000253	0,000233
M _П , г/с	0,003907	0,005392	0,000491	0,000491	0,001129
M _Х , г/с	0,007875	0,009231	0,000902	0,000902	0,002251

Таблица 21 – Выбросы ЗВ одной дорожной машиной группы МТЗ-82 за теплый, холодный и переходный периоды

	CO	CH	NO₂	SO₂	C
M ₁ (Т), г/день	28,002	6,496	2,964	0,275	0,222
M ₂ (Т), г/день	1,902	0,336	1,184	0,13	0,142
M(Т), г/день	29,904	6,832	4,148	0,405	0,364
M ₁ (Х), г/день	128,804	29,206	11,264	1,128	3,07
M ₂ (Х), г/день	2,004	0,366	1,184	0,148	0,19
M(Х), г/день	130,808	29,572	12,448	1,276	3,26
M ₁ (П), г/день	63,6676	14,4854	6,224	0,5858	1,471
M ₂ (П), г/день	1,9476	0,3474	1,184	0,139	0,175
M(П), г/день	65,6152	14,8328	7,408	0,7248	1,646

Таблица 22 – Валовые и максимальные выбросы ЗВ дорожных машин группы МТЗ-82

	CO	CH	NO₂	SO₂	C
G _T , т/пер	0,004635	0,001059	0,000642	0,000063	0,000056
G _П , т/пер	0,004331	0,000979	0,000489	0,000048	0,000109
G _Х , т/пер	0,003793	0,000858	0,000361	0,000037	0,000095
G₁, т/год	0,012759	0,002896	0,001493	0,000148	0,000260
M _T , г/с	0,007778	0,001804	0,000823	0,000076	0,000062
M _П , г/с	0,017685	0,004024	0,001729	0,000163	0,000409
M _Х , г/с	0,035779	0,008113	0,003129	0,000313	0,000853

Таблица 23 – Валовые выбросы ЗВ от каждого вида транспорта

Валов. выбр. т/год	СО	СН	NO ₂	SO ₂	С
G(ЭО-4224),	0,016213	0,001907	0,003092	0,000256	0,00049
G(T-170)	0,024082	0,002905	0,005278	0,00049	0,000813
G(МТЗ-82)	0,012759	0,002896	0,001493	0,000148	0,00026
G(КС-4362)	0,006441	0,000896	0,00189	0,000213	0,000104
G(УРАЛ-375)	0,025686	0,003398	0,000378	0,000042	0
G(КРАЗ-6443)	0,006518	0,000901	0,001915	0,000226	0,000108
G	0,0917	0,012903	0,014046	0,001375	0,001774

Таблица 24 – Максимальные выбросы ЗВ от каждого вида транспорта

Макс. выбр. г/с	СО	СН	NO ₂	SO ₂	С
M(ЭО-4224)	0,089936	0,010373	0,010491	0,001052	0,002707
M(T-170)	0,066825	0,007875	0,009231	0,000902	0,002251
M(МТЗ-82)	0,035779	0,008113	0,003129	0,000313	0,000853
M(КС-4362)	0,009844	0,001325	0,002056	0,000250	0,000156
M(УРАЛ-375)	0,034369	0,004831	0,000411	0,000048	0
M(КРАЗ-6443)	0,009897	0,001328	0,002069	0,000258	0,000158
M	0,192540	0,026361	0,022851	0,002267	0,005811

Выбросы загрязняющих веществ от стоянки автотранспорта составляют:

Таблица 25 – Выбросы от ИЗА 6001

Наименование ИЗА	Наименование ЗВ	Код ЗВ	Максимальный выброс ЗВ, г/с	Валовый выброс, т/год
Стоянка транспортных средств (ИЗА 6001)	Оксид углерода	0337	0,192540	0,0917
	Керосин	2732	0,026361	0,012903
	Диоксид азота	0301	0,022851	0,014046
	Диоксид серы	0330	0,002267	0,001375
	Сажа	0328	0,005811	0,001774

3.10. Расчет выбросов ЗВ при проведении сварочных работ (ИЗА 6002)

Методика расчета:

Выбросы i -го ЗВ при проведении электросварочных работ рассчитываются согласно [24] по формулам, (т/год, г/с):

$$G_i = g_i B 10^{-6} \quad (50)$$

$$M_i = \frac{g_i B_{MAX}}{3600} \quad (51)$$

где g_i – удельное выделение i -го ЗВ, г/кг расходуемых сварочных материалов; B – масса расходуемого сварочного материала, кг/год; $B_{МАХ}$ – максимальный расход сварочных материалов, кг/час.

На предприятии применяется ручная электродуговая сварка штучными электродами, сварочные работы проводятся на территории площадки КС.

Исходные данные.

При проведении сварочных работ в окружающую среду поступают пары сварочных аэрозолей, компонентный состав которых зависит от типа электродов. Используются электроды типа МР-3 в количестве 75 кг в год. Режим работы – 1 час в сутки, 100 часов в год. Максимальный расход – 1 кг/час. Поступление ЗВ в атмосферу при сварочных работах производится неорганизованным способом.

Таблица 26 – Удельное выделение ЗВ

Марка электрода	Количество электрода, кг/год	Удельное выделение g_i , г/кг				
		Fe ₂ O ₃	MnO	Пыль неорг.	Фториды	HF
МР-3	75	9,77	1,73	–	–	0,4

Расчет выбросов.

$$M_{Fe_2O_3} = 9,77 \times \frac{1}{3600} = 2,714 \times 10^{-3} \text{ г/с}$$

$$M_{MnO} = 1,73 \times \frac{1}{3600} = 4,806 \times 10^{-4} \text{ г/с}$$

$$M_{HF} = 0,4 \times \frac{1}{3600} = 1,111 \times 10^{-4} \text{ г/с}$$

$$G_{Fe_2O_3} = 9,77 \times 75 \times 10^{-6} = 7,328 \times 10^{-4} \text{ т/год}$$

$$G_{MnO} = 1,73 \times 75 \times 10^{-6} = 1,280 \times 10^{-4} \text{ т/год}$$

$$G_{HF} = 0,4 \times 75 \times 10^{-6} = 3,0 \times 10^{-5} \text{ т/год}$$

Выбросы при проведении сварочных работ составляют:

Таблица 27 – Выбросы от ИЗА 6002

Наименование ИЗА	Наименование ЗВ	Код ЗВ	Выбросы ЗВ	
			г/с	т/год
Сварочные работы ИЗА 6002	Оксид железа	0123	0,000271	0,000733
	Соединения марганца	0143	0,000481	0,000128
	Фтористый водород	0342	0,000111	0,00003

3.11. Расчет выбросов ЗВ от уплотнений ЗРА (ИЗА 6003)

Методика расчета.

Постоянные выбросы от запорно-регулирующей арматуры (ЗРА) отсутствуют. Объемы аварийных выбросов газа от ЗРА в периоды от обнаружения до их ликвидации определяются в соответствии с [25] по среднестатистическим данным величин утечек газа и доли уплотнений, потерявших герметичность, (г/с, т/год):

$$M = Aca n_1 n_2 \quad (52)$$

$$G = Mt \quad (53)$$

где A – расчетная величина аварийных выбросов, $A=0,021$ кг/час; c – массовая концентрация компонента газа в долях единицы; a – расчетная доля уплотнений, потерявших герметичность, $a=0,293$; n_1 – общее количество единиц ЗРА; n_2 – количество фланцевых соединений или уплотнений на одном запорном устройстве; t – среднее время эксплуатации ЗРА, потерявшей герметичность.

Исходные данные.

Общее число ЗРА – 40; количество фланцевых соединений или уплотнений – 2; $c_{CH_4} = 0,953$; $c_{одор} = 0,00003$.

Расчет выбросов.

УВ $C_1 - C_5$ (по метану):

$$M = 0,0058 \times 0,953 \times 0,293 \times 40 \times 2 = 0,13 \text{ г/с}$$

$$G = 0,13 \times 7 \times 3600 \times 10^{-6} = 0,003 \text{ т/год}$$

Одорант СПМ:

$$M = 0,0058 \times 0,00003 \times 0,293 \times 40 \times 2 = 0,000004 \text{ г/с}$$

$$G = 0,000004 \times 7 \times 3600 \times 10^{-6} = 0,0000001 \text{ т/год}$$

Таблица 28 – Выбросы от ИЗА 6003

Наименование ИЗА	Наименование ЗВ	Код ЗВ	Максимальный выброс ЗВ, г/с	Валовый выброс, т/год
КС Уплотнения ЗРА ИЗА 6003	Углеводороды $C_1 - C_5$	0410	0,130	0,003
	(по метану) Одорант СПМ	1716	0,000004	0,0000001

3.12. Расчет загрязнения атмосферы выбросами одиночного точечного источника

Методика расчета.

Расчет загрязнения атмосферы определяется согласно методики [26].

Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества при выбросе нагретой газовой смеси из одиночного точечного источника с круглым устьем достигается при неблагоприятных метеорологических условиях на расстоянии x (м) от источника рассчитывается по формуле:

$$C_m = \frac{MFmn\eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}} \quad (54)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы; $A = 200$; M – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, (г/с); F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе; изменяется от 1 до 3; m и n – коэффициенты, учитывающие условия выброса газовой смеси из устья источника выброса; H – высота источника выброса над уровнем земли, (м); η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности; ΔT – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси T_r и температурой окружающего воздуха T_b , $^{\circ}\text{C}$; V_1 – расход газовой смеси, ($\text{м}^3/\text{с}$), определяемый по формуле:

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \omega_0 = 0785 D^2 \omega_0 \quad (55)$$

где D – диаметр устья источника выброса, м; ω_0 – средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса, м/с.

Коэффициенты m и n определяются в зависимости от параметров f ; v_M :

$$f = 1000 \frac{\omega_0^2 D}{H^2 \Delta T} \quad (56)$$

$$v_M = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \Delta T}{H}} \quad (57)$$

Коэффициент m определяется в зависимости от f по формуле:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}} \quad \text{при } f < 100 \quad (58)$$

Коэффициент n при $f < 100$ определяется в зависимости от v_M по формуле:

$$n = 4,4v_M \quad \text{при } v_M < 0,5 \quad (59)$$

$$n = 0,532v_M^2 - 2,13v_M + 3,13 \quad \text{при } 0,5 < v_M < 2 \quad (60)$$

$$n = 1 \quad \text{при } v_M \geq 2 \quad (61)$$

Расстояние от источника выбросов, на котором приземная концентрация при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального значения, определяется по формуле:

$$x_M = \frac{5 - F}{4} Hd \quad (62)$$

где d – безразмерный коэффициент, при $f < 100$ находится по формуле:

$$d = 2,48(1 + 0,28\sqrt[3]{f}) \quad \text{при } v_M < 0,5 \quad (63)$$

$$d = 4,95v_M(1 + 0,28\sqrt[3]{f}) \quad \text{при } 0,5 < v_M < 2 \quad (64)$$

$$d = 7\sqrt{v_M}(1 + 0,28\sqrt[3]{f}) \quad \text{при } v_M \geq 2 \quad (65)$$

При опасной скорости ветра приземная концентрация вредных веществ в атмосфере по оси факела выброса на различных расстояниях от источника выброса определяется по формуле:

$$C = S_1 C_M \quad (66)$$

где S_1 – безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от отношения x/x_M , и определяется по формуле:

$$S_1 = \frac{1,13}{0,13 \left(\frac{x}{x_M}\right)^2 + 1} \quad \text{при } 1 < \frac{x}{x_M} < 8 \quad (67)$$

$$S_1 = \frac{\frac{x}{x_M}}{3,58 \left(\frac{x}{x_M}\right)^2 - 35,2 \frac{x}{x_M} + 120} \quad \text{при } F \leq 1,5 \text{ и } \frac{x}{x_M} > 8 \quad (68)$$

Расчет максимальных концентраций для котельной (ИЗА 0015), подогреватель газа (ИЗА 0017), ДЭС (ИЗА 0018) представлен в приложении 2.

Ниже приведены значения отношений максимальной концентрации ЗВ, к значению ПДК_{МР} для этого вещества. Значения приведены для двух контрольных точек.

Таблица 29 – Значения максимальных концентраций в контрольных точках, в долях ПДК

Загрязняющее вещество	Код ЗВ	Концентрации ЗВ в первой точке	Концентрации ЗВ во второй точке
Оксид углерода	0337	0,0055	0,0045
Оксид азота	0304	0,0281	0,0267
Диоксид азота	0301	0,1063	0,0686
Бенз(а)пирен	0703	0,0237	0,0111
Керосин	2732	0,0047	0,0021
Диоксид серы	0330	0,0046	0,0021
Сажа	0328	0,001	0,0029
Формальдегид	1325	0,0008	0,0003

4. РЕЗУЛЬТАТЫ

Итоговые таблицы расчетов выбросов от всех источников загрязнения атмосферы приведены в приложении 3.

Наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносят свечи ГПА – 63,77 т метана в год. На втором месте охранные краны, через которые производится стравливание природного газа с КС. Всего в год от охранных кранов выбрасывается 18,78 т метана.

Суммарные выбросы метана от КС «Вертикос» составляют 94,105 т/год – это наибольшее значение. Выбросы оксида углерода составляют 4,618 т/год, а диоксида азота 1,934 т/год. Всего в атмосферу поступает 29,16 т загрязняющих веществ в год.

Из результатов расчетов рассеивания видно, что максимальные концентрации всех загрязняющих веществ не превышают установленных ПДК_{МР}.

5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Целью выпускной квалификационной работы по теме: «Оценка воздействия на атмосферный воздух деятельности компрессорной станции» является изучение воздействия КС «Вертикос» на атмосферный воздух.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является планирование выпускной квалификационной работы. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- разработка структуры ВКР;
- разработка графика выполнения ВКР;
- расчет бюджета на проведение ВКР.

5.1. Планирование выпускной квалификационной работы

5.1.1. Структура работ в рамках ВКР

В таблице 30 представлен перечень основных этапов, содержание работ и исполнители по каждому виду работ.

Таблица 30 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Подготовительный этап	1	Выбор направления исследования	Научный руководитель, студент
	2	Составление и утверждение темы работы	
	3	Постановка цели и определение задач	Научный руководитель
	4	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, студент
Основной этап	5	Подбор литературы по тематике работы	Студент
	6	Сбор материалов и анализ методик расчета	
	7	Проведение теоретических расчетов и обоснований	

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Основной этап	8	Подведение промежуточных итогов ВКР	Научный руководитель, студент
	9	Написание теоретической части ВКР	
Заключительный этап	10	Работа над выводами по проекту	Студент
	11	Оформление расчетно-пояснительной записки ВКР	

5.1.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения трудоемкости выполняемых работ, необходимо определить ожидаемое (среднее) значение трудоемкости. Для расчета используется следующая формула:

$$t_{ож_i} = \frac{3t_{min_i} + 2t_{max_i}}{5}, \quad (69)$$

где $t_{ож_i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.; t_{min_i} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка), чел.-дн.; t_{max_i} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка), чел.-дн.

$$t_{ож_1} = \frac{3 \times 3 + 2 \times 4}{5} = 3,4 \text{ чел. -дн.}; t_{ож_2} = \frac{3 \times 1 + 2 \times 2}{5} = 1,4 \text{ чел. -дн.}$$

$$t_{ож_3} = \frac{3 \times 1 + 2 \times 2}{5} = 1,4 \text{ чел. -дн.}; t_{ож_4} = \frac{3 \times 2 + 2 \times 4}{5} = 2,8 \text{ чел. -дн.}$$

$$t_{ож_5} = \frac{3 \times 10 + 2 \times 14}{5} = 11,6 \text{ чел. -дн.}; t_{ож_6} = \frac{3 \times 12 + 2 \times 20}{5} = 15,2 \text{ чел. -дн.}$$

$$t_{ож_7} = \frac{3 \times 14 + 2 \times 20}{5} = 16,4 \text{ чел. -дн.}; t_{ож_8} = \frac{3 \times 3 + 2 \times 5}{5} = 3,8 \text{ чел. -дн.}$$

$$t_{ож_9} = \frac{3 \times 14 + 2 \times 20}{5} = 16,4 \text{ чел. -дн.}; t_{ож_{10}} = \frac{3 \times 2 + 2 \times 3}{5} = 2,4 \text{ чел. -дн.}$$

$$t_{ож_{11}} = \frac{3 \times 14 + 2 \times 24}{5} = 18 \text{ чел. -дн.}$$

Исходя из значения ожидаемой трудоемкости, для каждого этапа определяется его продолжительность, по формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож_i}}{Ч_i}, \quad (70)$$

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.

$$T_{p_1} = \frac{3,4}{2} = 2 \text{ раб. дн.}; T_{p_2} = \frac{1,4}{2} = 1 \text{ раб. дн.}$$

$$T_{p_3} = \frac{1,4}{1} = 1 \text{ раб. дн.}; T_{p_4} = \frac{2,8}{2} = 1 \text{ раб. дн.}$$

$$T_{p_5} = \frac{11,6}{1} = 12 \text{ раб. дн.}; T_{p_6} = \frac{15,2}{1} = 15 \text{ раб. дн.}$$

$$T_{p_7} = \frac{16,4}{1} = 16 \text{ раб. дн.}; T_{p_8} = \frac{3,8}{2} = 2 \text{ раб. дн.}$$

$$T_{p_9} = \frac{16,4}{1} = 16 \text{ раб. дн.}; T_{p_{10}} = \frac{2,4}{1} = 2 \text{ раб. дн.}$$

$$T_{p_{11}} = \frac{18}{1} = 18 \text{ раб. дн.}$$

5.1.3. Разработка графика проведения ВКР

Чтобы построить диаграмму Ганта, необходимо перевести продолжительность работ из рабочих дней в календарные дни:

$$T_{Ki} = T_{pi} \times k_{\text{кал}}, \quad (71)$$

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 рассчитывается по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (72)$$

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.

Коэффициент календарности для 2018-го года составляет:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 16} = 1,49$$

$$T_{K_1} = 2 \times 1,49 = 3 \text{ кал. дн.}; T_{K_2} = 1 \times 1,49 = 2 \text{ кал. дн.}$$

$$T_{K_3} = 1 \times 1,49 = 2 \text{ кал. дн.}; T_{K_4} = 1 \times 1,49 = 2 \text{ кал. дн.}$$

$$T_{K_5} = 12 \times 1,49 = 18 \text{ кал. дн.}; T_{K_6} = 15 \times 1,49 = 22 \text{ кал. дн.}$$

$$T_{K_7} = 16 \times 1,49 = 24 \text{ кал. дн.}; T_{K_8} = 2 \times 1,49 = 3 \text{ кал. дн.}$$

$$T_{K_9} = 16 \times 1,49 = 24 \text{ кал. дн.}; T_{K_{10}} = 2 \times 1,49 = 3 \text{ кал. дн.}$$

$$T_{K_{11}} = 18 \times 1,49 = 27 \text{ кал. дн.}$$

Полученные данные приведены в приложении 4.

5.2 Бюджет выпускной квалификационной работы

5.2.1. Расчет материальных затрат ВКР

Материальные затраты рассчитываются по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \times \sum_{i=1}^m C_i \times N_{\text{расх}_i}, \quad (73)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования; $N_{\text{расх}_i}$ – 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.

Материальные затраты, необходимые для выполнения работы, приведены в таблице 31.

Таблица 31 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы Z_M , руб.
Бумага для офисной техник	лист	500	0,5	248,25
Ручка шариковая	шт.	3	20,10	60,30
Карандаш черногографитный	шт.	2	19,14	38,28
Ластик	шт.	1	34,70	34,70
Точилка	шт.	1	49,00	49,00
Папка с зажимом	шт.	1	99,00	99,00
Картридж лазерный	шт.	1	659,00	659,00
Итого				1 188,53

5.2.2. Основная заработная плата исполнителей темы

Заработная плата работников, занятых выполнением ВКР, рассчитывается по формуле:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (74)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата; $З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12–20 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \times T_p, \quad (75)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника; T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 32); $З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Расчет среднедневная заработной платы осуществляется по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_M \times M}{F_d}, \quad (76)$$

где $З_M$ – месячный должностной оклад работника, руб.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 32).

Таблица 32 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
– выходные дни	104	104
– праздничные дни	16	16
Потери рабочего времени		
– отпуск	48	24
– невыходы по болезни	10	10
Действительный годовой фонд рабочего времени	187	211

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле:

$$Z_m = Z_{тс} \times (1 + k_{пр} + k_d) \times k_p, \quad (77)$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.; $k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{тс}$); k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2–0,5; k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Месячный должностной оклад научного руководителя:

$$Z_m = 21\,000 \times (1 + 0,3 + 0,3) \times 1,3 = 43\,680 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад студента:

$$Z_m = 1\,854 \times (1 + 0 + 0) \times 1,3 = 2\,410,2 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата научного руководителя:

$$Z_{дн} = \frac{43\,680 \times 10,4}{187} = 2429,3 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата студента:

$$Z_{дн} = \frac{2\,410,2 \times 11,2}{211} = 127,9 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата руководителя:

$$Z_{осн} = 2\,502,7 \times 12 = 30\,032,4 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата студента:

$$Z_{осн} = 127,9 \times 128 = 16\,371,2 \text{ руб.}$$

Таблица 33 – Расчет основной заработной платы научного руководителя и студента

Исполнители	$Z_{тс}$, руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб.
Научный руководитель	21 000	0,3	0,3	1,3	43 680	2429,3	12	29 151,6
Студент	1854	0	0	1,3	2410,20	127,9	128	16 371,2
Итого $Z_{осн}$								45 522,8

5.2.3. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы осуществляется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \times Z_{осн}, \quad (78)$$

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

Дополнительная заработная плата научного руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = 0,12 \times 29\,151,6 = 3\,498,2 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата студента:

$$Z_{\text{доп}} = 0,12 \times 16\,371,2 = 1\,964,5 \text{ руб.}$$

5.2.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \times (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (79)$$

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

$$Z_{\text{внеб}} = 0,271 \times (45\,522,8 + 5\,462,7) = 13\,817,1 \text{ руб.}$$

Таблица 34 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Научный руководитель	29 151,6	3 498,2
Студент	16 371,2	1 964,5
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	0,271
Итого		
Страховые взносы, руб	13 817,1	

5.2.5. Накладные расходы

Накладные расходы вычисляются по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей} \div 4) \times k_{\text{пр}}, \quad (80)$$

где $k_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы (16 %).

$$Z_{\text{накл}} = (65\,991,1 \div 4) \times 0,16 = 2\,639,6$$

5.2.6. Формирование бюджета затрат ВКР

Определение бюджета затрат на ВКР приведен в табл. 35.

Таблица 35 – Расчет бюджета затрат ВКР

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты ВКР	1 188,5	п. 5.2.1
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	45 522,8	п.5.2.2
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	5 462,7	п.5.2.3
4. Отчисления во внебюджетные фонды	13 817,1	п.5.2.4
5. Накладные расходы	2 639,6	п.5.2.5
6. Бюджет затрат ВКР	68 633,7	Сумма ст. 1–5

Таким образом, в разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был разработан план научно-исследовательской работы, состоящий из 11 этапов, с помощью которого была построена диаграмма Ганта. Кроме того был произведен расчет бюджета научно-технического исследования, который составил 68 633,7 руб.

6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Целью выпускной квалификационной работы по теме: «Оценка воздействия на атмосферный воздух деятельности компрессорной станции (КС)» является изучение воздействия КС «Вертикос» на атмосферный воздух.

Компрессорные станции это комплекс сооружений магистральных газопроводах (МГ), которые предназначены для достижения проектной или плановой производительности посредством повышения давления транспортируемого газа. Основные технологические операции, осуществляемые на КС: очистка газа от твердых и жидких примесей, компримирование газа, охлаждение газа [27].

6.1. Профессиональная социальная безопасность.

В процессе эксплуатации КС, могут возникать вредные и опасные факторы, приведенные в таблице 36.

Таблица 36 – Опасные и вредные факторы, возникающие при эксплуатации КС

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003–74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Компрессорный цех	1. Повышенный уровень шума. 2. Повышенный уровень вибрации. 3. Повышенная загазованность воздуха. 4. Отклонение показателей микроклимата. 5. Недостаточная освещенность рабочей зоны	1. Движущиеся механизмы. 2. Подвижные части производственного оборудования. 3. Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; 4. Повышенное значение напряжения в электрической сети.	1. Параметры шума устанавливаются СанПиН 2.2.4.3359–16 и СН 2.2.4/2.1.8.562–96 [28–30]. 2. Параметры вибрации устанавливаются СанПиН 2.2.4.3359–16, ГОСТ 12.1.012–90 ССБТ и СН 2.2.4/2.1.8.566–96 [28,31,32]. 3. Содержание вредных веществ устанавливается ГН 2.2.5.3532-18 и ГОСТ 12.1.005–88. ССБТ [33,34] 4. Параметры микроклимата устанавливаются СанПиН 2.2.4.3359–16 и СанПиН 2.2.4.548–96 [28,35].

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003–74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
			5. Параметры освещенности устанавливаются СП 52.13330.2016 [36]. 6. Требования безопасности оборудования устанавливаются ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ [37] 7. Параметры электробезопасности устанавливаются ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ и ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ [38,39].

6.1.1. Повышенный уровень шума

Источниками шума на КС служат в основном ГПА. Длительное воздействие шума негативно складывается на здоровье человека и может вызывать шумовую болезнь. Также шум вызывает головные боли, быструю утомляемость, раздражительность, частичную или полную потерю слуха, повышение артериального давления.

Допустимые нормы шума установлены СН 2.2.4/2.1.8.562–96, согласно ему эквивалентный уровень звука не должен превышать 80 дБА.

Мероприятия по снижению шума предусматривают различные конструкторские решения, для изготовления шумобезопасной техники; отделение шумных участков звукоизолирующими стенами, перегородками, экранами; звукопоглощающую облицовку помещений; применение звукоизолирующих кожухов. В качестве средств индивидуальной защиты применяют: конусные заглушки из мягкой резины, наушники, противошумовые каски и шлемы [41].

6.1.2. Повышенный уровень вибрации

Источников вибрации на КС могут быть электрические двигатели, металлорежущее оборудование. Вибрации могут приводить к нарушениям в

центрально нервной системе, нарушениям в сердечно-сосудистой системе, появлению головных болей, расстройству вестибулярного аппарата, головокружениям, снижению работоспособности. Длительное воздействие вибрации может привести к вибрационной болезни.

Допустимые нормы вибрации рабочих мест установлены СН 2.2.4/2.1.8.566–96.

Для уменьшения вибраций применяются различные технологические мероприятия: применение деталей из пластмасс; ременные передачи вместо цепных; тщательная балансировка вращающихся деталей; выбор оптимального рабочего режима; замена ударных процессов безударными; смазка трущихся поверхностей; устранение зазоров. В качестве средств индивидуальной защиты применяют: перчатки, рукавицы, спецобувь с виброзащитными элементами [41].

6.1.3. Повышенная загазованность воздуха

Загазованность воздуха на КС может возникать в процессе продувок технологического оборудования, из-за работы котельных, подогревателей газа.

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны приведены в ГН 2.2.5.3532-18.

Для уменьшения загазованности воздуха применяют следующие мероприятия: механизацию и автоматизацию производственных процессов; устройство герметичных кабин; герметизацию всех неплотностей; вентиляцию производственных помещений; контроль загазованности помещений.

В качестве средств индивидуальной защиты применяют различные маски, противогазы, респираторы [41].

6.1.4. Отклонение показателей микроклимата

Требования к микроклимату помещений устанавливаются СанПиН 2.2.4.548–96. Оптимальные микроклиматические нормы

характеризуются оптимальным сочетанием параметров микроклимата (температура, относительная влажность, скорость движения воздуха, температура поверхностей), обеспечивающих тепловой комфорт и высокую работоспособность человека [41].

6.1.5. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточная освещенность рабочего места может вызывать быструю утомляемость глаз, сниженную внимательность, болезни глаз, и может привести к несчастному случаю на производстве.

Нормы производственного освещения установлены в СП 52.13330.2016.

Освещение рабочего места должно отвечать условиям и характеру работ, быть равномерным по площади, и быть максимально приближено к солнечному освещению [41].

6.2. Экологическая безопасность.

В процессе эксплуатации объектов транспорта газа можно выделить два основных источника загрязнений – это линейная часть газопровода (магистральный газопровод, линейные краны, переходы через естественные и искусственные препятствия, средства защиты трубопроводов от коррозии и др.) и компрессорные станции.

Источниками загрязнения атмосферного воздуха на КС являются: технологическое оборудование компрессорного цеха, а также оборудование вспомогательных служб: автотранспортное хозяйство, котельные, сварочные посты, склады горюче-смазочных материалов и метанола, участки металлообработки и деревообработки, блоки очистки газа [42].

Всего в атмосферу выделяются следующие загрязняющие вещества: метан, смеси углеводородов предельных C_{12} – C_{19} , диоксид азота, оксид азота, оксид углерода, бенз(а)пирен, ангидрид сернистый, бензин нефтяной, сажа, керосин, формальдегид, оксид железа, марганец и его соединения, фтористый водород.

К основным видам физического воздействия КС на окружающую среду могут быть отнесены шум, вибрация и тепловое загрязнение. На КС основными источниками шума являются: ГПА, блоки редуцирования газа, системы вентиляции, системы технологического сброса газа, агрегаты воздушного охлаждения газа.

Источниками вибрации на КС являются ГПА, вибрации могут возникать из-за неуравновешенности ротора, смещения центра тяжести ротора, неисправности подшипников, неисправности системы смазки и т.д.

Тепловое загрязнение окружающей среды возникает из-за наличия на КС следующих источников: котельные, дизель-генераторы, двигатели внутреннего сгорания автотранспорта.

Воздействие КС на гидросферу связано с двумя направлениями воздействия: изъятие воды из окружающей среды для хозяйственно-бытового и производственного использования, а также водоотведение сточных вод после использования. В сточных водах КС могут содержаться органические и неорганические вещества. Основные загрязняющие вещества: соли, нефтепродукты, метанол, диэтиленгликоль, тяжелые металлы (ртуть, свинец, цинк, медь, кадмий), хозяйственно-бытовые отходы, синтетические поверхностно-активные вещества. Также возможно термическое загрязнение воды, при использовании на КС открытых систем водяного охлаждения.

Воздействие КС на литосферу можно разделить на 4 группы:

1) Загрязнение почвы нефтепродуктами (источники: очистка и осушка газа; очистка полости газопровода в ходе проведения профилактических и капитальных ремонтов; удаление продуктов очистки газа из пылеуловителей и фильтров-сепараторов; проливы топлива и масел во время заполнения резервуаров хранения нефтепродуктов; заправка автотранспортных средств; нарушение герметичности емкостей и маслопроводов).

2) Накопление в почве тяжелых металлов, таких как свинец, ртуть, цинк, марганца, никеля (источники: котельные; участки сварки и резки

металла; аккумуляторные отделения; автотранспортные средства; места складирования и хранения отходов).

3) Загрязнение почвы промышленными и бытовыми отходами (бытовой мусор, пищевые отходы, отработанные масла, шлам и газовый конденсат, отработанные люминесцентные лампы, металлолом, пластик, отходы ремонтных мастерских и др.).

4) Воздействие кислотных осадков (источники: процессы горения любых видов топлив).

Основными мероприятиями по уменьшению воздействия КС на атмосферный воздух являются планировочные, технологические и специальные. Планировочные мероприятия предусматривают: организацию санитарно-защитной зоны; размещение площадки КС, обуславливающее минимальную повторяемость попадания выбросов на селитебную зону; централизацию выбросов и др.

Технологические мероприятия включают: замену вредных веществ в производстве безвредными или менее вредными; очистку сырья от вредных примесей; создание более прогрессивных технологических схем. Специальные мероприятия направлены на улучшение условий рассеивания выбросов и заключаются в изменении геометрических параметров источника выброса.

Среди основных методов охраны водных объектов, можно отметить следующие:

– снижение объемов водопотребления (внедрение безводных и маловодных технологий, создание оборотного водоснабжения);

– уменьшение сброса загрязняющих веществ (правильная организация технологического процесса, изоляция загрязняемых производственных территорий);

– внедрение систем очистки сточных вод (механические, химические, физико-химические и биологические методы).

Среди мероприятий по охране почв можно выделить следующие направления:

- предупреждение загрязнения почв токсичными веществами и отходами (сбор, правильное размещение, обезвреживание отходов);
- очистка загрязненных земель;
- рекультивация почв.

Методы снижения шума и вибрации на КС можно разделить на 3 группы:

1) активное подавление шума в самом источнике (выбор оптимального зазора между лопатками ротора и статора, применение наклонных лопаток, неравномерное размещение лопаток и др.);

2) пассивные способы защиты от шума (установка глушителей, звукоизолирующие кожухи, шумоизолирующие экраны, звукоизолирующие кабины, виброизолированные фундаменты, амортизаторы под оборудованием и др.)

3) планировочные мероприятия (рациональная планировка территории КС, устройство защитных экранов, лесозащитных лесов и др.) [13].

6.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Аварии, происходящие на КС, помимо угрозы для человеческой жизни и экономических потерь, приводят к существенному экологическому ущербу.

компрессорной станции возможны следующие основные виды ЧС:

- взрыв взрывоопасной среды;
- пожар на компрессорной станции;
- утечка газа из технологического оборудования [43].

Для обеспечения безаварийной работы КС предусматривается:

– оборудование КС средствами контроля и автоматики, предохранительной арматурой.

- аварийное освещение помещений КС;

- аварийная остановка КС диспетчером;
- применение взрывобезопасного оборудования для взрывоопасных помещений;
- применение кабелей с медными жилами во взрывоопасных помещениях;
- защита КС от удара молний;
- периодические тренировки по эвакуации людей и материальных ценностей;
- регулярные проверки соблюдения инженерно-технических нормативов;
- подготовка технических средств пожаротушения;
- опознавательная окраска газопроводов, маслопроводов и другого оборудования [44].

6.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

6.4.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства.

Согласно Трудовому кодексу Российской Федерации для работников, чьи условия труда отнесены к вредным или опасным, предусмотрены следующие виды компенсаций:

- сокращенная продолжительность рабочего времени (ст. 92 ТК РФ);
- ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск (ст. 117 ТК РФ);
- повышение оплаты труда (ст. 147 ТК РФ).

Лица, отработавшие определенный срок на работах с вредными условиями труда и тяжелых работах, имеют право на досрочную пенсию (ФЗ от 17.12.2001 № 173–ФЗ).

В соответствии со ст.213 и 214 ТК РФ работники, занятые на работах с вредными и опасными условиями труда или связанные с движением транспорта, должны проходить медицинские осмотры за счет работодателя [41].

6.4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.

Эргономические требования к рабочему месту исследователя установлены по ГОСТ 12.2.032–78.

Конструкция рабочего места должна обеспечивать выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля. Зоны досягаемости моторного поля в горизонтальной плоскости составляет 725 мм, а в вертикальной – 1450 мм.

Высота рабочей поверхности должна составлять 630 мм, высота сиденья 400 мм. Пространство для ног должно составлять: ширина – не менее 500 мм; высота – не менее 600 мм; расстояние от сиденья до края рабочей поверхности – не менее 150 мм.

Очень часто используемые средства отображения информации должны размещаться в вертикальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от нормальной линии взгляда, а в горизонтальной под углом $\pm 15^\circ$ от сагиттальной плоскости.

Часто используемые средства отображения информации должны размещаться в вертикальной плоскости под углом $\pm 30^\circ$ от нормальной линии взгляда, а в горизонтальной под углом $\pm 30^\circ$ от сагиттальной плоскости.

Редко используемые средства отображения информации должны размещаться в вертикальной плоскости под углом $\pm 60^\circ$ от нормальной линии взгляда, а в горизонтальной под углом $\pm 60^\circ$ от сагиттальной плоскости [45].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная работа была посвящена оценке деятельности компрессорной станции «Вертикос» на атмосферный воздух. Были изучены основные технологические процессы, происходящие на компрессорных станциях.

Выявлено 24 источника загрязнения атмосферы, из них 21 организованный источник и 3 неорганизованных.

В процессе исследования изучены стандарты Газпрома в области защиты ОС, методики расчетов выбросов загрязняющих веществ при эксплуатации компрессорной станции. Рассчитаны массовые выбросы веществ от всех источников загрязнения.

Результаты расчетов показали, что суммарные выбросы ЗВ от КС «Вертикос» в атмосферный воздух составляют 94,105 т/год. Больше всего в атмосферу выбрасывается метана – 87,215 т/год, что примерно равно 92,7 % от общих выбросов. Выбросы оксида углерода составляют 4,618 т/год или 4,9 % от общих выбросов. Выбросы диоксида азота в атмосферу составляют 1,934 т/год или 2,1 % от суммарных выбросов в атмосферный воздух. Основными источниками загрязнения на КС «Вертикос» являются свечи ГПА и охранные краны. Они вносят наибольший вклад в суммарные выбросы ЗВ.

Рассчитаны приземные концентрации веществ, обусловленные выбросами из установок сжигания топлива – котельной, ДЭС и подогревателя газов во время максимального расхода топлива. Установлено, что максимальные концентрации всех загрязняющих веществ не превышают установленных для них ПДК_{МР} на границе санитарно-защитной зоны.

Таким образом, в ходе выполнения выпускной квалификационной работы были выполнены все поставленные задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семёнов, В. Т. Учебно-методическое пособие для профессиональной переподготовки, повышения квалификации и освоения смежной профессии рабочих по профессии «Трубопроводчик линейный» / В. Т. Семёнов. – Томск : ООО «Газпром Трансгаз Томск» Корпоративный институт, 2015. – 257 с.
2. Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух // ПроСфера URL: <https://pro-sfera.ru/perechen-i-kody-veshhestv-zagryaznyayushhix-atmosfernyj-vozdux> (дата обращения: 24.05.2018).
3. Магистральный газопровод // Информаторий «Газпрома» URL: <http://www.gazprominfo.ru/terms/gas-main/> (дата обращения: 16.05.2018).
4. Антонова, Е. О. Основы нефтегазового дела: Учеб. для вузов / Е. О. Антонова. и др. – М. : ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003. – 307 с.
5. Коршак, А. А. Компрессорные станции магистральных газопроводов: учебное пособие / А. А. Коршак. – Ростов н/Д : Феникс, 2016. – 157 с.
6. Шаммазов, А. М. Проектирование и эксплуатация насосных и компрессорных станций: Учебник для вузов / А. М. Шаммазов, В. Н. Александров, А. И. Гольянов. – М. : ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003. – 404 с.
7. Земенкова, Ю. Д. Эксплуатация магистральных газопроводов: Учебное пособие / Ю. Д. Земенкова. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2002. – 525 с.
8. Экологический отчет ПАО «Газпром» за 2016 год // Газпром URL: <http://www.gazprom.ru/f/posts/13/830510/gazprom-ecology-report-2016-ru.pdf> (дата обращения: 16.05.2018).
9. Локштанова, А. С. Воздействие на атмосферный воздух газодобывающей и газотранспортирующей промышленности / А. С. Локштанова, Р. Л. Пялина. // Сборник трудов III Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых

учёных «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность». – 2013. – 2. – С. 183-186.

10. Глобальные выбросы метана и возможности их снижения // Global Methane Initiative URL: https://www.globalmethane.org/documents/methane_analysis_fs_rus.pdf (дата обращения: 16.05.2018).

11. Ассад, М. С. Продукты сгорания жидких и газообразных топлив: образование, расчет, эксперимент / М. С. Ассад, О. Г. Пенязьков. – Минск : Беларус. наука, 2010. – 305 с.

12. Сажа влияет на изменения климата // Наука и технологии России URL: http://www.strf.ru/material.aspx?CatalogId=222&d_no=51533#.Wx98BNUzbIX (дата обращения: 16.05.2018).

13. Островская, А. В. Экологическая безопасность газокomppressorных станций. В 2 ч. Ч. 2. Воздействие системы транспорта газа на окружающую среду: учебное пособие / А. В. Островская. – Екатеринбург : Урал. ун-та, 2017. – 151 с.

14. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов; введ. 2008 - 03 - 01. — М: Российская газета, 2008.

15. РД 52.04.52-85. Методические указания. Регулирование выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях; введ. 1986 - 12 - 01. — СПб.: Гидрометеиздат, 1987.

16. Экология: нефть и газ / Гриценко А.И., Максимов В.М., Самсонов Р.О., Аكوпова Г.С. - М.: ИКЦ "Академкнига", 2009. - 680 с.

17. СТО Газпром 2-1.19-058-2006. Инструкция по расчету и нормированию выбросов ГРС (АГРС, ГРП), ГИС; введ. 2006 - 06 - 23. — Челябинск: Центр безопасности труда, 2007.

18. Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30

тонн пара в час или менее 20 Гкал в час; введ. 2000 - 01 - 01. — М: Фирма Интеграл, 1999. — 54 с.

19. Письмо 335/33-07. О проведении расчетов выбросов вредных веществ в атмосферу по "Методике определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час или менее 20 гкал в час"; введ. 2000 - 05 - 17. — СПб: Фирма Интеграл, 2000.

20. Методика расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных дизельных установок; введ. 2001 - 02 - 14. — СПб: Фирма Интеграл, 2001.

21. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для авторемонтных предприятий (расчетным методом); введ. 1998 - 10 - 28. — М.: Минтранс России, 1998.

22. Дополнения и изменения к Методике проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий (расчетным методом); введ. 1999 - 01 - 01. — М.: Минтранс России, 1999.

23. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для баз дорожной техники (расчетным методом) (с Дополнениями и Изменениями); введ. 1998 - 10 - 28. — М: Минтранс России, 1998.

24. ГОСТ Р 56164-2014. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета выбросов при сварочных работах на основе удельных показателей; введ. 2015 - 07 - 01. — М: Стандартинформ, 2015.

25. РД 39.142-00. Методика расчета выбросов вредных веществ в окружающую среду от неорганизованных источников нефтегазового оборудования; введ. 2001 - 05 - 01. — М: ОАО "НИПИгазпереработка", 2001.

26. Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе; введ. 2017 - 06 - 06. — Официальный интернет-портал правовой информации, 2017.

27. СТО Газпром 2-3.5-454-2010. Правила эксплуатации магистральных газопроводов; введ. 2010 - 05 - 24. — М: ОАО "Газпром", 2010.
28. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах; введ. 2016 - 06 - 21. — Официальный интернет-портал правовой информации, 2016.
29. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки; введ. 1996 - 10 - 31. — М: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997.
30. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (с Изменением N 1); введ. 1983 - 06 - 06. — М: ИПК Издательство стандартов, 2002.
31. СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы; введ. 1996 - 10 - 31. — М: Информационно-издательский центр, 1997.
32. ГОСТ 12.1.012-2004. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования; введ. 2008 - 06 - 01. — М: Стандартинформ, 2010.
33. ГН 2.2.5.3532-18 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны"; введ. 2018 - 03 - 13. — Официальный интернет-портал правовой информации, 2018.
34. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1); введ. 1988 - 01 - 01. — М: Стандартинформ, 2008.
35. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений; введ. 1996 - 10 - 01. — М: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997.
36. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*; введ. 2017 - 05 - 08. — М: Стандартинформ, 2017.

37. ГОСТ 12.2.003-91. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности; введ. 1992 - 01 - 01. — М: ИПК Издательство стандартов, 2001.

38. ГОСТ 12.1.030-81. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением N 1); введ. 1982 - 07 - 01. — М: ИПК Издательство стандартов, 2001 г.

39. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1); введ. 1983 - 07 - 01. — М: ИПК Издательство стандартов, 2001 г.

40. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы; введ. 2003 – 06 – 30. — М: Российская газета, 2003.

41. Белов, Сергей Викторович. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) [Электронный ресурс] : учебник для бакалавров / С. В. Белов. — 4-е изд. — Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740МВ). — Москва: Юрайт, 2013. — 1 Мультимедиа CD-ROM. — Бакалавр. Базовый курс. — Бакалавр. Углубленный курс. — Электронные учебники издательства Юрайт. — Электронная копия печатного издания. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Pentium 100 MHz, 16 Mb RAM, Windows 95/98/NT/2000, CDROM, SVGA, звуковая карта, Internet Explorer 5.0 и выше. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2013/FN/fn-2440.pdf>

42. Острогжская компрессорная станция // KM.RU URL: <http://www.km.ru/referats/68F24DE64E0A4B9A8C30041B9CD6E18E> (дата обращения: 10.05.2018).

43. Газопровод, как основной источник аварий, происходящих на компрессорных станциях // Единый стандарт URL: <https://1cert.ru/stati/gazoprovod-kak-osnovnoy-istochnik-avariy->

proiskhodyashchikh-na-kompressornykh-stantsiyakh (дата обращения: 16.05.2018).

44. Обеспечение безопасности прогнозирование и разработка мероприятий по предупреждению и ликвидации // Мир знаний URL: <http://mirznanii.com/a/299183/obespechenie-bezopasnosti-prognozirovanie-i-razrabotka-meropriyatiy-po-preduprezhdeniyu-i-likvidatsii> (дата обращения: 16.05.2018).

45. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования; введ. 1979 - 01 - 01. — М: ИПК Издательство стандартов, 2001.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 – УДЕЛЬНЫЕ ВЫДЕЛЕНИЯ ЗВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Таблица 1.1 – Значения удельных выбросов ЗВ для КС-4362

Период	СО		СН		NO ₂		С		SO ₂	
	Теплый	Холодный	Теплый	Холодный	Теплый	Холодный	Теплый	Холодный	Теплый	Холодный
M _{ГР} , г/мин	3	5,3	0,4	0,7	1	1	0,04	0,08	0,113	0,122
M _Л , г/мин	6,1	7,4	1	1,2	4	4	0,3	0,4	0,54	0,67
M _{ХХ} , г/мин	2,9		0,45		1		0,04		0,1	

Таблица 1.2 – Значения удельных выбросов ЗВ для УРАЛ-375

Период	СО		СН		NO ₂		SO ₂	
	Теплый	Холодный	Теплый	Холодный	Теплый	Холодный	Теплый	Холодный
M _{ГР} , г/мин	15	18,3	1,5	2,5	0,2	0,2	0,02	0,022
M _Л , г/мин	29,7	37,3	5,5	6,9	0,8	0,8	0,15	0,19
M _{ХХ} , г/мин	10,2		1,7		0,2		0,02	

Таблица 1.3 – Значения удельных выбросов ЗВ для КРАЗ-6443

Период	СО		СН		NO ₂		С		SO ₂	
	Теплый	Холодный	Теплый	Холодный	Теплый	Холодный	Теплый	Холодный	Теплый	Холодный
M _{ГР} , г/мин	3	5,3	0,4	0,7	1	1	0,04	0,08	0,113	0,122
M _{ГР} , г/мин	7,5	9,3	1,1	1,3	4,5	4,5	0,4	0,5	0,78	0,97
M _{ХХ} , г/мин	2,9		0,45		1		0,04		0,1	

Таблица 1.4 – Значения удельных выбросов ЗВ для ДМ ЭО-4224

Период	СО		СН		NO ₂		SO ₂		С	
	Теплый	Холодный	Теплый	Холодный	Теплый	Холодный	Теплый	Холодный	Теплый	Холодный
M _П , г/мин	25		2,1		1,7		0,042		-	
M _{ГР} , г/мин	2,4	4,8	0,3	0,78	0,48	0,72	0,097	0,12	0,06	0,36
M _{ДВ} , г/мин	1,29	1,57	0,43	0,51	2,47	2,47	0,19	0,23	0,27	0,41
M _{ХХ} , г/мин	2,4		0,3		0,48		0,0097		0,06	

Таблица 1.5 – Значения удельных выбросов ЗВ для Трактор Т-170

Период	СО		СН		NO ₂		SO ₂		С	
	Теплый	Холодный	Теплый	Холодный	Теплый	Холодный	Теплый	Холодный	Теплый	Холодный
M _П , г/мин	35		2,9		3,4		0,058		-	
M _{ГР} , г/мин	3,9	7,8	0,49	1,27	0,78	1,17	0,16	0,2	0,1	0,6
M _{ДВ} , г/мин	2,09	2,55	0,71	0,85	4,01	4,01	0,31	0,38	0,45	0,67
M _{ХХ} , г/мин	3,91		0,49		0,78		0,16		0,1	

Таблица 1.6 – Значения удельных выбросов ЗВ для Трактор МТЗ-82

Период	СО		СН		NO ₂		SO ₂		С	
	Теплый	Холодный	Теплый	Холодный	Теплый	Холодный	Теплый	Холодный	Теплый	Холодный
M _П , г/мин	23,3		5,8		1,2		0,029		-	
M _{ГР} , г/мин	1,4	2,8	0,18	0,47	0,29	0,44	0,058	0,072	0,04	0,24
M _{ДВ} , г/мин	0,77	0,94	0,26	0,31	1,49	1,49	0,12	0,15	0,17	0,25
M _{ХХ} , г/мин	1,44		0,18		0,29		0,058		0,04	

В переходный период значения выбросов СО, СН, С, SO₂ должны умножаться на коэффициент 0,9 от значений для холодного периода. Выбросы NO₂ равны выбросам в холодный период.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 – РАСЧЕТЫ ПРИЗЕМНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЗВ

Котельная.

Исходные данные:

$M_{CO} = 0,309$ г/с; $M_{NO} = 0,021$ г/с; $M_{NO_2} = 0,131$ г/с; $M_6 = 1,413 \times 10^{-8}$ г/с;
 $H = 22$ м; $\eta = 1$; $\omega_0 = 15,2$ м/с; $D = 0,41$ м; $F = 1$; $ПДК_{MP}^{CO} = 5$ мг/м³; $ПДК_{MP}^{NO} = 0,4$
мг/м³; $ПДК_{MP}^C = 0,15$ мг/м³; $ПДК_{MP}^{NO_2} = 0,2$ мг/м³; $ПДК_{MP}^B = 0,000001$ мг/м³;
 $ПДК_{MP}^{CH_2O} = 0,3$ мг/м³; $ПДК_{MP}^{SO_2} = 0,5$ мг/м³; $ПДК_{MP}^{SO_2} = 0,5$ мг/м³; $ПДК_{MP}^{CH} =$
 $1,2$ мг/м³.

Расчет:

$$V_1 = 0,785 \times 0,41^2 \times 15,2 = 2,006 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\Delta T = T_r - T_b = 160 - 18 = 142 \text{ }^\circ\text{C}$$

Коэффициенты m и n определяются в зависимости от параметров f ; v_m :

$$f = 1000 \times \frac{15,2^2 \times 0,41}{22^2 \times 142} = 1,37828$$

$$v_m = 0,65 \times \sqrt[3]{\frac{2,006 \times 142}{22}} = 1,52632$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \times \sqrt{1,37828} + 0,34 \times \sqrt[3]{1,37828}} = 0,8578$$

$$n = 0,532 \times 1,52632^2 - 2,13 \times 1,52632 + 3,13 = 1,12$$

Максимальные значения приземной концентрации веществ

$$C_M^{CO} = \frac{200 \times 0,309 \times 1,12 \times 0,8578 \times 1}{22^2 \times \sqrt[3]{2,006 \times 142}} \\ = 0,018644 \text{ мг/м}^3 (0,0037 \times ПДК_{MP})$$

$$C_M^{NO} = \frac{200 \times 0,021 \times 1,12 \times 0,8578 \times 1}{22^2 \times \sqrt[3]{2,006 \times 142}} \\ = 0,001267 \text{ мг/м}^3 (0,0032 \times ПДК_{MP})$$

$$C_M^{NO_2} = \frac{200 \times 0,131 \times 1,12 \times 0,8578 \times 1}{22^2 \times \sqrt[3]{2,006 \times 142}}$$

$$= 0,007904 \text{ мг/м}^3 (0,040 \times \text{ПДК}_{\text{МР}})$$

$$C_M^B = \frac{200 \times 1,413 \times 10^{-8} \times 1,12 \times 0,8578 \times 1}{22^2 \times \sqrt[3]{2,006 \times 142}}$$

$$= 8,526 \times 10^{-10} \text{ мг/м}^3 (0,0009 \times \text{ПДК}_{\text{МР}})$$

$$d = 4,95 \times 1,52632 \times (1 + 0,28 \times \sqrt[3]{1,37828}) = 9,9095$$

$$x_M = \frac{5 - 1}{4} \times 9,9095 \times 22 = 218,009 \text{ м}$$

Рассчитаем значение приземных концентраций в заданных точках.

$$X_1 = 320 \text{ м}$$

$$\frac{x}{x_M} = \frac{320}{218,009} = 1,468 > 1$$

$$S_1 = \frac{1,13}{0,13 \times 1,468^2 + 1} = 0,8827$$

$$C_{CO} = 0,8827 \times 0,016646 = 0,014693 \text{ мг/м}^3$$

$$C_{NO} = 0,8827 \times 0,009956 = 0,008788 \text{ мг/м}^3$$

$$C_{NO_2} = 0,8827 \times 0,007057 = 0,006229 \text{ мг/м}^3$$

$$C_B = 0,8827 \times 7,612 \times 10^{-10} = 6,7191 \times 10^{-10} \text{ мг/м}^3$$

$$X_2 = 360 \text{ м}$$

$$\frac{x}{x_M} = \frac{360}{218,009} = 1,651 > 1$$

$$S_1 = \frac{1,13}{0,13 \times 1,165^2 + 1} = 0,9605$$

$$C_{CO} = 0,9605 \times 0,016646 = 0,015989 \text{ мг/м}^3$$

$$C_{NO} = 0,9605 \times 0,009956 = 0,009563 \text{ мг/м}^3$$

$$C_{NO_2} = 0,9605 \times 0,007057 = 0,006778 \text{ мг/м}^3$$

$$C_B = 0,9605 \times 7,612 \times 10^{-10} = 7,311 \times 10^{-10} \text{ мг/м}^3$$

Подогреватель газа АГРС.

Исходные данные:

$$M_{CO} = 0,002598 \text{ г/с}; M_{NO} = 0,000133 \text{ г/с}; M_{NO_2} = 0,000818 \text{ г/с}; M_6 = 1,1103 \times 10^{-12} \text{ г/с}; H = 3 \text{ м}; \eta = 1; \omega_0 = 2,5 \text{ м/с}; D = 0,1 \text{ м}; F = 1$$

Расчет:

$$V_1 = 0,785 \times 0,1^2 \times 2,5 = 0,0196 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\Delta T = T_r - T_b = 120 - 18 = 102 \text{ }^\circ\text{C}$$

Коэффициенты m и n определяются в зависимости от параметров f , v_M :

$$f = 1000 \times \frac{2,5^2 \times 0,1}{3^2 \times 102} = 0,680828$$

$$v_M = 0,65 \times \sqrt[3]{\frac{0,0196 \times 102}{3}} = 0,5678$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \times \sqrt{0,680828} + 0,34 \times \sqrt[3]{0,680828}} = 0,9509$$

$$n = 0,532 \times 0,5678^2 - 2,13 \times 0,5678 + 3,13 = 2,092$$

Максимальные значения приземной концентрации веществ

$$C_M^{CO} = \frac{200 \times 0,002598 \times 1 \times 0,9509 \times 1 \times 2,092}{3^2 \times \sqrt[3]{0,0196 \times 102}} = 0,091167 \text{ мг/м}^3 (0,0182 \times \text{ПДК}_{\text{МР}})$$

$$C_M^{NO} = \frac{200 \times 0,000133 \times 1 \times 0,9509 \times 1 \times 2,092}{3^2 \times \sqrt[3]{0,0196 \times 102}} = 0,004667 \text{ мг/м}^3 (0,0117 \times \text{ПДК}_{\text{МР}})$$

$$C_M^{NO_2} = \frac{200 \times 0,000818 \times 1 \times 0,9509 \times 1 \times 2,092}{3^2 \times \sqrt[3]{0,0196 \times 102}} = 0,028705 \text{ мг/м}^3 (0,1435 \times \text{ПДК}_{\text{МР}})$$

$$C_M^B = \frac{200 \times 1,1103 \times 10^{-12} \times 1 \times 0,9509 \times 1 \times 2,092}{3^2 \times \sqrt[3]{0,0196 \times 102}} = 3,896 \times 10^{-11} \text{ мг/м}^3 (0,00004 \times \text{ПДК}_{\text{МР}})$$

$$d = 4,95 \times 0,5678 \times (1 + 0,28 \times \sqrt[3]{0,680828}) = 3,5029$$

$$x_M = \frac{5 - 1}{4} \times 3,5029 \times 3 = 10,5087 \text{ м}$$

Рассчитаем значение приземных концентраций в заданных точках.

$$X_1 = 450 \text{ м}$$

$$\frac{x}{x_M} = \frac{450}{10,5087} = 42,822 > 8$$

$$S_1 = \frac{42,822}{3,58 \times 42,822^2 - 35,2 \times 42,822 + 120} = 0,0082$$

$$C_{CO} = 0,0082 \times 0,091167 = 0,000748 \text{ мг/м}^3$$

$$C_{NO} = 0,0082 \times 0,004667 = 0,000038 \text{ мг/м}^3$$

$$C_{NO_2} = 0,0082 \times 0,028705 = 0,000235 \text{ мг/м}^3$$

$$C_B = 0,0082 \times 3,896 \times 10^{-11} = 3,195 \times 10^{-13} \text{ мг/м}^3$$

$$X_2 = 350 \text{ м}$$

$$\frac{x}{x_M} = \frac{350}{10,5087} = 33,306 > 8$$

$$S_1 = \frac{33,306}{3,58 \times 33,306^2 - 35,2 \times 33,306 + 120} = 0,01141$$

$$C_{CO} = 0,01141 \times 0,091167 = 0,0010 \text{ мг/м}^3$$

$$C_{NO} = 0,01141 \times 0,004667 = 0,000051 \text{ мг/м}^3$$

$$C_{NO_2} = 0,01141 \times 0,028705 = 0,000316 \text{ мг/м}^3$$

$$C_B = 0,01141 \times 3,896 \times 10^{-11} = 4,445 \times 10^{-13} \text{ мг/м}^3$$

Дизель-генератор ДЭС-100.

Исходные данные:

$$M_{CO} = 0,043056 \text{ г/с}; M_{NO} = 0,008667 \text{ г/с}; M_{NO_2} = 0,053334 \text{ г/с}; M_{CH} = 0,020139 \text{ г/с}; M_{SO_2} = 0,008333 \text{ г/с}; M_C = 0,003472 \text{ г/с}; M_{CH_2O} = 0,000833 \text{ г/с}; M_B = 8,3 \times 10^{-8} \text{ г/с}; H = 4 \text{ м}; \eta = 1; \omega_0 = 3,2 \text{ м/с}; D = 0,2 \text{ м}; F = 1$$

Расчет:

$$V_1 = 0,785 \times 0,2^2 \times 3,2 = 0,10048 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\Delta T = T_r - T_B = 450 - 18 = 432 \text{ }^\circ\text{C}$$

Коэффициенты m и n определяются в зависимости от параметров f ; v_M :

$$f = 1000 \times \frac{3,2^2 \times 0,2}{4^2 \times 432} = 0,296296$$

$$v_M = 0,65 \times \sqrt[3]{\frac{0,10048 \times 432}{4}} = 1,439$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \times \sqrt{0,296296} + 0,34 \times \sqrt[3]{0,296296}} = 1,051$$

$$n = 0,532 \times 1,439^2 - 2,13 \times 1,439 + 3,13 = 1,167$$

Максимальные значения приземной концентрации веществ

$$C_M^{CO} = \frac{200 \times 0,043056 \times 1 \times 1,051 \times 1 \times 1,167}{4^2 \times \sqrt[3]{0,10048 \times 432}} = 0,187829 \text{ мг/м}^3 (0,0376 \times \text{ПДК}_{\text{МР}})$$

$$C_M^{NO} = \frac{200 \times 0,008667 \times 1 \times 1,051 \times 1 \times 1,167}{4^2 \times \sqrt[3]{0,10048 \times 432}} = 0,037809 \text{ мг/м}^3 (0,0945 \times \text{ПДК}_{\text{МР}})$$

$$C_M^{NO_2} = \frac{200 \times 0,053334 \times 1 \times 1,051 \times 1 \times 1,167}{4^2 \times \sqrt[3]{0,10048 \times 432}} = 0,232666 \text{ мг/м}^3 (1,1633 \times \text{ПДК}_{\text{МР}})$$

$$C_M^{CH} = \frac{200 \times 0,020139 \times 1 \times 1,051 \times 1 \times 1,167}{4^2 \times \sqrt[3]{0,10048 \times 432}} = 0,087855 \text{ мг/м}^3 (0,0732 \times \text{ПДК}_{\text{МР}})$$

$$C_M^{SO_2} = \frac{200 \times 0,008333 \times 1 \times 1,051 \times 1 \times 1,167}{4^2 \times \sqrt[3]{0,10048 \times 432}} = 0,036352 \text{ мг/м}^3 (0,0727 \times \text{ПДК}_{\text{МР}})$$

$$C_M^C = \frac{200 \times 0,003472 \times 1 \times 1,051 \times 1 \times 1,167}{4^2 \times \sqrt[3]{0,10048 \times 432}} = 0,015146 \text{ мг/м}^3 (0,1010 \times \text{ПДК}_{\text{МР}})$$

$$C_M^{CH_2O} = \frac{200 \times 0,000833 \times 1 \times 1,051 \times 1 \times 1,167}{4^2 \times \sqrt[3]{0,10048 \times 432}} = 0,003634 \text{ мг/м}^3 (0,0121 \times \text{ПДК}_{\text{МР}})$$

$$C_M^B = \frac{200 \times 8,3 \times 10^{-8} \times 1 \times 1,051 \times 1 \times 1,167}{4^2 \times \sqrt[3]{0,10048 \times 432}} = 3,621 \times 10^{-7} \text{ мг/м}^3 (0,3621 \times \text{ПДК}_{\text{МР}})$$

$$d = 4,95 \times 1,439 \times (1 + 0,28 \times \sqrt[3]{0,296296}) = 8,4527$$

$$x_M = \frac{5 - 1}{4} \times 8,4527 \times 4 = 33,8108 \text{ м}$$

Рассчитаем значение приземных концентраций в заданных точках.

$$X_1 = 380 \text{ м}$$

$$\frac{x}{x_M} = \frac{380}{33,8108} = 11,239 > 8$$

$$S_1 = \frac{11,239}{3,58 \times 11,239^2 - 35,2 \times 11,239 + 120} = 0,0636$$

$$C_{CO} = 0,0636 \times 0,187829 = 0,011946 \text{ мг/м}^3$$

$$C_{NO} = 0,0636 \times 0,037809 = 0,002405 \text{ мг/м}^3$$

$$C_{NO_2} = 0,0636 \times 0,232666 = 0,014798 \text{ мг/м}^3$$

$$C_{CH} = 0,0636 \times 0,087855 = 0,005588 \text{ мг/м}^3$$

$$C_{SO_2} = 0,0636 \times 0,036352 = 0,002312 \text{ мг/м}^3$$

$$C_C = 0,0636 \times 0,015146 = 0,000963 \text{ мг/м}^3$$

$$C_{CH_2O} = 0,0636 \times 0,003634 = 0,000231 \text{ мг/м}^3$$

$$C_B = 0,0636 \times 3,621 \times 10^{-7} = 2,303 \times 10^{-8} \text{ мг/м}^3$$

$$X_2 = 600 \text{ м}$$

$$\frac{x}{x_M} = \frac{600}{33,8108} = 17,7458 > 8$$

$$S_1 = \frac{17,7458}{3,58 \times 17,7458^2 - 35,2 \times 17,7458 + 120} = 0,0285$$

$$C_{CO} = 0,0285 \times 0,187829 = 0,005353 \text{ мг/м}^3$$

$$C_{NO} = 0,0285 \times 0,037809 = 0,001078 \text{ мг/м}^3$$

$$C_{NO_2} = 0,0285 \times 0,232666 = 0,006631 \text{ мг/м}^3$$

$$C_{CH} = 0,0285 \times 0,087855 = 0,002504 \text{ мг/м}^3$$

$$C_{SO_2} = 0,0285 \times 0,036352 = 0,001036 \text{ мг/м}^3$$

$$C_C = 0,0285 \times 0,015146 = 0,000432 \text{ мг/м}^3$$

$$C_{CH_2O} = 0,0285 \times 0,003634 = 0,000104 \text{ мг/м}^3$$

$$C_B = 0,0285 \times 3,621 \times 10^{-7} = 1,032 \times 10^{-8} \text{ мг/м}^3$$

Для нахождения максимальной концентрации веществ в воздухе, необходимо просуммировать концентрации от разных источников в контрольных точках.

1. Первая точка.

$$C_{CO} = 0,014693 + 0,000748 + 0,011946 \\ = 0,027387 \text{ мг/м}^3 (0,0055 \times \text{ПДК}_{\text{МР}})$$

$$C_{NO} = 0,008788 + 0,000038 + 0,002405 \\ = 0,011231 \text{ мг/м}^3 (0,0281 \times \text{ПДК}_{\text{МР}})$$

$$C_{NO_2} = 0,006229 + 0,000235 + 0,014798 \\ = 0,021253 \text{ мг/м}^3 (0,1063 \times \text{ПДК}_{\text{МР}})$$

$$C_B = 6,7191 \times 10^{-10} + 3,195 \times 10^{-13} + 2,303 \times 10^{-8} \\ = 2,370 \times 10^{-8} \text{ мг/м}^3 (0,0237 \times \text{ПДК}_{\text{МР}})$$

$$C_{CH} = 0,005588 \text{ мг/м}^3 (0,0047 \times \text{ПДК}_{\text{МР}})$$

$$C_{SO_2} = 0,002312 \text{ мг/м}^3 (0,0046 \times \text{ПДК}_{\text{МР}})$$

$$C_C = 0,000963 \text{ мг/м}^3 (0,001 \times \text{ПДК}_{\text{МР}})$$

$$C_{CH_2O} = 0,000231 \text{ мг/м}^3 (0,0008 \times \text{ПДК}_{\text{МР}})$$

2. Вторая точка.

$$C_{CO} = 0,015989 + 0,0010 + 0,005353 = 0,022342 \text{ мг/м}^3 (0,0045 \times \text{ПДК}_{\text{МР}})$$

$$C_{NO} = 0,009563 + 0,000051 + 0,001078 \\ = 0,010692 \text{ мг/м}^3 (0,0267 \times \text{ПДК}_{\text{МР}})$$

$$C_{NO_2} = 0,006778 + 0,000316 + 0,006631 \\ = 0,013725 \text{ мг/м}^3 (0,0686 \times \text{ПДК}_{\text{МР}})$$

$$C_B = 7,311 \times 10^{-10} + 4,445 \times 10^{-13} + 1,032 \times 10^{-8} \\ = 1,105 \times 10^{-8} \text{ мг/м}^3 (0,0111 \times \text{ПДК}_{\text{МР}})$$

$$C_{CH} = 0,002504 \text{ мг/м}^3 (0,0021 \times \text{ПДК}_{\text{МР}})$$

$$C_{SO_2} = 0,001036 \text{ мг/м}^3 (0,0021 \times \text{ПДК}_{\text{МР}})$$

$$C_C = 0,000432 \text{ мг/м}^3 (0,0029 \times \text{ПДК}_{\text{МР}})$$

$$C_{CH_2O} = 0,000104 \text{ мг/м}^3 (0,0003 \times \text{ПДК}_{\text{МР}})$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 – БЛАНК ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ИСТОЧНИКОВ ВЫБРОСОВ

Таблица 3.1 – Источники выделения загрязняющих веществ

Наименование производства, цеха, участка	Номер источника загрязнения атмосферы	Номер источника выделения	Наименование источника выделения загрязняющих веществ	Наименование выпускаемой продукции	Время работы источника выделения, часов		Наименование загрязняющего вещества	Код ЗВ	Количество ЗВ, отходящего от источника выделения, т/год
					В сутки	За год			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Компрессорный цех	0001	01	Свеча пылеуловителя		0,01	2	Углеводороды $C_1 - C_5$ (по метану)	0410	1,669596
Компрессорный цех	0002	02	Свеча ГПА-1		0,07	1,4	Углеводороды $C_1 - C_5$ (по метану)	0410	10,629006
Компрессорный цех	0003	03	Свеча ГПА-2		0,07	1,4	Углеводороды $C_1 - C_5$ (по метану)	0410	10,629006
Компрессорный цех	0004	04	Свеча ГПА-3		0,07	1,4	Углеводороды $C_1 - C_5$ (по метану)	0410	10,629006
Компрессорный цех	0005	05	Свеча ГПА-4		0,07	1,4	Углеводороды $C_1 - C_5$ (по метану)	0410	10,629006
Компрессорный цех	0006	06	Свеча ГПА-5		0,07	1,4	Углеводороды $C_1 - C_5$ (по метану)	0410	10,629006
Компрессорный цех	0007	07	Свеча ГПА-6		0,07	1,4	Углеводороды $C_1 - C_5$ (по метану)	0410	10,629006
Компрессорный цех	0008	08	Свеча УУК-1		0,04	0,8	Углеводороды $C_1 - C_5$ (по метану)	0410	0,402089
Компрессорный цех	0009	09	Свеча УУК-2		0,04	0,8	Углеводороды $C_1 - C_5$ (по метану)	0410	0,402089
Компрессорный цех	0010	10	Свеча УУК-3		0,04	0,8	Углеводороды $C_1 - C_5$ (по метану)	0410	0,402089

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Компрессорный цех	0011	11	Свеча УУК-4		0,04	0,8	Углеводороды $C_1 - C_5$ (по метану)	0410	0,402089
Компрессорный цех	0012	12	Свеча УУК-5		0,04	0,8	Углеводороды $C_1 - C_5$ (по метану)	0410	0,402089
Компрессорный цех	0013	13	Свеча УУК-6		0,04	0,8	Углеводороды $C_1 - C_5$ (по метану)	0410	0,402089
Компрессорный цех	0014	14	Свеча УУК-6а		0,04	0,8	Углеводороды $C_1 - C_5$ (по метану)	0410	0,402089
Котельная	0015	15	Котельная		24	6480	Оксид углерода Диоксид азота Оксид азота Бенз(а)пирен	0337 0301 0304 0703	4,454 1,885 0,306 $7,3 \times 10^{-7}$
АГРС	0016	16	Емкость хранения одоранта		1	1	Одорант СПМ	1716	10^{-9}
АГРС	0017	17	Подогреватель газа		24	6480	Оксид углерода Диоксид азота Оксид азота Бенз(а)пирен	0337 0301 0304 0703	0,059392 0,018683 0,003036 $9,3 \times 10^{-11}$
ДЭС КС	0018	18	Дизель-генератор ДЭС-100		0,2	6	Оксид углерода Диоксид азота Оксид азота Керосин Сажа Диоксид серы Формальдегид Бенз(а)пирен	0337 0301 0304 2732 0328 0330 1325 0703	0,013 0,016 0,0026 0,006 0,001 0,0025 0,00025 $2,8 \times 10^{-8}$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
АГРС	0019	19	Пылеуловитель АГРС		0,003	0,14	Углеводороды $C_1 - C_5$ (по метану)	0410	0,1718
КС	0020	20	Охранный кран		0,08	0,08	Углеводороды $C_1 - C_5$ (по метану)	0410	9,390878
КС	0021	21	Охранный кран		0,08	0,08	Углеводороды $C_1 - C_5$ (по метану)	0410	9,390878
Стоянка транспорта	6001	22	Открытая стоянка техники		1	250	Оксид углерода Керосин Диоксид азота Диоксид серы Сажа	0337 2732 0301 0330 0328	0,0917 0,012903 0,014046 0,001375 0,001774
Сварочный пост	6002	23	Сварочные работы		1	100	Оксид железа Соединения марганца Фтористый водород	0123 0143 0342	0,000733 0,000128 0,00003
ЗРА газопровода	6003	24	Сальниковые уплотнения ЗРА		24	8760	Углеводороды $C_1 - C_5$ (по метану) Одорант СПМ	0410 1716	0,003 0,0000001

Таблица 3.2 – Характеристика источников загрязнения атмосферы

Номер ИЗА	Координаты ИЗА в заводской системе координат, м				Параметры ИЗА		Параметры ГВС на выходе ИЗА			Код ЗВ	Количество ЗВ, выбрасываемых в атмосферу	
	Точечного или одного конца линейного источника		Второго конца линейного источника		Высота, м	Диаметр или размер сечения устья, м	Скорость , м/с	Объем- ный расход м ³ /с	Тем- пера- тура °С		Максимальные выбросы, г/с	Суммарные выбросы, т/год
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂								
1	10	11	12	13	2	3	4	5	6	7	8	9
0001	155	171	-	-	6	0,1	76,4	0,6	7	0410	3,750601	1,669596
0002	220	76	-	-	10	0,08	643	3,2	7	0410	442,875275	10,629006
0003	206	79	-	-	10	0,08	643	3,2	7	0410	442,875275	10,629006
0004	193	82	-	-	10	0,08	643	3,2	7	0410	442,875275	10,629006
0005	183	85	-	-	10	0,08	643	3,2	7	0410	442,875275	10,629006
0006	173	87	-	-	10	0,08	643	3,2	7	0410	442,875275	10,629006
0007	160	90	-	-	10	0,08	643	3,2	7	0410	442,875275	10,629006
0008	170	101	-	-	2	0,02	583	0,18	7	0410	16,753694	0,402089
0009	180	98	-	-	2	0,02	583	0,18	7	0410	16,753694	0,402089
0010	190	96	-	-	2	0,02	583	0,18	7	0410	16,753694	0,402089
0011	200	93	-	-	2	0,02	583	0,18	7	0410	16,753694	0,402089
0012	209	91	-	-	2	0,02	583	0,18	7	0410	16,753694	0,402089
0013	220	89	-	-	2	0,02	583	0,18	7	0410	16,753694	0,402089
0014	168	106	-	-	2	0,02	583	0,18	7	0410	16,753694	0,402089
0015	197	33	-	-	22	0,41	15,2	2,0	160	0337 0301 0304 0703	0,309 0,131 0,021 1,4 × 10 ⁻⁸	4,454 1,885 0,306 7,3 × 10 ⁻⁷

1	10	11	12	13	2	3	4	5	6	7	8	9
0016	206	132	-	-	5,5	0,01	0,306	0,000024	20	1716	0,0000004	10^{-9}
0017	202	118	-	-	3	0,1	2,5	0,02	120	0337 0301 0304 0703	0,002598 0,000818 0,000133 $1,1 \times 10^{-12}$	0,059392 0,018683 0,003036 $9,3 \times 10^{-11}$
0018	130	55	-	-	2,5	0,05	500	1,6	7	0337 0301 0304 2732 0328 0330 1325 0703	0,043056 0,053334 0,008667 0,020139 0,003472 0,008333 0,000833 $8,3 \times 10^{-8}$	0,013 0,016 0,0026 0,006 0,001 0,0025 0,00025 $2,8 \times 10^{-8}$
0019	220	120	-	-	4	0,2	3,2	0,1	450	0410	2,753255	0,1718
0020	190	90	-	-	5	0,3	540	38,0	7	0410	7825,7312	9,390878
0021	200	110	-	-	5	0,3	540	38,0	7	0410	7825,7312	9,390878
6001	40	120	50	120	-	-	-	-	20	0337 2732 0301 0330 0328	0,192540 0,026361 0,022851 0,002267 0,005811	0,0917 0,012903 0,014046 0,001375 0,001774
6002	118	35	120	35	-	-	-	-	20	0123 0143 0342	0,000271 0,000481 0,000111	0,000733 0,000128 0,00003
6003	180	100	220	100	-	-	-	-	20	0410 1716	0,130 0,000004	0,003 0,0000001

Таблица 3.3 – Суммарные выбросы ЗВ в атмосферу

Код ЗВ	Наименование ЗВ	Количество ЗВ, отходящих от источников выделения	В том числе		Из поступивших на очистку			Всего выброшено в атмосферу
			Выбрасывается без очистки	Поступает на очистку	Выброшено в атмосферу	Уловлено и обезврежено		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Всего:		29,156520	29,156520	0	0	0	0	94,104962
В том числе твердые, из них:		0,003636	0,003636	0	0	0	0	0,003636
0123	Оксид железа	0,000733	0,000733	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000733
0143	Соединения марганца	0,000128	0,000128	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000128
0328	Сажа	0,002774	0,002774	0,0	0,0	0,0	0,0	0,002774
0703	Бенз(а)пирен	$7,6 \times 10^{-7}$	$7,6 \times 10^{-7}$	0,0	0,0	0,0	0,0	$7,6 \times 10^{-7}$
Жидкие и газообразные, из них:		94,1013326	94,1013326	0	0	0	0	94,1013326
0301	Диоксид азота	1,933729	1,933729	0,0	0,0	0,0	0,0	1,933729
0304	Оксид азота	0,311636	0,311636	0,0	0,0	0,0	0,0	0,311636
0330	Диоксид серы	0,003875	0,003875	0,0	0,0	0,0	0,0	0,003875
0337	Оксид углерода	4,618092	4,618092	0,0	0,0	0,0	0,0	4,618092
0342	Фтористый водород	0,00003	0,00003	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00003
0410	Метан	87,214811	87,214811	0,0	0,0	0,0	0,0	87,214811
1325	Формальдегид	0,00025	0,00025	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00025
1716	Одорант СПМ	$1,01 \times 10^{-7}$	$1,01 \times 10^{-7}$	0,0	0,0	0,0	0,0	$1,01 \times 10^{-7}$
2732	Керосин	0,018903	0,018903	0,0	0,0	0,0	0,0	0,018903

ПРИЛОЖЕНИЕ 4 – ГРАФИК ПРОВЕДЕНИЯ ВКР

Таблица 4.1 – Временные показатели ВКР

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{Ki}
	t_{min_i} , чел – дни	t_{max_i} , чел – дни	$t_{ож_i}$, чел – дни			
Выбор направления исследования	3	4	3,4	Научный руководитель, студент	2	3
Составление и утверждение темы работы	1	2	1,4		1	2
Постановка цели и определение задач	1	2	1,4	Научный руководитель	1	2
Календарное планирование работ по теме	2	4	2,8	Научный руководитель, студент	1	2
Подбор литературы по тематике работы	10	14	11,6	Студент	12	18
Сбор материалов и анализ методик расчета	12	20	15,2		15	22
Проведение теоретических расчетов и обоснований	14	20	16,4		16	24
Подведение промежуточных итогов ВКР	3	6	4,2	Научный руководитель, студент	2	3
Написание теоретической части ВКР	14	20	16,4	Студент	16	24
Работа над выводами по проекту	2	3	2,4		2	3
Оформление расчетно-пояснительной записки ВКР	14	24	18		18	27

Таблица 4.2 – Календарный план-график проведения ВКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнитель	T_{K_i} , кал.дн	Продолжительность выполнения работ												
				февраль		март			апрель			май			июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Выбор направления исследования	Научный руководитель, студент	3	■												
2	Составление и утверждение темы работы		2	■												
3	Постановка цели и определение задач	Научный руководитель	2	■												
4	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, студент	2	■												
5	Подбор литературы по тематике работы	Студент	18		■	■										
6	Сбор материалов и анализ методик расчета		22			■	■									
7	Проведение теоретических расчетов и обоснований		24					■	■	■						
8	Подведение промежуточных итогов ВКР	Научный руководитель, студент	3								■	■				
9	Написание теоретической части ВКР	Студент	24									■	■	■		
10	Работа над выводами по проекту		3												■	
11	Оформление расчетно-пояснительной записки ВКР		27												■	■

Научный руководитель – ■ Студент – ■