

**Министерство науки и высшего образования 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
<b>Повышение устойчивости работы газовой котельной на кабельном производстве</b> УДК 658.345:621.182.2-62:621.315.002

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1E41	Аникеев Артём Васильевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бородин Ю.В.	К.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев М.В.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ларионова Е.В.	К.Х.Н.		

Томск – 2019 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
<b>Общие по направлению подготовки</b>		
P1	Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы, применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, 2, ОПК-2). CDIO Syllabus (2.4, 4.1, 4.2.7, 4.7). Критерий 5 АИОР (п. 2.12)
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информационных технологий в развитии современного общества и для ведения практической инновационной инженерной деятельности в области техносферной безопасности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-1). CDIO Syllabus (3.2). Критерий 5 АИОР (п. 2.5)
P3	Способность эффективно работать самостоятельно, в качестве члена и руководителя интернационального коллектива при решении междисциплинарных инженерных задач с осознанием необходимости интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3, 5, 6, 7, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-5, ПК-8). CDIO Syllabus (2.4, 2.5, 3.1, 3.3, 4.2), Критерий 5 АИОР (п. 2.9, 2.12, 2.14)
P4	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, ОПК-4). CDIO Syllabus (3.2). Критерий 5 АИОР (п. 2.11)
P5	Способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования с целью выбора и оптимизации устройств, систем и методов защиты человека и природной среды от опасностей.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-8, ОПК-1, ПК-5). CDIO Syllabus (1.1, 2.1). Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8)
<b>Профиль</b>		
P6	Уметь выбирать, применять, оптимизировать и обслуживать современные системы обеспечения техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов	Требования ФГОС ВО (ОПК-5, ПК-5, ПК-6, ПК-7). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2, 2.4, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8), требованиями проф. стандарта 40.056 Профессиональный стандарт «Специалист по противопожарной профилактике»
P7	Уметь организовать деятельность по обеспечению техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателя, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов	Требования ФГОС ВО (ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ОПК-3, 4, 5). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5, 3.1) Критерий 5 АИОР (п. 2.6, 2.12), требованиями проф. стандарта 40.056 Профессиональный стандарт «Специалист по противопожарной профилактике»
P8	Уметь оценивать механизм, характер и риск воздействия техносферных опасностей на человека и природную среду	Требования ФГОС ВО (ПК-12, ПК-16, ПК-17). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8), требованиями проф. стандартов 40.056 «Специалист по противопожарной профилактике», 40.054 «Специалист в области охраны труда»
P9	Применять методы и средства мониторинга техносферных опасностей с составлением прогноза возможного развития ситуации	Требования ФГОС ВО (ПК-12, ПК-14, ПК-15, ПК-17, ПК-18). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8)

**Министерство науки и высшего образования 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  
 \_\_\_\_\_ Е.В. Ларионова  
 01.04.2019 г.

**ЗАДАНИЕ  
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
3-1E41	Аникееву Артёму Васильевичу

Тема работы:

Повышение устойчивости работы газовой котельной на кабельном производстве	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	24.01.2019 г. №411

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2019 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является опасный производственный объект на кабельном предприятии – газовая котельная</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной</i></p>	<p>Рассмотрение методов повышения устойчивости работы газовой котельной на кабельном производстве. Анализ опасных факторов. Моделирование и расчет аварийных ситуаций. Выявление слабых мест котельной. Предложения по повышению устойчивости</p>

<i>работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Таблицы, рисунки
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
<b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>	Подопригора Игнат Валерьевич
<b>Социальная ответственность</b>	Гуляев Милий Всеволодович
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	01.04.2019 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бородин Ю.В.	к.т.н.		01.04.2019 г.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1E41	Аникеев Артём Васильевич		01.04.2019 г.

**Министерство науки и высшего образования 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 2018/2019 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2019 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.04.2019 г.	Раздел «Обзор литературы», Раздел «Объект и методика исследования»	20
29.04.2019 г.	Раздел «Обзор устойчивости теплоснабжения от газовой котельной»	40
07.05.2018 г.	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	20
21.05.2018 г.	Оформление и представление ВКР	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бородин Ю.В.	К.Т.Н.		01.04.2019

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ларионова Е.В.	К.х.н.		01.04.2019

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-1E41	Аникееву Артёму Васильевичу

<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Отделение контроля и диагностики</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	20.03.01 Техносферная безопасность

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<b>1. Характеристика объекта исследования.</b>	Объектом исследования является повышение устойчивости работы газовой котельной на кабельном производстве
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.</b>	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
<b>2. Производственная безопасность</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды.</li> <li>- Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов</li> <li>- Повышенная загазованность воздуха рабочей среды, микроклимат рабочей зоны, повышенный уровень шума.</li> <li>- Поражение электрическим током;</li> <li>- Механические опасности;</li> <li>- Термические опасности.</li> </ul> Пожаровзрывоопасность.
<b>3. Экологическая безопасность</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Анализ воздействия объекта на литосферу;</li> <li>- Решение по обеспечению экологической безопасности</li> </ul>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>- выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>- разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>- разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul> Пожаровзрывобезопасность

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

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Старший преподаватель отделения общетехнических дисциплин	Гуляев Милий Всеволодович			

**Задание выдал консультант:**

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-1E41	Аникеев Артём Васильевич		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-1E41	Аникееву Артёму Васильевичу

<b>Школа</b>	ИШНКБ	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	Отделение контроля и диагностики
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	20.03.01 Техносферная безопасность

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад руководителя – 26300 руб. Оклад студента – 17000 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премияльный коэффициент руководителя 30%; Премияльный коэффициент инженера 20%; Доплаты и надбавки руководителя 30%; Доплаты и надбавки инженера 20%; Дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	- Отчисления на социальные нужды 28%

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	- Анализ конкурентных технических решений
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на НИ: - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Определение эффективности исследования

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

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>График проведения и бюджет НИ</i>
3. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Подопригора И. В.	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-1E41	Аникеев Артём Васильевич		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа на тему «Повышение устойчивости работы газовой котельной на кабельном производстве» состоит из текстового документа, выполненного на 92 с. Текстовый документ содержит 4 рисунка, 21 таблицу, 11 источников.

Ключевые слова: УСТОЙЧИВОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТА ЭКОНОМИКИ, ГАЗОВАЯ КОТЕЛЬНАЯ, ЧРЕЗВЫЧАЙНАЯ СИТУАЦИЯ НА ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ.

Объектом исследования является: устойчивость функционирования газовой котельной.

Цель работы – выявление опасных факторов, способных повлиять на функционирование объекта ТЭК при наступлении ЧС мирного времени, оценка степени устойчивости функционирования объекта ТЭК в условиях ЧС мирного времени, обоснование и разработка превентивных мер по повышению устойчивости функционирования объекта ТЭК, по созданию условий для ликвидации ЧС и по защите людей и имущества.

В процессе исследования проводились: изучение литературы по данной теме, анализ возможных ЧС газовой котельной, анализ мероприятий по повышению устойчивости функционирования газовой котельной при ЧС.

В результате исследования предложены мероприятия по обеспечению устойчивой работы газовой котельной.

Степень внедрения: в разработке.

Область применения: проверка устойчивости работы газовой котельной при угрозе возникновения ЧС.

Экономическая эффективность/значимость работы: обеспечение устойчивости объектов экономики является важным шагом при предотвращении ЧС, снижении экономического ущерба в результате ЧС и обеспечении устойчивого жизнеобеспечения населения.

В будущем планируется: изучить опыт комплекс превентивных мер для оценки устойчивости работы других объектов энергетики.

## **Обозначения, сокращения**

Котельная установка (котельная) – это инженерное сооружение в одном техническом помещении, которое предназначено для нагрева теплоносителя (рабочей жидкости), в основном воды, для использования в системах отопления или теплопароснабжения.

Экономайзер элемент котлоагрегата, теплообменник, в котором питательная вода перед подачей в котёл подогревается уходящими из котла газами.

Аварийная ситуация (авария) – состояние потенциально опасного объекта, характеризующееся нарушением пределов и (или) условий безопасной эксплуатации, не перешедшее в аварию, при котором все неблагоприятные влияния источников опасности на персонал, население и окружающую среду удерживаются в приемлемых пределах посредством соответствующих технических средств, предусмотренных проектом.

Дерево событий – алгоритм рассмотрения событий, исходящих от основного события (аварийной ситуации).

Пробит-функция – статистическая (нелинейная) модель и метод анализа зависимости качественных (в первую очередь — бинарных) переменных от множества факторов, основанная на нормальном распределении (в отличие от, например, аналогичной логит-регрессии, основанной на логистическом распределении).

Дерево отказов – метод анализа отказов сложных систем, в котором нежелательные состояния или отказы системы анализируются с помощью методов булевой алгебры, объединяя последовательность нижестоящих событий (отказов низшего уровня), которые приводят к отказу всей системы.

Надежность – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

ГГ – горючие газы;

ТВС – топливно-воздушная смесь;

ГВС – горячее водоснабжение;

ТЭК – топливно-энергетический комплекс;

СУГ – сжиженные углеводороды;

ЛВЖ – легковоспламеняющаяся жидкость;

ГЖ – горючая жидкость

СПГ – сжиженный природный газ

ГСМ – горюче-смазочные материалы

## ОГЛАВЛЕНИЕ

РЕФЕРАТ .....	8
ВВЕДЕНИЕ .....	14
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ .....	16
2 ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ .....	18
2.1 Общие сведения .....	18
2.2 Общая характеристика котельной .....	19
2.3 Описание принципиальной схемы наружного надземного газопровода .....	21
2.4 Описание принципиальной схемы ГРП .....	21
2.5 Описание принципиальной схемы обвязки котельных агрегатов типа ДКВР20/23 и КЕ25/24С .....	22
2.6 Порядок оценки устойчивости функционирования ОЭ .....	23
3 ОБЗОР УСТОЙЧИВОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ОТ ГАЗОВОЙ КОТЕЛЬНОЙ .....	24
3.1 Исходные данные .....	24
3.2 Анализ опасностей котельной. Возможные аварийные ситуации. Анализ известных аварий .....	26
3.3 Определение типовых сценариев возможных аварийных ситуаций .....	27
3.4 Возможные причины и факторы, способствующие возникновению и развитию аварийных ситуаций в котельной .....	27
3.5 Оценка уровня опасности объекта .....	35
3.6 Влияние пожара и взрыва в помещении котельной на газорегуляторный пункт (ГРП) .....	41
3.7 Определение устойчивости объекта в ЧС мирного времени .....	42
3.8 Оценка устойчивости технологического состояния газовой котельной .....	51
3.9 Мероприятия по повышению устойчивости функционирования газовой котельной .....	53
4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....	55
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	56
4.2 Производственная безопасность .....	56
4.3 Экологическая безопасность .....	64
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	65
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....	68

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	68
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	68
5.2 Технология QuaD .....	69
5.3 Планирование научно-исследовательских работ .....	72
5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	72
5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	73
5.3.3 Разработка графика проведения научного исследования .....	77
5.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	81
5.4.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	82
5.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ .....	82
5.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы .....	83
5.4.4 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала .	85
5.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	86
5.4.6 Накладные расходы .....	86
5.5 Определение эффективности исследования .....	86
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	88
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	91

## ВВЕДЕНИЕ

Устойчивость работы кабельного предприятия, как и любого другого, напрямую зависит от объектов топливно-энергетического комплекса (ТЭК). В частности, котельная, расположенная на территории предприятия, обеспечивает не только теплом все здания и сооружения, находящиеся на его территории, но и производит насыщенный пар, необходимый для функционирования двух цехов, производящих кабельную продукцию в резиновой изоляции.

К сожалению, уровень техногенной опасности в наше время находится на достаточно высоком уровне, поэтому, мероприятия по повышению устойчивости функционирования производства нужно проводить заранее, чтобы избежать ущерба или свести его к минимуму.

Государство стремится обеспечить безопасность ТЭК. Законодательством установлены категории опасности объектов ТЭК и требования по обеспечению их безопасности, включая вопросы антитеррористической защищенности, физической защиты, требования к персоналу и информационным системам [1]. Сфера обеспечения безопасности ТЭК регулируется ФЗ №116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [2], ФЗ №68 «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [3]. Принят Федеральный закон № 256 «О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса».

**Целью выпускной квалификационной работы** является: выявление опасных факторов, способных повлиять на функционирование газовой котельной на кабельном предприятии при наступлении аварийной ситуации, оценка степени устойчивости функционирования газовой котельной на кабельном предприятии в условиях ЧС мирного времени, разработка мер по повышению устойчивости функционирования газовой котельной на кабельном предприятии, создание условий для ликвидации ЧС и защита людей и имущества.

### **Задачи выпускной квалификационной работы:**

- Изучение нормативно-правовой базы, касающейся устойчивости функционирования газовой котельной на кабельном предприятии в условиях аварийной ситуации.

- Описание производственного процесса газовой котельной.

- Выявление возможных причины и факторов, способствующих возникновению и развитию аварийных ситуаций.

- Оценка уровня опасности объекта.

- Предложение мероприятий по повышению противоаварийной устойчивости котельной

## 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В России газовые котельные пользуются наибольшим спросом, по причине простоты эксплуатации и недорогого технического обслуживания. Особенно если рядом находится проложенная газовая магистраль, как на рассматриваемом кабельном предприятии. У газовых котельных достаточно много преимуществ, среди которых высокий КПД, автономность, низкий уровень вредных выбросов в атмосферу. Но и аварийность газовых котельных очень высокая. Например, аварии на газовых котельных, статистика которых составляет 43,2% от общей массы всех видов устройств, занимают первое место по аварийности. Показатели, демонстрирующие рост чрезвычайных случаев, могут свидетельствовать о постепенном выходе из строя оборудования и его износе.[4]

Рассмотрим статистику аварий на газовых котельных, а также приведём некоторые реальные случаи.

Таблица 1 – Статистика аварий на газовых котельных

Год	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<b>Количество аварий</b>	7	5	5	1	9	5	3	4	7
<b>Случаи травматизма</b>	16	27	3	5	7	8	4	5	25
<b>Случаи со смертельным исходом</b>	15	16	2	5	7	3	2	2	6

Октябрь 2016 года. В Балашихе произошел сбой автоматической системы котельной, приведший к выходу из строя вентиляции. Произошедший взрыв, причиной которого явилось накопление отработанных газов, повредил вентиляционный короб и выбил стекла здания. Никто не пострадал.

Декабрь 2016 года. В Бузулуке из-за прорыва трубопровода, проходящего внутри котельной, произошла аварийная ситуация, результатом которой явилось нарушение системы отопления нескольких микрорайонов. Из-за последствий происшествия без отопления остались жилые дома, школы и детские учреждения. Их ликвидация потребовала двое суток усиленной работы коммунальщиков.

Январь 2017 года. В результате гидроудара произошло отключение водоснабжения в Щербинке. Это небольшое поселение, являющееся частью Новой Москвы. Отзывы жителей позволяют судить о том, что авария была оперативно устранена.

Еще одна чрезвычайная ситуация произошла в Красногорске. Авария случилась из-за выхода из строя насосов. Более 12 тысяч жителей на долгое время остались без теплоснабжения при температуре окружающего воздуха -25 градусов.

Февраль 2017 года. В Кемерово при пожаре внутри котельной, который возник вследствие возгорания трансформатора, было нарушено теплоснабжение нескольких микрорайонов. Оперативное прибытие на место коммунальных служб позволило быстро переподключить тепловые носители на резервную схему работы.

## 2 ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Общие сведения

Котельная включает себя непосредственно котельную установку и дополнительное технологическое оборудование, предназначенные для выработки тепловой энергии в целях теплоснабжения. [5]

Котельная установка состоит непосредственно из котла, оборудованного горелками, топкой и тягодутьевым устройством, оборудованием для удаления продуктов горения и использования теплоты выходящих газов (воздухоподогреватели, экономайзеры и др.), также включает в себя средства автоматического контроля, регулирования и сигнализации процесса выработки теплоносителя заданных параметров. [5]

Котельные подразделяются на:

- Отопительные – обеспечивают теплом системы отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и кондиционирования;
- Производственные – для нужд технологического теплоснабжения;
- Отопительно-производственные – обеспечивают теплом системы отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, кондиционирования, производственного и технологического теплоснабжения. [6]

Здание котельной кабельного предприятия представлено на рисунке (рисунок 1).



Рисунок 1 – Здание котельной кабельного предприятия

## 2.2 Общая характеристика котельной

В состав ОПО «Сеть газопотребления кабельного предприятия» входят:

1) подземный газопровод:

- протяженностью 1764 м,
- отключающие устройства Ду200мм – 3 шт., Ду50мм – 2 шт.,
- таблички-указатели – 30 шт.,
- колодцы инженерных сетей – 37 шт.,
- контрольные трубки – 10 шт.

2) наружный надземный газопровод:

- протяженность газопровода 42,7м,
- диаметр газопровода Ду200х9мм, 150х9мм,
- рабочее давление  $P_{раб} = 0,3\text{МПа}$ ,
- отключающая арматура 30с41нж Ду200мм (зав.№186);

3) газораспределительный пункт (ГРП):

- диаметр подающего газопровода  $D_{y200\text{мм},150\text{мм}}$ ,
- рабочее давление до регуляторов  $P_{\text{раб}} = 0,3\text{МПа}$  ( $3,0\text{ кг/см}^2$ ),
- за регуляторами  $P_{\text{раб}} = 0,041\text{МПа}$  ( $0,41\text{ кг/см}^2$ );

4) внутрицеховой газопровод котельной:

- диаметр газопровода  $D_{y100\text{мм}}$ ,
- рабочее давление  $P_{\text{раб}} = 0,041\text{МПа}$  ( $0,41\text{ кг/см}^2$ );

5) котельные агрегаты:

- ДКВР-20/23 ст.№1 (зав.№2114) с двумя газомазутными горелками марки ГМ-7 (зав.№№205,985),
- ДКВР-20/23 ст.№2 (зав.№4014) с двумя газомазутными горелками марки ГМ-7 (зав.№№203,955),
- КЕ 25-24С ст.№2 (зав.№2977) с двумя газомазутными горелками марки ГМ-7 (зав.№954);

б) трубопровод пара (паропровод):

- трубопровод IV категории,
- протяженность  $68600\text{мм}$ ,
- диаметр трубопровода  $D_{y219\text{х}8\text{мм},273\text{х}8\text{мм}}$ ,
- рабочая среда - насыщенный пар,
- давление  $2,4\text{МПа}$  ( $24\text{ кгс/см}^2$ ),
- температура  $201^{\circ}\text{C}$ ,

7) экономайзеры чугунные:

- котельного агрегата ст.№1 - ЭП1-646 (зав.085),
- расчетное давление воды  $3,0\text{МПа}$ ,
- предельное рабочее давление в котле  $2,4\text{МПа}$ ,
- температура воды на входе в экономайзер  $70^{\circ}\text{C}$ ,
- конечная температура подогрева воды  $147-174^{\circ}\text{C}$ ,

- поверхность нагрева экономайзера 646м<sup>2</sup>,
- полный объем экономайзера 1,32м<sup>3</sup>.
- котельного агрегата ст.№2 - ЭБ1-808И (зав.122),
- предельное рабочее давление в котле 2,4МПа,
- предельная температура рабочей среды 225°С,
- поверхность нагрева экономайзера 808м<sup>2</sup>,
- полный объем экономайзера 1,66м<sup>3</sup>.
- котельного агрегата ст.№3 - ЭП1-646 (зав.087),
- расчетное давление воды 3,0МПа,
- предельное рабочее давление в котле 2,4МПа,
- температура воды на входе в экономайзер 70°С,
- конечная температура подогрева воды 147-174°С,
- поверхность нагрева экономайзера 646м<sup>2</sup>,
- полный объем экономайзера 1,32м<sup>3</sup>.

### **2.3 Описание принципиальной схемы наружного надземного газопровода**

В качестве основного топлива в котельной используется природный газ с давлением 3,0 кгс/см<sup>2</sup> (0,3 МПа). Также в котельной проектом предусмотрено резервное топливо – мазут марки М-100.

Природный газ с давлением 3 кгс/см<sup>2</sup> по наружному надземному газопроводу поступает в газораспределительный пункт (ГРП) котельной, где редуцируется до 0,41 кгс/см<sup>2</sup> поступает в котельную.

### **2.4 Описание принципиальной схемы ГРП**

Для снижения давления газа и поддержания его в заданных параметрах на горелках котлов предусмотрен газорегуляторный пункт (ГРП), расположенный в пристроенном помещении котельной.

В состав ГРП входит узлы учета температуры, давления и расхода газа, а также узел редуцирования. В ГРП установлены фильтр для очистки газа от механических примесей (ФГКР), счетчик расхода газа (СГ16МТ), регуляторы давления (РДГ-80В), предохранительно-сбросной клапан (ПСК-50Н), контрольно-измерительные приборы, запорная арматура, сбросные и продувочные газопроводы.

Регуляторы давления обеспечивают поддержание выходного давления в пределах 10% от номинального.

При кратковременном повышении от выходного давления газа на 15% от номинального ПСК обеспечивает сброс газа в атмосферу, не влияющий на работу горелок котлов.

ПЗК обеспечивают защиту газового оборудования котельной от повышения и понижения выходного давления газа на 25% от рабочего давления.

В ГРП установлен датчик загазованности метаном.

## **2.5 Описание принципиальной схемы обвязки котельных агрегатов типа ДКВР20/23 и КЕ25/24С**

По надземному газопроводу природный газ поступает в ГРП.

На входе в котельную на подающем газопроводе установлен клапан предохранительный электромагнитный газовый (КПЭГ) Ду100мм (сх. 1г), который в случае возникновения аварийных ситуаций вручную с приборного щита перекрывает подачу газа ко всем котельным агрегатам.

На каждом котельном агрегате предусмотрено по две газомазутной горелки марки ГМ-7. По внутреннему газопроводу редуцированный газ из ГРП поступает на горелочные устройства котельных агрегатов. На каждом котельном агрегате предусмотрена общекотловая отключающая арматура (задвижка клиновая Ду100мм сх.1.1г, 1.2г, 1.3г), далее по ходу газа установлены счетчики расхода газа (сх. СГ1, СГ2, СГ3), затем клапаны (сх. 7.1г, 7.2г, 7.3г), оборудованные дроссельной заслонкой (сх. 18.1г, 18.2г, 21.3г) и исполнительным механизмом (МЭО), позволяющие регулировать подачу природного газа к горелочным устройствам. На каждом

котельном агрегате предусмотрены по два отсекающих клапана и по две запорной арматуры, предназначенные для прекращения подачи газа к газогорелочным устройствам.

## 2.6 Порядок оценки устойчивости функционирования ОЭ

Задача повышения устойчивости ОЭ закреплена за единой государственной системой по предупреждению и ликвидации ЧС. Согласно федеральному закону №28 «О гражданской обороне» обеспечение устойчивости функционирования организаций, необходимых для выживания населения при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов, а также при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера является одной из основных задач в области гражданской обороны [7].

Повышение устойчивости функционирования организации (объекта экономики) в чрезвычайной ситуации это *комплекс мероприятий по предотвращению или снижению угрозы жизни и здоровью персонала и проживающего вблизи населения и материального ущерба в ЧС, а также подготовке к проведению спасательных и других неотложных работ в зоне ЧС* [8].

Оценка устойчивости функционирования предприятия проводится комиссией по повышению устойчивости функционирования экономики в муниципальном образовании.

Этапы изучения устойчивости функционирования объекта экономики:

- 1 этап – организационный,
- 2 этап – исследовательский,
- 3 этап – разработка и планирование мероприятий по повышению устойчивости работы объекта.

Составляется отчётный доклад, разрабатываются и планируются мероприятия по повышению устойчивости работы объекта, которые включаются в *план мероприятий по повышению устойчивости*. [9]

## **3 ОБЗОР УСТОЙЧИВОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ОТ ГАЗОВОЙ КОТЕЛЬНОЙ**

### **3.1 Исходные данные**

Согласно данным, предоставленным руководством предприятия котельная обеспечивает всю инфраструктуру завода.

Котельная производит насыщенный пар методом испарения котловой воды за счет сгорания природного газа в топках котлов ДКВР 20/23 и КЕ 25/24С.

Котельная введена в эксплуатацию в 1994 году.

Проектная мощность 65 т/ч пара с избыточным давлением 16 кгс/см<sup>2</sup>.

Все оборудование котельной выполнено в одной технологической нитке.

Котельная предназначена для производства насыщенного пара  $R_{изб}=1,6$  МПа.

В качестве топлива используется природный газ по ГОСТ5542-87.

Подземный газопровод по договору передан организации ООО «Газпром газораспределение Томск» для выполнения работ по техническому обслуживанию, ремонту объектов газораспределения и газопотребления по графикам (планам), разработанным обслуживающей организацией ООО «Газпром газораспределение Томск», а также для осуществления аварийно-диспетчерского обслуживания объектов газораспределения и газопотребления (комплекс работ по локализации аварийных ситуаций непосредственной угрозы здоровью и жизни людей, выполняемых аварийно-диспетчерской службой на основании аварийных заявок, поступивших по тел. 04).

В ГРП (газораспределительный пункт) природный газ подается по наружному надземному газопроводу с давлением 3,0 кгс/см<sup>2</sup>, где давление снижается до 0,41 кгс/см<sup>2</sup>. После ГРП природный газ поступает к горелкам.

Система автоматического управления котлоагрегатов обеспечивает измерение, контроль и регистрацию параметров технологического процесса, автоматическое поддержание параметров и остановку котлоагрегата при срабатывании защитных блокировок.

Принципиальная технологическая схема газового хозяйства котельной представлена на рисунке (рисунок 2).

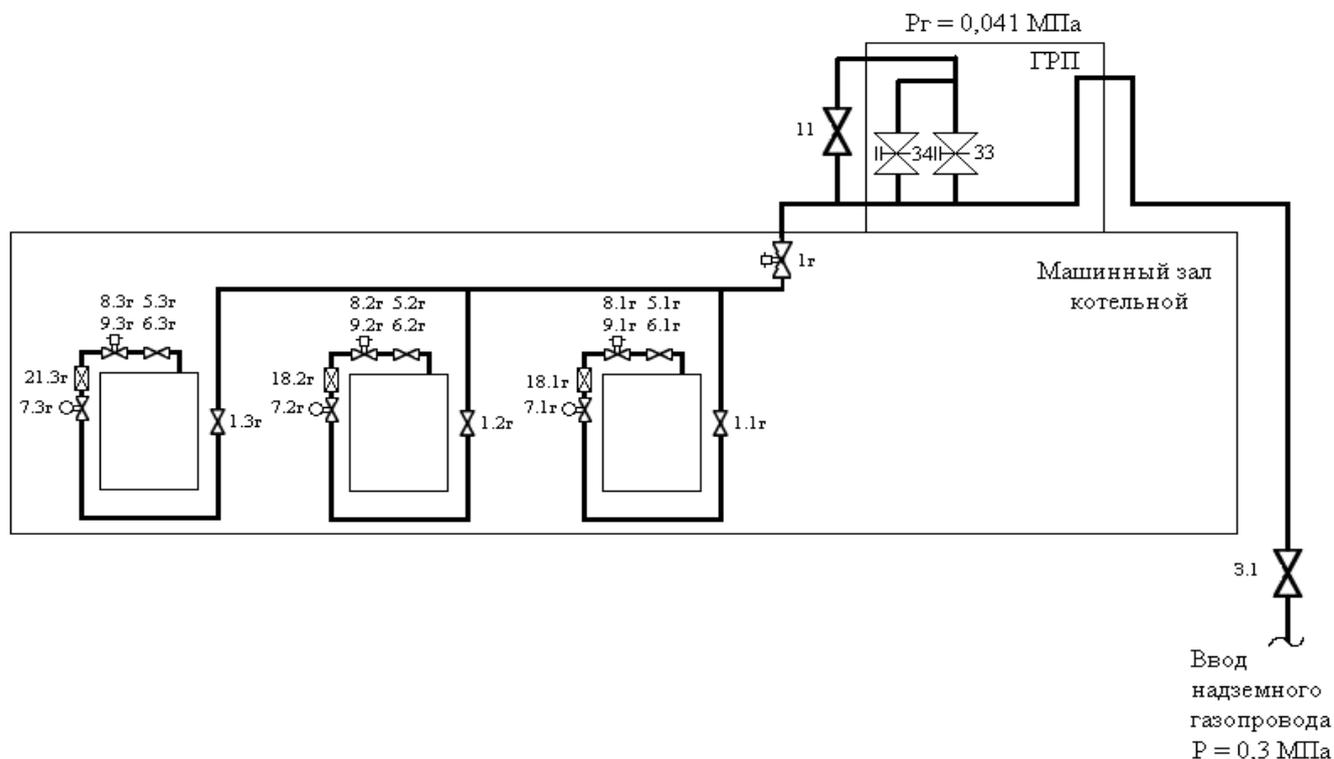


Рисунок 2 – Принципиальная технологическая схема газового хозяйства котельной

Предприятие расположено в городе Томске.

Климат континентально-циклонический. Средняя температура зимы - 15,6 градусов, летом температура варьируется от +10 до +35 градуса. Средняя скорость ветра 1.6 м/с, но может достигать порывов до 30 м/с.

Зима в городе суровая и продолжительная, случаются сильные грозы, в среднем 24 раза в год, с апреля по октябрь, а также сильные снегопады, град, шквалистый ветер, ураганы.

Для города характерен перепад высот, достигающий 60—70 м.

Сейсмичность региона согласно СНиП II-7-81 составляет 6 баллов. Система теплоснабжения не находится в зоне обвалов, осыпей, оползней, очень характерных для города, хотя, на границе территории расположен большой овраг.

К территории объекта имеются подъездные автодороги. Внутри территории к основным технологическим объектам и объектам противопожарного назначения проложена сеть подъездных дорог.

### **3.2 Анализ опасностей котельной. Возможные аварийные ситуации.**

#### **Анализ известных аварий**

Основной причиной аварийных ситуаций является разгерметизация оборудования и трубопроводов.

Основными поражающими факторами при авариях на газопроводе являются:

- образование и перенос опасных концентраций горючих газов (ГГ) в приземном слое атмосферы;
- поражение тепловым излучением при воспламенении ГГ;
- токсическое отравление продуктами горения;
- поражение воздушной ударной волной при взрыве топливно-воздушной смеси, образовавшейся при утечке ГГ.

В результате аварий возможных в помещении котельной поражающими факторами могут быть:

- тепловое воздействие выбросами водяного пара при разгерметизации котельного оборудования и трубопроводов;
- поражение воздушной ударной волной при взрыве котельного оборудования;
- поражение осколками при разрушении котельного оборудования и трубопроводов;
- образование опасных концентраций паров ГГ в помещении котельной при разгерметизации газопроводов;
- поражение тепловым излучением при воспламенении ГГ;
- поражение воздушной ударной волной при взрыве топливно-воздушной смеси, образовавшейся при утечке ГГ;
- токсическое отравление продуктами горения.

При возникновении аварийных ситуаций, связанных при разгерметизации котельного оборудования и трубопроводов газа и пара в зоны опасного воздействия поражающих факторов, попадает персонал котельной.

### **3.3 Определение типовых сценариев возможных аварийных ситуаций**

Типовые сценарии возможных аварийных ситуаций определяются с точки зрения развития ситуаций, при которых возможны выбросы из оборудования взрывоопасных, пожароопасных и токсикоопасных веществ с последующим формированием полей поражающих факторов.

Анализ возможных причин и факторов, способствующих возникновению и развитию аварийных ситуаций, технологического процесса и технологических схем котельной с позиции определения возможных сценариев развития аварийных ситуаций, позволяет констатировать, что в большей степени представляет опасность разгерметизация трубопроводов.

Наиболее вероятные сценарии повреждения «сетей потребителя»:

- свищи диаметром (1-5) см;
- разгерметизация трубопроводов;
- разгерметизация импульсных линий приборов контроля.

### **3.4 Возможные причины и факторы, способствующие возникновению и развитию аварийных ситуаций в котельной**

*Основные факторы, способствующие возникновению и развитию аварийных ситуаций:*

- повышение давления газа создает опасность аварийного выброса большого количества газа при нарушении герметичности газопровода, что при определенных условиях может привести к возникновению взрыва, пожара и токсического поражения персонала;

- наличие в помещении котельного оборудования, работающего под давлением, фланцевых и сварных соединений, разветвленной сети трубопроводов с

запорной и регулирующей арматурой повышает вероятность аварийной разгерметизации.

***Возможные причины аварийных ситуаций:***

- ошибки персонала;
- отказы в работе оборудования;
- внешние воздействия.

***Причины, связанные с ошибками персонала:***

***Нарушение обслуживающим персоналом:***

- технологии и последовательности операций при эксплуатации и техническом обслуживании оборудования;
- норм ведения технологического процесса;
- требований безопасности, при выполнении операций, связанных с остановкой и пуском оборудования.

***Нарушение ремонтным персоналом:***

- требований безопасности при проведении ремонтно-наладочных работ;
- технологии ремонтных работ, инструкций завода – изготовителя оборудования;
- ошибки при разборке, сборке, наладке, установке и испытании оборудования.

***Причины, связанные с отказом оборудования:***

Разгерметизация газопровода в результате:

- механических повреждений;
- отказов запорной, регулирующей и предохранительной арматуры;
- дефектов сварных и фланцевых соединений;
- коррозия, усталость металла.

***Причины, связанные с внешними воздействиями:***

Удары молнии, воздействие высоких температур при пожаре, искры от функционирующих внешних установок, террористические акты.

Таблица 2 – Описание аварийных ситуаций, их сценариев, перечень факторов и возможных причин, способствующих возникновению и развитию аварийных ситуаций

№ поз. (ситуации)	Наименование аварийных ситуаций	№ сц-ия	Описание сценария	Факторы, способствующие возникновению и развитию аварийных	Возможные причины аварийных ситуаций
<b>Наружный надземный газопровод котельной</b>					
1	Разгерметизация газопровода до ГРП и выброс природного газа	С – 1	Выброс газа на наружной установке, распространение облака + возможен пожар + взрыв газо–воздушного облака	Резкое повышение давления газа	1. Ошибки персонала при обслуживании и ремонте газопровода. 2. Нарушение герметичности газопровода из-за механических повреждений, дефектов, коррозии.
<b>Газораспределительный пункт (ГРП)</b>					
2	Разгерметизация оборудования содержащего газ с выбросом в производственное	С – 2	Выброс газа в производственное помещение → загазованность помещения → взрыв газовоздушного облака → разрушение оборудования + барическое и осколочное поражение	Резкое повышение давления газа	1. Ошибки персонала при обслуживании и ремонте газопровода. 2. Нарушение герметичности газопровода из-за механических повреждений, дефектов, коррозии.
№ поз. (ситуации)	Наименование аварийных ситуаций	№ сц-ия	Описание сценария	Факторы, способствующие возникновению и развитию аварийных	Возможные причины аварийных ситуаций

### Внутрицеховой газопровод

<b>3</b>	Разгерметизация оборудования содержащего газ с выбросом в производственное	С-3	Выброс газа в производственное помещение → загазованность помещения → взрыв газовоздушного облака → разрушение оборудования + барическое и осколочное поражение	Резкое повышение давления газа	1. Ошибки персонала при обслуживании и ремонте газопровода. 2. Нарушение герметичности газопровода из-за механических повреждений, дефектов, коррозии.
----------	--	-----	---	--------------------------------	---

### Котельная

<b>4</b>	Разгерметизация одной (или нескольких) труб на экономайзере	С-4	Выброс носителя в производственное помещение → разрушение оборудования	Вскипание питательной воды	1. Ошибки персонала при эксплуатации, обслуживании и ремонте оборудования. 2. Нарушение герметичности трубопроводов из-за механических повреждений, дефектов, коррозии.
<b>5</b>	Разгерметизация трубопровода питательной линии	С-5	Выброс носителя в производственное помещение → разрушение оборудования	Вскипание питательной воды	1. Ошибки персонала при эксплуатации, обслуживании и ремонте оборудования. 2. Нарушение герметичности трубопроводов из-за механических повреждений, дефектов, коррозии.
<b>6</b>	Разгерметизация паропровода	С-6	Выброс носителя в производственное помещение → разрушение оборудования	Заброс питательной воды в паропровод	1. Ошибки персонала при эксплуатации, обслуживании и ремонте оборудования. 2. Нарушение герметичности трубопроводов из-за механических повреждений, дефектов, коррозии.

Таблица 3 – Результат анализа состояния противоаварийной защиты (ПАЗ) котельной

Номер позиции (ситуации)	Наименование и уровень аварийной ситуации	При каких условиях возможна аварийная ситуация	Возможное развитие аварийной ситуации, последствия	Реальное состояние системы (средств) противоаварийной защиты (ПАЗ) и локализации аварийных ситуаций	Мероприятия по дооснащению системы ПАЗ и средств для локализации аварийных ситуаций
<b>Надземный газопровод</b>					
1.С-1	А. Разгерметизация газопровода до ГРП и выброс природного газа в атмосферу	1. Ошибки персонала при обслуживании и ремонте газопровода. 2. Нарушение герметичности газопровода из-за механических повреждений, дефектов, коррозии.	Выброс газа на наружной установке, распространение облака + возможен пожар + взрыв газо-воздушного облака	Газопровод оснащен ручной задвижкой Ду200мм	не требуется
<b>Газораспределительный пункт (ГРП)</b>					
Номер позиции (ситуации)	Наименование и уровень аварийной ситуации	При каких условиях возможна аварийная ситуация	Возможное развитие аварийной ситуации, последствия	Реальное состояние системы (средств) противоаварийной защиты (ПАЗ) и локализации аварийных ситуаций	Мероприятия по дооснащению системы ПАЗ и средств для локализации аварийных ситуаций
<b>Внутрицеховой газопровод</b>					

Номер позиции (ситуации)	Наименование и уровень аварийной ситуации	При каких условиях возможна аварийная ситуация	Возможное развитие аварийной ситуации, последствия	Реальное состояние системы (средств) противоаварийной защиты (ПАЗ) и локализации аварийных ситуаций	Мероприятия по дооснащению системы ПАЗ и средств для локализации аварийных ситуаций
3. С-3	А. Разгерметизация оборудования содержащего газ с выбросом в производственное помещение	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ошибки персонала при обслуживании и ремонте газопровода.</li> <li>2. Нарушение герметичности газопровода из-за механических повреждений, дефектов, коррозии.</li> <li>3. Отказ предохранительно-отсечных клапанов.</li> </ol>	Выброс газа в производственное помещение → загазованность помещения → взрыв газоздушного облака → разрушение оборудования + барическое и осколочное поражение обслуживающего персонала	<p>Внутрицеховой газопровод оснащен:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Клапаном предохранительным электромагнитным газовым (КПЭГ-100);</li> <li>2. Ручными задвижками Ду100мм;</li> <li>3. Отсекающими клапанами КПЭГ-100;</li> <li>4. Запорной арматурой Ду100мм.</li> </ol> <p>Каждый котельный агрегат оборудован сигнализацией по наличию горючих веществ в воздухе 10% НКПР (по метану), с выводом звукового и светового сигнала на приборный щит в помещении машинного зала.</p>	не требуется
4. С-4	А. Разгерметизация одной (или нескольких) труб на экономайзере	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ошибки персонала при эксплуатации, обслуживании и ремонте оборудования.</li> <li>2. Нарушение герметичности трубопроводов из-за механических повреждений, дефектов, коррозии.</li> <li>3. Остановка питательного насоса.</li> </ol>	Выброс носителя в производственное помещение → разрушение оборудования	Каждый котельный агрегат, в состав которого входит экономайзер, оборудован сигнализацией с выводом звукового и светового сигнала на приборный щит в помещении машинного зала.	не требуется

Номер позиции (ситуации)	Наименование и уровень аварийной ситуации	При каких условиях возможна аварийная ситуация	Возможное развитие аварийной ситуации, последствия	Реальное состояние системы (средств) противоаварийной защиты (ПАЗ) и локализации аварийных ситуаций	Мероприятия по дооснащению системы ПАЗ и средств для локализации аварийных ситуаций
5. С-5	А. Разгерметизация трубопровода питательной линии	1. Ошибки персонала при эксплуатации, обслуживании и ремонте оборудования. 2. Нарушение герметичности трубопроводов из-за механических повреждений, дефектов, коррозии. 3. Остановка питательного насоса.	Выброс носителя в производственное помещение → разрушение оборудования	Автоматика и сигнализация с выводом звукового и светового сигнала на приборный щит в помещении машинного зала.	не требуется
6. С-6	А. Разгерметизация паропровода	1. Ошибки персонала при эксплуатации, обслуживании и ремонте оборудования. 2. Нарушение герметичности трубопроводов из-за механических повреждений, дефектов, коррозии.	Выброс носителя в производственное помещение → разрушение оборудования	Автоматика и сигнализация с выводом звукового и светового сигнала на приборный щит в помещении машинного зала.	не требуется

### ***Перечень наиболее значимых факторов, влияющих на показатели риска***

Среди наиболее значимых факторов, влияющих на показатели риска, следует отметить:

Основные факторы, способствующие возникновению и развитию аварийных ситуаций на надземном газопроводе:

- транспортировка природного газа по газопроводу создает опасность его выброса при разгерметизации газопровода (возможны воспламенение и взрыв газо-воздушного облака).

Основные факторы, способствующие возникновению и развитию аварийных ситуаций в ГРП:

- транспортировка природного газа по газопроводу создает опасность его выброса при разгерметизации газопровода (возможны воспламенение и взрыв газо-воздушного облака).

Основные факторы, способствующие возникновению и развитию аварийных ситуаций на внутрицеховом газопроводе:

- транспортировка природного газа по газопроводу создает опасность его выброса при разгерметизации газопровода (возможны воспламенение и взрыв газо-воздушного облака).

### **3.5 Оценка уровня опасности объекта**

Выполненный анализ данных о характеристиках опасных веществ, данных о технологических схемах и размещении основного технологического оборудования, в котором обращаются опасные вещества, анализ технических решений, направленных на предупреждение развития аварийных ситуаций и локализацию выбросов веществ, анализ технических решений, направленных на обеспечение взрыво-пожаробезопасности, анализ систем автоматического регулирования, блокировок, сигнализаций, анализ оборудования

пожаротушения и других средств обеспечения безопасности позволяет сделать вывод о соответствии в основном условий эксплуатации, о принятых проектных решениях требованиям промышленной безопасности.

Для количественной оценки опасности и риска котельной:

- проведен анализ возможных причин возникновения и развития аварийных ситуаций с учетом отказов и неполадок оборудования, возможности ошибочных действий персонала;

- рассмотрены и проанализированы схемы возможных сценариев возникновения и развития аварийных ситуаций

За период эксплуатации аварий и инцидентов на данной котельной не зарегистрировано.

*Оценка вероятности возникновения и анализ возможных сценариев развития аварий.* Анализ возможных причин и факторов, способствующих возникновению и развитию аварийных ситуаций, технологического процесса системы теплоснабжения с позиции определения возможных сценариев развития аварийных ситуаций позволяет констатировать, что в большей степени представляет опасность разгерметизация газопроводов.

Наиболее вероятные сценарии повреждения системы теплоснабжения:

- Свищи диаметром 1-5 см;
- Разгерметизация газопроводов;
- Разгерметизация импульсных линий приборов контроля.

Для расчета приняты сценарии, связанные с разгерметизацией газопроводов и выбросом опасного вещества – С-2, С-3 с последующим формированием полей поражающих факторов.

*«Дерево событий возникновения аварийных ситуаций на объекте*

Оценка рисков аварий выполнена в виде определения вероятности приведенных выше сценариев. Анализ вероятности возникновения и развития сценариев аварийных ситуаций на объекте основан на построении деревьев

отказов и событий с использованием данных РД 03-418-01 «Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов».

Возможно использование экспертной классификации событий по частотам их проявления. Суть данной классификации заключается в оценке частоты события путем отнесения к одному из следующих классов: повторяющиеся, умеренно-вероятные, маловероятные, крайне маловероятные, практически невероятные. Диапазоны частот по каждому классу событий приведены с учетом мировой и отечественной статистик в различных отраслях промышленности.

Классы интенсивности событий:

- Повторяющиеся  $10^{-1}$  в год;
- Умеренно-вероятные  $10^{-1}$ – $10^{-3}$  в год;
- Маловероятные  $10^{-3}$  – $10^{-4}$  в год;
- Крайне маловероятные  $10^{-4}$  – $10^{-6}$  в год;
- Практически невероятные  $10^{-6}$  в год.

Каждый из сценариев может быть реализован одним из нескольких классов событий. Самыми критичными событиями на котельной по вероятности реализации можно считать ошибки персонала, повреждения задвижек, газопроводов. Анализ вероятных сценариев аварийных ситуаций основывался на построении деревьев отказов событий.

Указанные оценки оказываются несколько выше рекомендаций международных норм, которые полагают приемлемый риск для аварий с катастрофическими последствиями на уровне  $10^{-5}$  в год. Утвержденных отечественных нормативов в настоящее время нет.

Учитывая особенности промышленной безопасности в России, когда более 90 % предприятий не отвечают требованиям международного уровня безопасности, устанавливать высокие международные требования по допустимому риску для данного объекта нецелесообразно. Поэтому оценку

риска для аварий с выбросом опасного вещества на ОПО  $10^{-4} - 10^{-5}$  можно считать приемлемой.

*Вывод:* уязвимым элементом в работе газовой котельной является газопровод, так как при воздействии поражающих факторов ЧС теряет способность функционировать и может вызвать полную остановку производственного процесса.



Рисунок 3 – Дерево отказов при работе газовой котельной

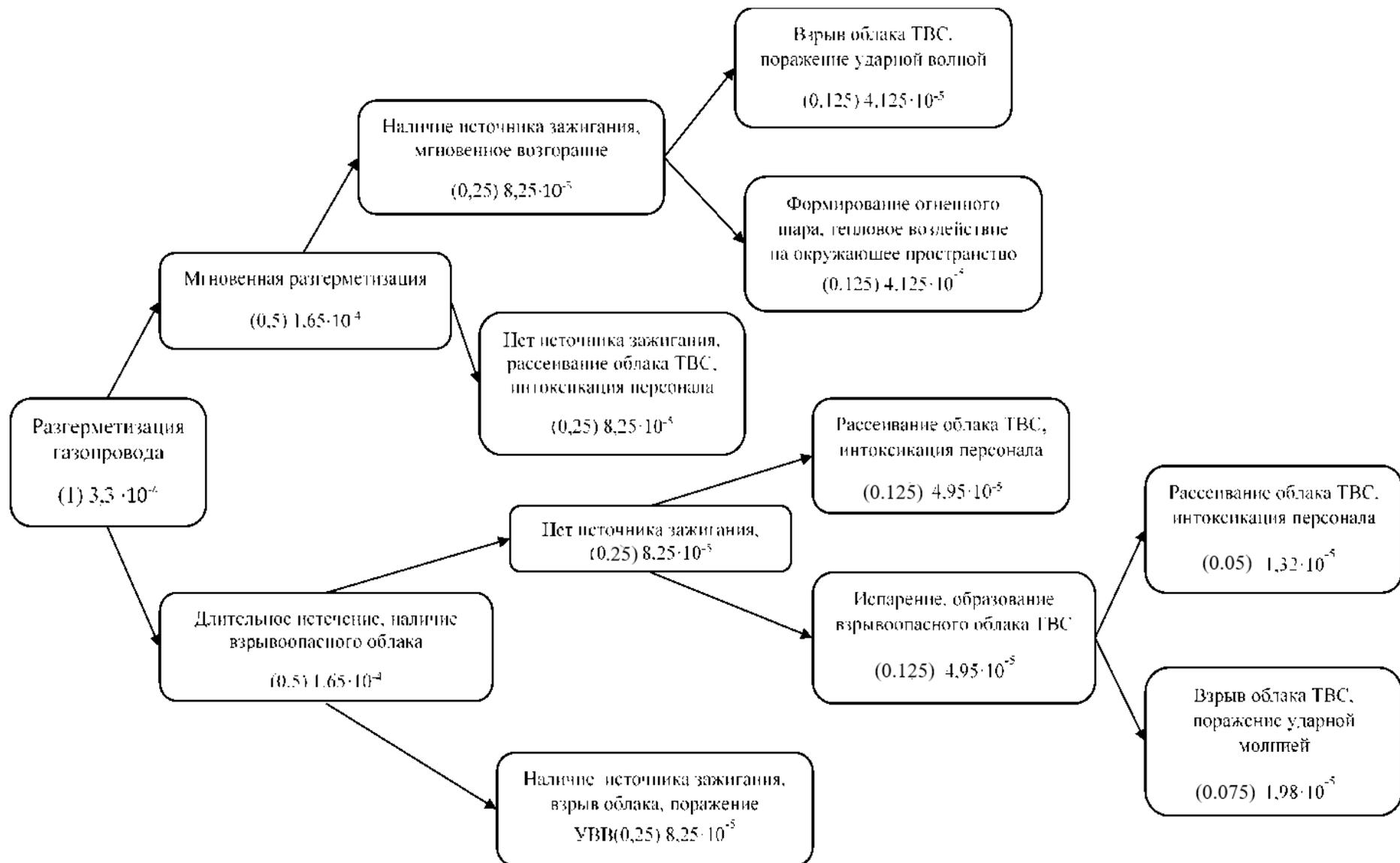


Рисунок 4 – Дерево событий при аварии на газовой котельной.

### 3.6 Влияние пожара и взрыва в помещении котельной на газорегуляторный пункт (ГРП)

ГРП предназначен для снижения давления газа и поддержания его в заданных пределах. На заданной котельной ГРП находится в 15 метрах от котельной. В этом разделе нужно рассчитать зоны действия поражающих факторов при пожаре и взрыве в помещении котельной на ГРП.

Расчеты были выполнены по методике [9]. Результаты расчетов представлены в таблицах 6, 7.

*Пожар в помещении котельной.*

Таблица 6 – Расчет зон действия поражающих факторов

Параметр	Количество, размер
Масса опасного вещества, т	0,032
<b>Параметры огненного шара</b>	
Диаметр шара	16,6 м
Время существования огненного шара	2,64 с
Болевой порог (при интенсивности теплового излучения огненного шара равного 1,4 кВт/м <sup>2</sup> ).	63 м
Ожог первой степени при интенсивности теплового излучения равного 9,6 кВт/м <sup>2</sup>	30,1 м
Ожог второй степени при интенсивности теплового излучения равного 27,4 кВт/м <sup>2</sup>	17,9 м
Ожог третьей степени при интенсивности теплового излучения равного 49,0 кВт/м <sup>2</sup>	11,3 м

*Взрыв в помещении котельной*

Согласно результатам расчетов, при аварии высвобождается масса опасного вещества равная 0,13 т.

Таблица 7 – Параметры избыточного давления, возникающего при взрыве облака топливно-воздушной смеси (ТВС).

Параметр	Количество, размер
Характер воздействия/критическое значение избыточного давления, кПа	Расстояние распространения УВВ, м /величина импульса волны давления, Па·с
Тяжелые разрушения зданий/100	12,05/207,01
Средние разрушения зданий/53	16,93/147,34
Слабые разрушения зданий/28	24,75/100,79
Умеренные повреждения зданий/12	44,13/56,52
Нижний порог повреждения человека/5	88,2/28,28

*Выводы:* ГРП попадает в зону средних разрушений

### **3.7 Определение устойчивости объекта в ЧС мирного времени**

Для повышения устойчивости работы объекта и для улучшения экологических показателей, руководством предприятия было внесено предложение заменить резервное мазутное топливо марки М-100 на резервуар с метаном вместимостью 10 тонн, на случай выхода из строя газопровода

Был произведен расчет аварийной ситуации, предусматривающий мгновенное разрушение резервуара с метаном.[10] Результаты расчета представлены в таблице 8.

Необходимо определить количество пострадавших среди персонала объекта в случае мгновенного разрушения резервуара с метаном вместимостью 10 т.

Плотность размещения персонала на объекте: на открытой местности - 0,0009 чел/м<sup>2</sup>; в промышленных зданиях – 0,01 чел/м<sup>2</sup>; в административном здании – 0,1 чел/м<sup>2</sup>.

Площадь: промышленного здания №1 – 7000 м<sup>2</sup>, площадь промышленного здания №2 – 12750 м<sup>2</sup>, площадь промышленного здания №3 – 13300 м<sup>2</sup>; административного – 2400 м<sup>2</sup>. Для упрощения расчета принимаем, что действие поражающих факторов источника ЧС не выходит за территорию объекта.

Резервуар окружен технологическим оборудованием, размещенным с высокой плотностью. Расстояния от места аварий до промышленного здания №1 – 250 м, до промышленного здания №2 – 250м, до промышленного здания №3 – 320м, до административного здания – 450 м.

Расчет этой аварийной ситуации производится по методике определения расчётных величин пожарного риска на производственных объектах [9], а также по методике расчёта устойчивости объектов экономики в чрезвычайных ситуациях [10].

1. *Определим массу метана, участвующего в реакции.*

В данном случае произошло мгновенное разрушение резервуара, поэтому реакции принимают участие 10 т метана (М), а при образовании огненного шара 60% массы газа (т), т.е. 6 т (масса газа в облаке газозвушной смеси (ТВС).

$$m = 0,6 \times M, M = 10 \text{ тонн}$$

$$m = 3,6 \text{ т}$$

2. *Определим режим взрывного превращения облака ТВС.*

По табличным данным определяем номер класса пространства, окружающего место аварии – **2 класс** [10].

Определяем класс взрывоопасного вещества – **4 класс** [10]. Исходя из этого, можно сделать вывод, что вероятный режим взрывного превращения – **4 режим** [10].

3. *Определим радиусы зон разрушений.*

По табличным данным определяем вспомогательные коэффициенты (а) для различных степеней разрушений зданий.

Таблица 8 - Вспомогательные коэффициенты для различных степеней разрушения зданий

Степень разрушения	Тип зданий	Режим взрывного превращения – 4
Полная	П	1,52
	Ж	1,62
Сильная	П	1,77
	Ж	1,87
Средняя	П	1,97
	Ж	2,17
Слабая	П	2,32
	Ж	2,52
Расстекление		2,62

Радиусы зон разрушений и зоны расстекления можно определить с помощью формулы:

$$R_i = 10^{(0.32 \lg M + a)}, \quad (1)$$

где  $R_i$  – радиус зоны разрушения (полной, сильной, средней, слабой) или зоны расстекления, м;

$M$  – масса топлива, участвующая в реакции, т;

$a$  – вспомогательный коэффициент;

$R'$  – условный радиус зоны разрушения или расстекления.

Таблица 9 – Степени разрушения зданий

Степень	Тип зданий	$R_i$	$R'$
Полная	П	58,75	1,77
	А	73,96	1,87
Сильная	П	104,47	2,018
	А	131,52	2,12
Средняя	П	165,58	2,22
	А	262,43	2,42
Слабая	П	370,69	2,57
	А	587,5	2,77
Расстекление		739,62	2,87

Так как административное здание расположено на расстоянии 450 м, а промышленные – на расстоянии 250м, 270м и 320м соответственно, то они получат слабую степень разрушения.

4. *Определим число людей, пораженных воздушной ударной волной на открытой местности.*

Радиусы зон поражения людей определяются с помощью вспомогательного коэффициента ( $a$ ), используя формулу,

$$R_i = 10^{(0.32 \lg M + a)} = 10^{R'}, \quad (2)$$

Таблица 10 – Радиусы зон поражения людей

Номер зоны и вероятность поражения людей, %	Коэффициент $a$	Радиусы зон поражения людей
99	1,38	$R_6=42,56$
90	1,44	$R_5=48,87$
50	1,49	$R_4=54,83$
10	1,59	$R_3=69,03$
1,0	1,68	$R_2=84,92$
Порог поражения	1,74	$R_1=97,5$

1) Найдем число пострадавших людей в 6-ой зоне ( $P'_m = 99 \%$ ).

Радиус зоны, в которой погибнет 99 % людей, составляет  $R_6 = 88,92$  м.

Площадь зоны:

$$S_6 = \pi \times R_6^2, \quad (3)$$

$$S_6 = 3.14 \cdot 42.56^2 = 5615.2 \text{ м}^2$$

Число погибших в шестой зоне:

$$N_6 = S_6 \cdot \rho_{ом} \cdot P_{6м} \quad (4)$$

где  $\rho_{ом}$  - плотность персонала на открытой местности.

$$N_6 = 5615,2 \cdot 0,0009 \cdot 0,99 = 5 \text{ чел.}$$

2) Число погибших, в пятой зоне  $P_{5,м}=90\%$ .

Площадь зоны, в которой погибнет от 90 % до 99 % людей (в среднем 95%)

$$S_5 = S'_5 - S_6, \quad (5)$$

где  $S_5'$  – суммарная площадь 5 и 6 зоны.

Радиус границы пятой зоны  $R_5 = 102,1$  м, тогда

$$S_5 = 3.14 \cdot 48,87^2 = 1883,1 \text{ м}^2$$

Число пострадавших в пятой зоне:

$$N_5 = S_5 \cdot \rho_{\text{ом}} \cdot P_{5\text{м}} \quad (6)$$

$$N_5 = 1883,1 \cdot 0,0009 \cdot 0,95 = 2 \text{ чел.}$$

3) Число пострадавших в четвертой зоне (50-90%):

Площадь зоны, в которой погибнет от 50% до 90% людей (в среднем 70%)

$$S_4 = 3.14 \cdot 54,83^2 = 1820,43 \text{ м}^2$$

Число пострадавших в четвертой зоне:

$$N_4 = 1820,43 \cdot 0,0009 \cdot 0,7 = 1 \text{ чел.}$$

4) Число пострадавших в третьей зоне (10-50%):

$$S_3 = 3.14 \cdot 69,03^2 - 3,14 \cdot 54,83^2 = 5522,67 \text{ м}^2$$

$$N_3 = 5522,67 \cdot 0,0009 \cdot 0,3 = 1 \text{ чел.}$$

5) Число пострадавших во второй зоне:

$$S_2 = 3.14 \cdot 84,92^2 - 3,14 \cdot 69,03^2 = 7681,3 \text{ м}^2$$

$$N_2 = 7681,3 \cdot 0,0009 \cdot 0,55 = 1 \text{ чел.}$$

Общее число погибших людей от воздушной ударной волны на открытой местности составит 9 человек.

*5. Определим число погибших людей, находящихся в промышленных административных зданиях.*

Промышленные и административные здания попали в зону слабых разрушений (четвертую), в остальных зонах зданий нет.

1) Количество людей, находящихся в административном здании:

$$N_{4\text{жс}} = S_{\text{жс}} \cdot \rho_{\text{жс}}, \quad (7)$$

где  $S_{\text{жс}}$  – площадь административного здания,  $\text{м}^2$ ;

$\rho_{жс}$  – плотность персонала в административном здании

$$N_{4жс} = 2400 \cdot 0,1 = 240 \text{ чел.}$$

2) Количество людей, находящихся в промышленном здании:

$$N_{4н} = S_n \cdot \rho_n, \quad (8)$$

где  $S_n$  – площадь промышленного здания, м<sup>2</sup>;

$\rho_n$  – плотность персонала в промышленном здании

$$N_{4н} = 7000 \cdot 0,1 = 70 \text{ чел.}$$

$$N_{4н} = 12750 \cdot 0,01 = 127 \text{ чел.}$$

$$N_{4н} = 13300 \cdot 0,1 = 133 \text{ чел.}$$

Вероятность выживания людей в зоне слабых разрушений (четвертой зоне) в административных зданиях  $P_{4жс} = 98 \%$ , в промышленных зданиях  $P_{4н} = 90 \%$ .

3) Число пострадавших людей в зданиях равно:

$$N_3 = N_{4жс} \cdot (1 - P_{4жс}) + N_{4н} \cdot (1 - P_{4н}) \quad (9)$$

$$N_3 = 240 \cdot (1 - 0,98) + 70 \cdot (1 - 0,9) + 127 \cdot (1 - 0,9) + 133 \cdot (1 - 0,9) = 38 \text{ чел.}$$

Общее число погибших от воздушной ударной волны 38 человек.

6. *Определим число людей, пораженных тепловым воздействием.*

Параметры огненного шара:

1) Радиус огненного шара:

$$R_{ош} = 3,2 \cdot m^{0.325} \quad (10)$$

$$R_{ош} = 3,2 \cdot 3600^{0.325} = 45.81 \text{ м.}$$

2) Время существования огненного шара:

$$t = 0.85 \cdot m^{0.26} \quad (11)$$

$$t = 0.85 \cdot 3600^{0.26} = 7 \text{ с.}$$

3) По таблице 6 приложения определяем, что тепловой поток на поверхности огненного шара ( $Q_0$ ) составит 200 кВт/м

4) Площадь, покрываемая огненным шаром:

$$S_{ош} = 3,14 \cdot R_{ош}^2 \quad (12)$$

$$S_{ош} = 3,14 \cdot 45,81^2 = 6589,47 \text{ м}^2$$

5) Число погибших:

$$N_{ош} = S_{ош} \cdot \rho_{ом} \quad (13)$$

$$N_{ош} = 6589,47 \cdot 0,0009 = 6 \text{ чел.}$$

Считаем, что вероятность гибели человека на площади, покрываемой огненным шаром равна 100 %.

*7. Число погибших людей, находящихся в различных зонах теплового воздействия.*

1) Число погибших людей, находящихся в зоне, где вероятность их гибели составляет более 95 %. Индекс дозы теплового излучения ( $J$ )  $3,7 \cdot 10^3$  кВт/м<sup>2</sup>.

Радиус зоны, где наблюдается данный тепловой индекс, равен:

$$X_{95} = R_{ош} \cdot Q^{0.5} \cdot \left(\frac{t}{J}\right)^{\frac{3}{8}} \quad (14)$$

$$X_{95} = 45,81 \cdot 200^{0.5} \cdot \left(\frac{13}{3,7 \cdot 10^3}\right)^{\frac{3}{8}} = 83,16 \text{ м}$$

Площадь зоны, где вероятность гибели людей более 95 %

$$S_{95} = 3,14 \cdot (X_{95}^2 - R_{ош}^2), \quad (15)$$

$$S_{95} = 3,14 \cdot (83,16^2 - 45,81^2) = 15125,47 \text{ м}^2$$

Число пострадавших в данной зоне:

$$N_{95} = S_{95} \cdot P_{95} \cdot \rho_{ом}, \quad (16)$$

где  $P_{95}$  – средняя вероятность гибели людей в зоне (на границе зоны вероятность гибели 95 %).

$$N_{95} = 15125,47 \cdot 0,975 \cdot 0,0009 = 13 \text{ чел.}$$

2) Число погибших людей, находящихся в зоне, где вероятность их гибели находится в пределах от 65 до 95 % (среднее значение - 80 %). Индекс дозы теплового излучения( $J$ ) для вероятности 65 % составляет 1500.

Радиус зоны, где наблюдается данный индекс дозы теплового излучения:

$$X_{65} = 45.81 \cdot 200^{0.5} \cdot \left(\frac{13}{1500}\right)^{\frac{3}{8}} = 109,18 \text{ м}$$

Площадь зоны:

$$S_{65} = 3.14 \cdot (109,18^2 - 83,16^2) = 15714,72 \text{ м}^2$$

Число пострадавших в данной зоне:

$$N_{65} = 15714,72 \cdot 0,8 \cdot 0,0009 = 11 \text{ чел.}$$

3) Число погибших людей, находящихся в зоне, где вероятность их гибели составляет от 25 до 65 % (среднее значение - 45 %). Индекс дозы для данной зоны  $J_{25} = 800$ .

Радиус зоны, где наблюдается данный индекс дозы теплового излучения:

$$X_{25} = 45.81 \cdot 200^{0.5} \cdot \left(\frac{13}{800}\right)^{\frac{3}{8}} = 138,21 \text{ м}$$

Площадь зоны:

$$S_{25} = 3.14 \cdot (138,21^2 - 109,18^2) = 22550,64 \text{ м}^2$$

Число пострадавших в данной зоне:

$$N_{25} = 22550,64 \cdot 0,45 \cdot 0,0009 = 9 \text{ чел.}$$

4) Число погибших людей в зоне, где вероятность их гибели составляет от 5 до 25 % (в среднем - 15 %). Параметры зоны:  $J_5 = 500$ .

Радиус зоны, где наблюдается данный индекс дозы теплового излучения:

$$X_5 = 45.81 \cdot 200^{0.5} \cdot \left(\frac{13}{500}\right)^{\frac{3}{8}} = 347,41 \text{ м}$$

Площадь зоны:

$$S_5 = 3.14 \cdot (347,7^2 - 292,11^2) = 164,84 \text{ м}^2$$

Число пострадавших в данной зоне:

$$N_5 = 164,84 \cdot 0,15 \cdot 0,0009 = 0 \text{ чел.}$$

Общее число пострадавших от теплового потока:

$$N_{\text{т.п.}} = 6 + 13 + 9 = 39 \text{ чел.} \quad (17)$$

8. Найдём общее количество людей, погибших на объекте в результате аварии.

Количество пострадавших в зонах совместного действия воздушной ударной силы и теплового излучения определяется на основе сложения вероятности гибели людей от двух поражающих факторов.

Количество погибших людей на площади, покрываемой огненным шаром и в зоне гибели людей от ударной волны с вероятностью 0,99.

В данной зоне ограниченной окружностью с радиусом 45,81 м погибнет 100 % персонала, т.е. 6 человек.

Далее зона  $R_{\text{ош}} - R_5$ :

$$N_{5,95} = 3,14 \cdot (48,87^2 - 45,81^2) \cdot \rho_{\text{ом}} \cdot (P_{95} + P_{97,5} - P_{95} \cdot P_{97,5}) \quad (18)$$

$$N_{5,95} = 3,14 \cdot (48,87^2 - 45,81^2) \cdot 0,0009 \cdot (0,95 + 0,975 - 0,95 \cdot 0,975) = 1 \text{ чел.}$$

Зона  $R_4$ :

$$N_{4,95} = S_4 \cdot \rho_{\text{ом}} \cdot (P_{70} + P_{97,5} \cdot P_{70} \cdot P_{97,5}) \quad (19)$$

$$N_{4,95} = 1820,43 \cdot 0,0009 \cdot (0,7 + 0,975 - 0,7 \cdot 0,975) = 2 \text{ чел.}$$

Зона  $R_3$ :

$$N_{3,95} = S_3 \cdot \rho_{\text{ом}} \cdot (P_{30} + P_{97,5} \cdot P_{30} \cdot P_{97,5}) \quad (20)$$

$$N_{3,95} = 5522,67 \cdot 0,0009 \cdot (0,3 + 0,975 - 0,3 \cdot 0,975) = 5 \text{ чел.}$$

Зона  $R_2$ :

$$N_{2,95} = 3,14 \cdot (84,92^2 - 83,16^2) \cdot \rho_{\text{ом}} \cdot (P_5 + P_{97,5} \cdot P_5 \cdot P_{97,5}) \quad (21)$$

$$N_{4,95} = 3,14 \cdot (84,92^2 - 83,16^2) \cdot 0,0009 \cdot (0,05 + 0,975 - 0,05 \cdot 0,975) = 0 \text{ чел.}$$

Общее количество погибших в результате аварии на пожаровзрывоопасном объекте:

$$N_{\text{общ}} = 7 + 39 + 38 = 84 \text{ чел.} \quad (22)$$

Таблица 11 – Определение устойчивости объекта в ЧС мирного времени

Параметр	Количество, размер
Масса опасного вещества, т	10
Радиус огненного шара	45,81 м
Время существования огненного шара	7 с
Площадь, покрываемая огненным шаром	6589,7 м <sup>2</sup>
Общее число пострадавших от теплового потока	39 человек
Общее число погибших людей от воздушной ударной волны на открытой местности	9 человек
Общее число погибших людей от воздушной ударной волны в зданиях и сооружениях	38 человек

*Выводы:* Взрыв резервуара с метаном повлечет за собой огромные жертвы.

Целесообразно оставить резервным топливом мазут марки М-100.

### **3.8 Оценка устойчивости технологического состояния газовой котельной**

*Оценка надежности системы газоснабжения.* Газ подается по двум независимым газопроводам через две газораспределительные станции. Они размещаются за пределами города с разных сторон.

На газовых сетях установлены отключающие устройства. на газопроводах стоит запорная арматура с дистанционным управлением и краны, автоматически прекращающие подачу газа при разрыве труб, что позволяет отключить газовые сети определенных участков промышленного объекта.

*Оценка надежности оборудования котельной.* По данным внутриобъектовых документов была исследована статистика отказов и ремонта оборудования газовой котельной за 2015-2016 гг. Статистика выглядит следующим образом:

- 1 Счетчики – 29%

- 2 Автоматика – 27%
- 3 Насос сетевой – 13%
- 4 Мембранный бак – 11%
- 5 Насос контура ГВС – 9%
- 6 Деаэратор – 4,7%
- 7 Установки химводоподготовки – 2,3%
- 8 Насос рециркуляционный – 2,1%
- 9 Насос подпиточный – 1,4%
- 10 Теплообменник пластинчатый – 0,5%

*Система энергоснабжения.* Оборудование котельной работает от внешней электросети. Предусмотрены в качестве двух независимых источников энергоснабжения две трансформаторные станции.

*Резервное топливное хозяйство.* Существует проблема износа магистральных газопроводов, и распределительных сетей. В то же время нагрузки по транспорту газа постоянно возрастают. В таких условиях вероятность аварий на газовых сетях сильно возрастает, что обуславливает необходимость аварийного топлива. На котельной используется в качестве аварийного топлива мазут.

*Молниезащита дымовых труб.* Для защиты людей от поражения электрическим током предусмотрено защитное заземление и уравнивание потенциалов, что соответствует требованиям главы 1-7 ПУЭ. Для уравнивания потенциалов установлен магистральный проводник системы уравнивания потенциалов по периметру котельной на отметке 0,4, выполненный из стали полосовой 40×4 мм. Внутренний контур заземления подключен болтами к главной заземляющей шине (ГЗШ) двумя проводниками ПВЗ-1×25. В качестве главной заземляющей шины принята шина РЕ вводного щита.

Котельная кабельного предприятия размещена в специальном отдельно стоящем сооружении. Здание котельной имеет облегчённое перекрытие и лёгкое стеновое заполнение.

Тепловая сеть построена по кольцевой системе, трубы отопительной системы проложены в специальных каналах. Запорные и регулировочные вентили размещены на территории, не заваливаемой при разрушении зданий и сооружений. На тепловых сетях стоит запорная и регулирующая арматура (задвижки, вентили и т.п.), предназначенная для отключения повреждённых участков.

В качестве итога по исследованию устойчивости функционирования газовой котельной была выполнена проверка на соответствие характеристик газовой котельной требованиям СП 89.13330.2012 «Котельные установки» [11]

### **3.9 Мероприятия по повышению устойчивости функционирования газовой котельной**

Итогом работы комиссии по ПУФ является создание плана мероприятий по повышению устойчивости функционирования объекта. Мероприятия, предусмотренные планом, должны выполняться в ходе обычного производственного процесса, во время выполнения на объекте работ по капитальному строительству, ремонту и т.д.

Мероприятия по повышению устойчивости газовой котельной можно разделить на следующие категории:

- Организационные;
- Инженерно-технические
- Специальные технологические мероприятия.

Организационные:

- Обновить базу инструкций (наставлений, руководств) по снижению опасности возникновения аварийных ситуаций на объекте, безаварийной остановке производства, локализации аварий и ликвидации последствий, а также по организации восстановления нарушенного производства;

- Создание и содержание в постоянной готовности систем оповещения и управления при ЧС;

- Создание нештатного формирования гражданской обороны на территории предприятия.

Инженерно-технические:

- Проверить готовность автономных источников электроснабжения, используемых для безаварийной остановки производства;

- Подготовить оборудование технологических линий и отдельных участков к безаварийной остановке при внезапном отключении внешнего электроснабжения;

- Разработать проекты и образцы специальных защитных устройств, предохраняющих технологическое оборудование от падающих обломков разрушаемого здания;

- Внедрение в диспетчерское управление и обслуживание газового хозяйства телемеханических устройств и автоматики.

## 4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

### Введение

Социальная ответственность — широкое понятие, охватывающее и такие проблемы, как экология, социальная справедливость, равноправие. Организации обязаны проявлять ответственность в трех областях — финансы, влияние их деятельности на общество и окружающую среду, воздействие на экологию. Это относится не только к бизнесу, но и к правительственным, общественным и добровольческим организациям.

Вопрос обеспечения устойчивости функционирования предприятия в условиях чрезвычайной ситуации является одним из важнейшим среди вопросов, касающихся безопасности страны. В данной квалификационной работе этот вопрос рассматривается на примере объекта топливно-энергетического комплекса, а именно газовой котельной. Топливо-энергетический комплекс является одной из системообразующих отраслей экономики государства. Сумма ущербов, причиняемых объектам топливно-энергетического комплекса, составляет 5-7% ВВП, поэтому экономика России в ближайшее время будет не в состоянии возмещать ущерб от катастроф.

В данных условиях возрастает роль целенаправленной предварительной подготовки объектов ТЭК к работе в условиях ЧС, а также к быстрой ликвидации их последствий. Для этого проводятся исследовательские работы по выявлению слабых мест в системе теплоснабжения и разрабатываются соответствующие инженерно-технические мероприятия.

Комплекс инженерно-технических мероприятий по повышению устойчивости функционирования газовой котельной предназначен для работы объектовой комиссии по повышению устойчивости функционирования системы теплоснабжения.

## 4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения

### безопасности.

- Нормы безопасности при эксплуатации котельных регулируются следующими документами:

- Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 07.03.2017) "О промышленной безопасности опасных производственных объектов"

- ГОСТ Р 12.3.047-98 "Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля".

- СП 89.13330.2012 Котельные установки.

- Приказ от 24 марта 2003 г. № 115 "Об утверждении Правил технической эксплуатации тепловых энергоустановок"

## 4.2 Производственная безопасность

Таблица 12 – Анализ выявленных вредных факторов при эксплуатации газовой котельной

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
- Повышенная загазованность воздуха рабочей зоны связана с работой горелок.	- Повышенная загазованность воздуха рабочей зоны;	- Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;	- ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»
- Источником повышенной температуры воздуха рабочей зоны является работа нагревательных котлов.	- Повышенная температура воздуха рабочей зоны;	- Поражение электрическим током.	- Параметры микроклимата устанавливаются СанПиН 2.2.4-548-96 [1].
	- Повышенный уровень шума на рабочем месте.	- Пожаровзрывоопасность	- Нормы по шуму: ГОСТ

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
<p>- Источником высокого уровня шума являются корпусной шум, порождаемый механическими вибрациями теплогенерирующего оборудования;</p> <p>- воздушный шум, непосредственно создаваемый процессом горения газа. Основными источниками воздушного шума являются горелка котла и система отвода дымовых газов</p> <p>- Источником опасного фактора является подвижное производственное оборудование (насосы,</p>			<p>12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности»[2]</p> <p>- Федеральный закон №256 «О безопасности объектов топливноэнергетического комплекса»</p> <p>- Федеральный закон №116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»,</p>

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
<p>инструменты)</p> <p>Источник опасного фактора – повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.</p> <p>- Источник опасного фактора - повышение давления газа создает опасность аварийного выброса большого количества газа при нарушении герметичности газопровода, что при определенных условиях может привести к возникновению взрыва, пожара и токсического</p>			

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
поражения персонала; - Источник опасного фактора - наличие в помещении котельного оборудования, работающего под давлением, фланцевых и сварных соединений, разветвленной сети трубопроводов с запорной и регулирующей арматурой повышает вероятность аварийной разгерметизации.			

*- Повышенная загазованность воздуха рабочей зоны*

При работе котлов и других тепловых устройств, использующих газообразное, жидкое или твердое топливо в воздухе производственных помещений может возникнуть избыточная концентрация оксида углерода СО, способная привести к отравлениям персонала. Причинами возникновения

повышенного содержания оксида углерода в воздухе помещений котельных являются нарушения в работе топливо - сжигающих агрегатов.

Токсическое действие окиси углерода обусловлено образованием карбоксигемоглобина, который не способен к связыванию кислорода, в результате чего наступает кислородное голодание (гипоксия, аноксия).

Симптомы острого отравления окисью углерода: головная боль, тошнота, рвота, нарушение цветоощущения, поражение центральной нервной системы (дрожание, клонические и тонические судороги, потеря сознания, кома); нарушение сердечной деятельности, расстройство дыхания, функции почек, эндокринных желез, изменение морфологического состава периферической крови со значительным содержанием карбоксигемоглобина.

Температура тела обычно повышается. Возможны последствия, чаще всего связанные с нарушением нервной и психической деятельности. Возможно развитие хронического отравления окисью углерода, для которого характерны: головные боли, головокружения, вегетативные и психические расстройства, нарушения функции сердечно-сосудистой системы (тахикардия, аритмия, гипотония), диспепсические явления, увеличение в крови эритроцитов, содержание карбоксигемоглобина свыше 15%.

Нормирование допустимых концентраций вредных веществ в воздухе, подаваемом в помещения, в воздухе рабочей зоны производственных помещений и вентиляционных выбросах с целью соблюдения санитарно-гигиенических требований предусмотрено:

1. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

2. СП 2.2.1.1312-03. Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных зданий.

3. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование.

К коллективным средствам защиты от загазованности воздуха являются средства нормализации воздушной среды производственных помещений и

рабочих мест. Они включают устройства вентиляции и очистки воздуха; кондиционирования воздуха; автоматического контроля и сигнализации.

Котельные должны быть оснащены средствами индивидуальной защиты, к которым относятся: противогазы, спасательные пояса и веревки к ним, диэлектрические перчатки и галоши. Персонал котельных должен знать правила хранения и проверки этих средств, а также уметь пользоваться ими.

*- Повышенная температура и влажность воздуха*

Причиной повышенной температуры воздуха в газовой котельной является отдача теплоты при горении газа и нагрев котельного оборудования. Высокая температура воздуха приводит к быстрому утомлению, к перегреванию организма и тепловому удару. Например, температура 50 °С, терпимая 1ч, намного превышает благоприятный уровень температуры для умственной и физической деятельности; при температуре 30 °С ухудшается умственная деятельность, замедляется реакция, появляются ошибки; при температуре 25 °С начинается физическое утомление. Кроме того, высокая температура воздуха нарушает водно-солевой обмен в организме.

Высокая влажность воздуха также вредна для человека, потому что она затрудняет испарение влаги, выделяемой организмом через кожный покров. Это приводит к быстрому утомлению, к перегреву организма и тепловому удару.

Необходимые требования к микроклимату указаны в СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»

Средствами коллективной защиты будут являться средства вентиляции и кондиционирования воздуха.

*- Повышенный уровень шума*

Нормативным документом, регламентирующим уровни шума для различных категорий рабочих мест служебных помещений, является ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности». Работа оператора котельной относится к физической работе, связанная с точностью,

сосредоточенностью или периодическим слуховым контролем допустимый эквивалентный уровень шума – 80 дБ).

Средствами коллективной защиты от избыточного шума включают устройства: оградительные; звукоизолирующие, звукопоглощающие; глушители шума; устройства автоматического контроля и сигнализации, дистанционного управления.

### **Анализ опасных факторов**

Опасные факторы, присутствующие на месте работы оператора котла делятся на механические, термические, пожаровзрывоопасные и поражение электрическим током.

#### *Механические опасные факторы:*

- движущие, вращающиеся, разлетающиеся предметы (части станков, обрабатываемые детали, заготовки, стружка, инструмент, части абразивных кругов и др.);
- падающие, перемещаемые предметы и грузы;
- высокое давление воды, водяного пара

Средства коллективной защиты включают в себя устройства: оградительные, автоматического контроля и сигнализации; предохранительные; дистанционного управления; тормозные; знаки безопасности.

Средства индивидуальной защиты: средства защиты головы (каска, шлемы, шапки, береты и т. д.), одежда специальная защитная (тулупы, пальто, полупальто, накидки, халаты и т. д.); средства защиты рук (рукавицы, перчатки, наплечники, нарукавники и т. д.); средства защиты ног (сапоги, ботинки, туфли, балахоны, тапочки и т. д.); средства защиты глаз и лица (защитные очки, щитки лицевые и т. д.)

#### *Термические опасные факторы*

- термические ожоги

Средства индивидуальной защиты: средства защиты головы (каска, шлемы, шапки, береты и т. д.), одежда специальная защитная (тулупы, пальто, полупальто, накидки, халаты и т. д.); средства защиты рук (рукавицы, перчатки, наплечники, нарукавники и т. д.); средства защиты ног (сапоги, ботинки, туфли, балахоны, тапочки и т. д.); средства защиты глаз и лица (защитные очки, щитки лицевые и т. д.)

*Пожаровзрывоопасные факторы:*

- взрыв котла с вероятностью пожара (из-за перегрева и избыточного давления, отказа структурных компонентов вследствие усталости металла и др.); травмы, вызванные действием взрывной волны, летящими осколками, пламенем, паром и др.;
- возгорание и взрыв топлива (в частности, вследствие утечки топлива); возгорание ветоши, пропитанной топливом; взрывы газо-воздушных смесей внутри котла.

Средства коллективной защиты: автоматического контроля и сигнализации; предохранительные; дистанционного управления.

Поражение электрическим током: в котельной применяют различные электрические установки. Электроустановки эксплуатируются в помещении с большой влажностью и повышенной температурой воздуха.

Статистические данные показывают, что от 1 до 3 % от всех несчастных случаев приходится на поражения током. Причинами электротравм могут являться:

- случайное прикосновение или приближение к частям под напряжением;
- появления напряжения на металлических конструкциях из-за пробоя;
- ошибочные действия персонала;
- шаговые напряжения.

Действие тока на организм человека:

- термическое действие вплоть до обугливания;

- электролитическое - разложение крови в организме человека;
- биологическое воздействие - судорожное сокращение мышц при прохождении тока через жизненно-важные органы, нервные части.

Для предотвращения поражения током на все электросиловое оборудование в котельной предусмотрено заземление в соответствии с ГОСТ 12.1.030-81 «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление». Заземлители применяются искусственные в виде труб диаметром 30 мм и длиной 3 м. Защитному заземлению подлежат металлические токоведущие части электрооборудования, которые могут из-за неисправности изоляции оказаться под напряжением и к которым возможно прикосновение людей.

Защитное зануление предусмотрено на нулевом проводе питающей сети электрооборудования и других металлических конструктивных частей корпусов, которые нормально не находятся под напряжением, но вследствие повреждения изоляции могут оказаться под напряжением. В качестве защиты при занулении используются плавкие предохранители.

Средства коллективной защиты включают оградительные, автоматического контроля и сигнализации; изолирующие устройства и покрытия; устройства защитного заземления и зануления; устройства автоматического отключения.

Средства индивидуальной защиты: специальная одежда и обувь, диэлектрические коврики.[2]

#### **4.3 Экологическая безопасность**

Газовая котельная по признаку использования, хранения горючих веществ является опасным производственным объектом (ОПО), согласно 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов".

Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» предполагается устройство санитарно-защитной зоны (СЗЗ) не менее 50 м.

Основными загрязняющими веществами являются метан и одорант, имеющий резкий запах. При сжигании природного газа в атмосферу будут выделяться продукты сгорания газа – окись углерода, диоксид и оксид азота и бензапирен. Дымовые трубы котельной являются основными, постоянно действующими источниками загрязнения

Согласно ст. 19 Федерального закона "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 № 7-ФЗ нормирование в области охраны окружающей среды заключается в установлении нормативов качества окружающей среды, нормативов допустимого воздействия на окружающую среду при ведении хозяйственной и иной деятельности, и осуществляется в целях государственного регулирования этого воздействия, гарантирующего сохранение благоприятной окружающей среды и обеспечение экологической безопасности.

По своему назначению нормирование в области охраны окружающей среды служит инструментом управления хозяйственной и иной деятельности для обеспечения экологической безопасности на основе современных достижений науки и техники с учетом международных правил и стандартов.

Законодательно установлены две группы нормативов:

- 1) нормативы качества окружающей среды;
- 2) нормативы допустимого воздействия на окружающую среду при осуществлении хозяйственной и иной деятельности.

#### **4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайная ситуация — это обстановка, сложившаяся на определенной территории или акватории в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которая может повлечь или повлекла за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Чрезвычайные ситуации могут быть техногенного, природного, биологического, социального или экологического характера.

Основной причиной ЧС в газовых котельных является разгерметизация газопровода в результате механических повреждений; отказов запорной, регулирующей и предохранительной арматуры; дефектов сварных и фланцевых соединений; коррозия, усталость металла.

Рассмотрим два сценария развития аварии газовой котельной – пожар и взрыв ГВС в помещении котельной и приведем порядок действий персонала. Причины данной аварии – разрыв сварного стыка, свищ в газопроводе, утечка природного газа из фланцевых и резьбовых соединений и появление искры.

Последовательность проведения работ по локализации и ликвидации аварии в обоих случаях:

*Пожар в котельной.*

Возможные последствия – возможные ожоги обслуживающего персонала.

*Действия оператора*

1. Перекрыть подачу газа к котлам с помощью ПКН в ГРУ.
  2. Закрыть запорные устройства котлов, открыть краны на свечах безопасности и на продувочной свече.
  3. Закрыть газовую задвижку № 1 на вводе и все последующие газовые задвижки.
  4. Вызвать пожарную команду по тел.01, вызвать ответственное лицо.
- Приступить к ликвидации пожара имеющимися средствами пожарной защиты.

*Действия ответственного лица*

1. Принять участие в тушении пожара.
2. Оказать обслуживающему персоналу первую помощь, при необходимости вызвать скорую помощь по тел.03.
3. После устранения последствий пожара вызвать представителей газового участка для пуска и розжига котлов.

*Произошел взрыв газозоудушной смеси в котельной*

### *Действия оператора*

1. Полностью отключить котельную от газоснабжения по Правилам аварийной остановки котельной.

2. Вызвать ответственное лицо, сообщить АДС газового участка по тел. 04.

### *Действия ответственного лица*

1. Обеспечить безопасность обслуживающего персонала, в случае необходимости оказать первую помощь пострадавшим и вызвать скорую помощь по тел. - 03.

2. Сохранить обстановку и оборудование (котлы, горелки, газопровод) в том состоянии, которое оказалось после аварии, если такое состояние не угрожает жизни окружающих людей.

3. Не допускать посторонних лиц в котельную.

4. Организовать работы по устранению последствий аварии после расследования причин аварии.

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

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

#### **5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

К числу постоянных нужд населения относится производство горячей воды, а с наступлением холодного сезона к постоянным нуждам населения относится и производство тепловой энергии. Производство тепловой энергии и горячего водоснабжения является ресурсозатратным производством. Необходимость проведения исследования по устойчивости функционирования газовой котельной вызвана принадлежностью данного вида производства к опасным производственным объектам (ФЗ 116) и чрезвычайной дороговизной восстановления подобных объектов в случае возникновения аварии.

Целью данного исследования является изучение устойчивости функционирования газовой котельной в условиях ЧС мирного времени и разработка мероприятий по повышению устойчивости технологического процесса и созданию условий по быстрому восстановлению производства тепловой энергии и горячего водоснабжения после аварии.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- Определить потенциальных потребителей;
- Оценить конкурентоспособность по технологии QuaD;
- Определить структуру работ в рамках научного исследования;
- Определить трудоемкость выполнения работ;
- Разработать график проведения научного исследования;
- Рассчитать бюджет научно-технического исследования.

## 5.2 Технология QuaD

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

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

### 1) Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:

- влияние нового продукта на результаты деятельности компании;
- перспективность рынка;
- пригодность для продажи;
- перспективы конструирования и производства;
- финансовая эффективность.
- правовая защищенность и др.

### 2) Показатели оценки качества разработки:

- динамический диапазон;
- вес;
- ремонтпригодность;
- энергоэффективность;
- долговечность;
- эргономичность;
- унифицированность;
- уровень материалоемкости разработки и др.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбирались исходя из выбранного объекта исследования с учетом его

технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

Для упрощения процедуры проведения QuaD оценка проводилась в табличной форме (табл. 10).

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивался экспертным путем по стобальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме составили 1.

Таблица 13 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средне взвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
<b>Показатели оценки качества разработки</b>					
1. Снижение воздействия на соседние объекты при аварии	0,25	90	100	0,9	0,225
2. Надежность обеспечения теплом и горячим водоснабжением.	0,1	70	100	0,7	0,07
3. Безопасность обслуживания котельной	0,15	80	100	0,8	0,12
4. Снижение воздействия на окружающую среду при аварии	0,1	80	100	0,8	0,08
<b>Экономические критерии оценки эффективности работы по повышению устойчивости функционирования газовой котельной</b>					
5. Цена	0,2	90	100	0,8	0,16
6. Экономическая эффективность работ по ПУФ газовой котельной	0,1	80	100	0,5	0,05
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>80</b>			<b>0,78</b>

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i \quad (23)$$

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

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i = (0.25 \cdot 90) + (0.1 \cdot 70) + (0.15 \cdot 80) + (0.1 \cdot 80) + (0.2 \cdot 80) + (0.1 \cdot 70) + (0.1 \cdot 50) = 22.5 + 7 + 12 + 8 + 16 + 7 + 5 = 77.5$$

По полученным данным средневзвешенного значения показателя качества и перспективности научной разработки  $P_{cp} = 77.5$  можно сделать вывод о том, что перспективность разработки выше среднего, значит работу целесообразно выполнять.

### **5.3 Планирование научно-исследовательских работ**

#### **5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования**

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в табл. 11.

Таблица 14 – Перечень этапов работ, распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Календарное планирование работ по теме	Студент
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	4	Выбор направления исследований	Студент
Теоретические исследования	5	Проведение анализа литературы по теме ВКР	Студент
	6	Проведение исследования,	Студент
	7	Согласование полученных данных с научным руководителем	Студент, Научный руководитель
Практические исследования	8	Подготовка образцов к исследованию	Студент
	9	Проведение эксперимента	Студент
	10	Обработка полученных данных	Студент, Научный руководитель
Обобщение и оценка результатов	11	Работа над выводами по проекту	Студент
	12	Оценка эффективности полученных результатов	Студент, Научный руководитель
Оформление отчета по НИР	13	Составление пояснительной записки к работе	Студент

### 5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} \quad (24)$$

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

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

$t_{\max i}$  -максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн. Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 1-й работы составило:

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

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 2-й работы составило:

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

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 3-й работы составило:

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

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 4-й работы составило:

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

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 5-й работы составило:

$$t_{\text{ож.5}} = \frac{3 \times 8 + 2 \times 14}{5} = 10,4 \text{ чел.-дн.};$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 6-й работы составило:

$$t_{\text{ож.6}} = \frac{3 \times 4 + 2 \times 10}{5} = 6,4 \text{ чел.-дн.};$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 7-й работы составило:

$$t_{\text{ож.7}} = \frac{3 \times 7 + 2 \times 10}{5} = 8,2 \text{ чел.-дн.};$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 8-й работы составило:

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

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 9-й работы составило:

$$t_{\text{ож.9}} = \frac{3 \times 7 + 2 \times 14}{5} = 9,8 \text{ чел.-дн.};$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 10-й работы составило:

$$t_{\text{ож.10}} = \frac{3 \times 9 + 2 \times 14}{5} = 11 \text{ чел.-дн.};$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 11-й работы составило:

$$t_{\text{ож.11}} = \frac{3 \times 6 + 2 \times 14}{5} = 8,4 \text{ чел.-дн.};$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 12-й работы составило:

$$t_{\text{ож.12}} = \frac{3 \times 5 + 2 \times 10}{5} = 7 \text{ чел.-дн.};$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 13-й работы составило:

$$t_{\text{ож.13}} = \frac{3 \times 12 + 2 \times 15}{5} = 13,2 \text{ чел.-дн.};$$

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{Pi}$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{Pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{q_i}, \quad (25)$$

Где  $T_{Pi}$  - продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{\text{ож}i}$  - ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн;

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

Продолжительность 1-й работы:

$$T_{p1} = \frac{1,8}{1} = 2 \text{ раб.дн.};$$

Продолжительность 2-й работы:

$$T_{p2} = \frac{3,8}{1} = 4 \text{ раб.дн.}$$

Продолжительность 3-й работы:

$$T_{p3} = \frac{1,4}{1} = 1 \text{ раб.дн.}$$

Продолжительность 4-й работы:

$$T_{p4} = \frac{2,4}{1} = 2 \text{ раб.дн.}$$

Продолжительность 5-й работы:

$$T_{p5} = \frac{10,4}{1} = 10 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 6-й работы:

$$T_{p6} = \frac{6,4}{1} = 6 \text{ раб.дн.}$$

Продолжительность 7-й работы:

$$T_{p7} = \frac{8,2}{2} = 4 \text{ раб.дн.}$$

Продолжительность 8-й работы:

$$T_{p8} = \frac{8,4}{2} = 4 \text{ раб.дн.}$$

Продолжительность 9-й работы:

$$T_{p9} = \frac{7}{1} = 7 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 10-й работы:

$$T_{p10} = \frac{13,2}{1} = 13 \text{ раб. дн.}$$

Таким образом, наиболее трудоемкими и продолжительными этапами работы ожидаются этапы 5, 6, 9 и 10.

### 5.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

С целью построения ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта длительность каждого из этапов работ из рабочих дней переведена в календарные дни. Для этого была использована следующая формула:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot K_{кал} \quad (26)$$

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

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;  $k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определен по следующей формуле:  $T_{кал}$

$$K_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} \quad (27)$$

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

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

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

Коэффициент календарности в 2019 году составил:

$$k_{кал} = \frac{365}{365 - 118} = 1,477$$

Продолжительность выполнения 1-й работы в календарных днях

$$T_{k1} = 2 * 1,477 = 3 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 2-й работы в календарных днях

$$T_{k4} = 2 * 1,477 = 3 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 3-й работы в календарных днях

$$T_{k2} = 4 * 1,477 = 6 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 4-й работы в календарных днях

$$T_{k3} = 1 * 1,477 = 1 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 5-й работы в календарных днях

$$T_{k5} = 10 * 1,477 = 15 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 6-й работы в календарных днях

$$T_{k6} = 6 * 1,477 = 9 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 7-й работы в календарных днях

$$T_{k7} = 4 * 1,477 = 6 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 8-й работы в календарных днях

$$T_{k8} = 2 * 1,477 = 3 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 9-й работы в календарных днях

$$T_{k9} = 10 * 1,477 = 15 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 10-й работы в календарных днях

$$T_{k10} = 6 * 1,477 = 9 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 11-й работы в календарных днях  $T$

$$T_{k11} = 4 * 1,477 = 6 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 12-й работы в календарных днях

$$T_{k12} = 7 * 1,477 = 10 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 13-й работы в календарных днях

$$T_{k13} = 13 * 1,477 = 20 \text{ кал. дн.}$$

Таблица 15 – Временные показатели научного исследования

№	Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$	Длительность работ в календарных
		$t_{min}$ , чел.	$t_{max}$	$t_{ож}$ , чел.			
1	Составление и утверждение технического задания	1	3	1,8	Научный руководитель	2	3
2	Календарное планирование работ по теме	2	3	2,4	Студент	2	3
3	Подбор и изучение материалов по теме	3	5	3,8	Студент	4	6
4	Выбор направления исследований	1	2	1,4	Студент	1	1
5	Проведение анализа литературы по теме ВКР	8	14	10,4	Студент	10	15
6	Проведение исследования по оценке устойчивости функционирования объекта	4	10	6,4	Студент	6	9
7	Согласование полученных данных с научным руководителем	7	10	8,2	Научный руководитель,	4	6
8	Подготовка исследования по разработке мероприятий по повышению устойчивости объекта	1	3	1,8	Студент	2	3
9	Проведение исследования по разработке мероприятий по повышению устойчивости объекта	7	14	9,8	Студент	10	15
10	Оценка полученных данных	9	14	11	Научный руководитель, студент	6	9
11	Оценка эффективности полученных результатов	6	12	8,4	Научный руководитель, студент	4	6

№	Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$	Длительность работ в календарных
		$t_{min}$ , чел.	$t_{max}$ , чел.	$t_{ож}$ , чел.			
12	Работа над выводами по проекту	5	10	7	Студент	7	10
13	Составление пояснительной записки к работе	12	15	13,2	Студент	13	20

На основе таблицы 3 построим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта на основе табл. 4 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различным цветом в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица – 16. Календарный план-график выполнения НИОКР по теме «Повышение устойчивости работы газовой котельной на кабельном производстве»

№	Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февраль			март			апрель			май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель	3														
2	Календарное планирование работ по теме	Студент	3														

№	Вид работ	Исполнители	Тki , ка л. дн.	Продолжительность выполнения работ											
				февраль			март			апрель			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
3	Подбор и изучение материалов по теме	Студент	6		■										
4	Выбор направления исследований	Студент	1												
5	Проведение анализа литературы по теме	Студент	15		■	■	■								
6	Проведение исследования по	Студент	9				■								
7	Согласование полученных данных с научным руководителем	Научный руководитель, студент	6					■							
8	Подготовка исследования по разработке	Студент	3					■	■						
9	Проведение исследования по	Студент	15							■					
10	Оценка полученных данных	Научный руководитель, студент	9								■				
11	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, студент	6								■	■			
12	Работа над выводами по проекту	Студент	10										■	■	
13	Составление пояснительной	Студент	20										■	■	■

#### 5.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

процессе формирования бюджета НИИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НИИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

#### **5.4.1 Расчет материальных затрат НИИ**

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, были занесены в таблицу 17.

Таблица 17 – Материальные затраты для данной разработки

<b>Наименование</b>	<b>Ед. изм.</b>	<b>Количество</b>	<b>Цена за ед., руб</b>	<b>Затраты на мат-лы,</b>
Бумага	Пачка	1	300	300
Картридж	Шт.	1	800	800
Ручка	Шт.	5	15	35
Карандаш	Шт.	3	10	30
Тетрадь	Шт.	2	35	70
<b>Итого:</b>				<b>1275</b>

#### **5.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ**

Все расчеты по приобретению спецоборудования, включая 15% на затраты по доставке и монтажу, отображены в табл. 15.

Таблица 18 – Расчет затрат на оборудование для научных работ

Наименование оборудования	Кол-во	Стоимость, руб.	Амортизационные отчисления
Компьютер, в т.ч	1	27070	1082,8
Системный блок	1	18990	759,6
Монитор	1	6590	263,6
Манипулятор-мышь	1	300	12
Клавиатура	1	400	16
Сетевой фильтр	1	790	31,6
Принтер	1	3990	159,6
ИТОГО		31060	2325,2

### 5.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Заработная плата научного руководителя и студента включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (28)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (15 % от  $Z_{осн}$ ).

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) научного руководителя и студента рассчитана по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p \quad (29)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.;  $Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (30)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течении 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;

$F_{Д}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научнотехнического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{м} = Z_{мс} \cdot (1 + k_{np} + k_{д}) \cdot k_{р} \quad (31)$$

где  $Z_{мс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{np}$  – премиальный коэффициент;

$k_{д}$  – коэффициент доплат и надбавок;

$k_{р}$  – районный коэффициент.

Месячный должностной оклад руководителя темы, руб.:  $Z_{м} = 36800 \cdot (1 + 0,3 + 0,3) \cdot 1,3 = 76544$

Месячный должностной оклад дипломника, 17000 руб.

$$Z_{м} = 17000 \cdot (1 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,3 = 30940$$

Таблица 19 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель темы	Инженер (дипломник)
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	105	105
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	28	28
- невыходы по болезни	15	5
Действительный годовой фонд рабочего времени	203	213

Среднедневная заработная плата научного руководителя, руб.:

$$Z_{дн} = \frac{76544 \times 10,4}{203} = 3921$$

Среднедневная заработная плата студента, руб.:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{30940 \times 11,2}{213} = 1627$$

Рассчитаем рабочее время:

Руководитель:  $T_p=16$  раб.дней

Студент:  $T_p=69$  раб.дней

Основная заработная плата научного руководителя составила:

$$Z_{\text{осн}} = 3921 * 16 = 62736 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата студента составила:

$$Z_{\text{осн}} = 1627 * 69 = 112263 \text{ руб.}$$

Таблица 20 – Расчет основной заработной платы научного руководителя и студента

Исполнители	$Z_{\text{тс}}$ ,	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$ ,	$Z_{\text{дн}}$ ,	$T_{\text{р}}$ ,	$Z_{\text{осн}}$ ,
	руб				руб	Руб	раб.дн.	руб
Научный руководитель	36800	0,3	0,3	1,3	76544	3921	16	62736
Студент	17000	0,2	0,2	1,3	30940	1627	69	112263
<b>Итого <math>Z_{\text{осн}}</math></b>								<b>174999</b>

#### 5.4.4 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (32)$$

где  $Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата, руб.;  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной зарплаты, 0,12;  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, руб.

Дополнительная заработная плата научного руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = 62736 * 0,12 = 7528 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата студента:

$$Z_{\text{доп}} = 112263 * 0,12 = 13472 \text{ руб.}$$

Таблица 21 – Дополнительная заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Студент
Основная зарплата	62736	112263
Дополнительная зарплата	7528	13472
<b>Итого, руб</b>	<b>195999</b>	

#### 5.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (33)$$

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

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,28 * 195999 = 46479.72 \text{ руб}$$

#### 5.4.6 Накладные расходы

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } \frac{1}{4}) \cdot k_{\text{нр}} \quad (34)$$

Накладные расходы составили:

$$Z_{\text{накл}} = (2475+195999) \cdot 0,16 = 31756 \text{ руб.}$$

### 5.5 Определение эффективности исследования

Энергетическое хозяйство городов является важной частью городской инфраструктуры, так как от его эффективности напрямую зависит жизнеспособность населения городов, населённых пунктов и страны в целом, особенно в холодный период года. Перебои в работе коммунально-энергетического хозяйства оказывают существенное влияние на

функционирование промышленных предприятий и различных по роду деятельности организаций. Поэтому одной из важнейших задач, стоящих перед органами исполнительной власти всех уровней, является предупреждение возникновения ЧС мирного времени и ослабление их последствий.

Совершенно очевидно, что руководителям органов исполнительной власти всех уровней, руководителям всех объектов, независимо от форм их собственности, надлежит разрабатывать и выполнять мероприятия по защите населения и персонала объектов экономики от воздействия поражающих факторов в ЧС мирного и военного времени. Наряду с этим стоит задача: восстановления объектов в случае получения ими повреждений или разрушений в ЧС. Для решения этих задач необходимо проведение в мирное время целого комплекса соответствующих мероприятий, что позволяет значительно снизить экономические потери в случае возникновения ЧС.

В данной работе, посвященной разработке мероприятий по повышению устойчивости функционирования газовой котельной была определена структура работ в рамках научного исследования. Работа состоит из 13 основных этапов, которые составляют структуру научного исследования.

Была определена трудоемкость выполнения работы, длительность выполнения работ в рабочих и календарных днях. Составлен календарный план-график выполнения ВКР, который показывает, что наиболее продолжительными этапами работы являются: «Проведение анализа литературы по теме ВКР», «Проведение исследования по оценке устойчивости функционирования объекта, выполнение поставленных руководителем задач», «Проведение исследования по разработке мероприятий по повышению устойчивости объекта», «Оценка полученных данных».

Был рассчитан бюджет научно-технического исследования. Были рассчитаны материальные затраты НТИ, основные и дополнительные заработные платы руководителя и студента, отчисления на социальные нужды и накладные расходы. Проведенный расчет стоимости НТИ показал, что общая стоимость составляет 289030 руб.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время территория нашей страны сохраняет высокий уровень техногенной и природной опасности. Число аварий на объектах ТЭК остается значительным.

В работе приведена основная нормативно-правовая база, на основании которой проводятся мероприятия по оценке устойчивости работы объекта и мероприятия по повышению устойчивости, в том числе и на стадии строительства. В этих документах содержатся требования к строительству сооружений и перечень инженерно-технических мероприятий.

Устойчивость функционирования топливно-энергетического хозяйства обеспечивается разработкой и формированием мероприятий, направленных на предупреждение и ликвидацию чрезвычайных ситуаций. Устойчивость функционирования складывается из следующих параметров:

1. надёжность защиты рабочих и служащих;
2. надёжность системы материально-технического снабжения (МТС) всем необходимым для производства продукции;
3. надёжность систем коммунально-энергетического снабжения (КЭС);
4. надёжность и оперативность управления производством;
5. подготовленность объекта к восстановлению в случае повреждений, разрушений;
6. подготовленность объекта к ведению АС и ДНР по восстановлению нарушенного производства.

Мероприятия по обеспечению устойчивости функционирования объектов топливно-энергетического хозяйства должны осуществляться заблаговременно, с учетом прогнозирования возникновения техногенных и стихийных чрезвычайных ситуаций, а также ожидаемых последствий их возникновения.

В данной работе было изучено влияние дестабилизирующих факторов на работу газовой котельной на кабельном производстве в г. Томске Томской области. К таким факторам относятся: климатические условия района расположения газовой котельной; возможные ЧС в результате взрыва резервуара с метаном, а также аварийные ситуации в результате взрыва и пожара в помещении газовой котельной.

В результате взрыва в помещении котельной, ГРП, находящийся на расстоянии 15 м от здания котельной, попадает в зону средних разрушений (критическое значение избыточного давления – 53 кПа, импульс волны давления – 147,34 Па·с).

Также руководством было предложено в целях повышения устойчивости, заменить резервное топливо мазут марки М-100 на метан. В результате расчетов, были выявлено, что такая замена, в случае аварийной ситуации, может привести к огромным человеческим жертвам. Рекомендуется оставить резервным топливом мазут

В результате аварийных событий на газовой котельной появляются опасные факторы, способные привести к поражению людей. Были приведены сценарии развития аварий на котельной и сопутствующие им опасные факторы.

Выяснено, что выполнение требований по проектированию газовой котельной согласно нормативным документам выполнено в полном объеме. Однако установлено, что уязвимым звеном в технологическом процессе является газопровод, который при воздействии факторов ЧС может выйти из строя и работа котельной станет невозможной. Поэтому были предложены дополнительные организационные, инженерно-технические и специальные технологические мероприятия, которые повысят надежность работы и способность к восстановлению функционирования котельной в режиме ЧС.

Необходимо проведение дополнительных мероприятий по обеспечению безопасности и надежности работы газовой котельной. Поэтому были

предложены дополнительные организационные, инженерно-технические и специальные технологические мероприятия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон №256 «О безопасности объектов топливноэнергетического комплекса»
2. Федеральный закон №116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»,
3. Федеральный закон №68 «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»
4. Эксперты: Проблема теплоснабжения в России стала критической // РИА "Новый день" URL: <https://newdaynews.ru/moskow/564259.html> (дата обращения: 10.06.2017)
5. Столпнер Е.Б. Справочное пособие для персонала газифицированных котельных/ Е.Б. Столпнер, З.Ф. Панюшева. Л: Недра – 1990. – 197 с.
6. Тарасюк В. Эксплуатация котлов: практическое пособие для оператора котельной. М: Litres, 2017. – 257 с.
7. Федеральный закон №28 "О гражданской обороне"
8. Радоуцкий В.Ю. Устойчивость объектов экономики в ЧС. Учебное пособие для студентов специальности защита в ЧС/ В.Ю. Радоуцкий, В.Н. Шульженк. Белгород: Издательство БГТУ – 2008. – 180 с.
9. ГОСТ Р 12.3.047-98 - Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля
10. Устойчивость объектов экономики в чрезвычайных ситуациях: метод. указ. и индивид. задания для студентов ИнЭО, обучающихся по направлению 280700 «Техносферная безопасность», профиль «Защита в чрезвычайных ситуациях» / сост. А.А. Сечин; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 40 с.
11. СП 89.13330.2012 «Котельные установки»
12. ГОСТ 12.0.003 – 2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

13. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
14. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. М.: Минздрав России, 1997.
15. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Общие требования безопасности. – М.: Издательство стандартов, 2002. – 13 с.
16. СНиП 23-03-2003. Защита от шума. – М.: Госстрой России, 2004. – 34 с.
17. Васильев В.И. Устойчивость объектов экономики в чрезвычайных ситуациях. СПб: СПбГУ – 2006. – 318 с.
18. Беляков Г.И. Пожарная безопасность. М.: Издательство Юрайт – 2018. – 143 с.
19. Зеркалов Г.В. Экологическая безопасность. К.: Основа – 2009. – 513 с.
20. Ионин А.А. Газоснабжение. М.: Стройиздат – 1989. – 439 с.