

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Юргинский технологический институт
Направление подготовки: 20.03.01 Техносферная безопасность
Профиль: Защита в чрезвычайных ситуациях
Отделение техносферной безопасности

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка мероприятий по повышению устойчивости функционирования предприятий по производству теплоизоляционных материалов

УДК 614.8:662.998.013

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-17Г40	Абдулина Ольга Анатольевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОТБ	Солодский С.А.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЦТ	Лизунков В.Г.	к.пед.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОТБ	Луговцова Н.Ю.	к.т.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Спец. по УМР	Журавлев В.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
И.о. руководителя ОТБ	Солодский С.А.	к.т.н.		

Юрга – 2019 г.

Планируемые результаты обучения по основной образовательной программе
направления 20.03.01 – Техносферная безопасность

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные и математические знания, достаточные для комплексной инженерной деятельности в области техносферной безопасности.
P2	Применять базовые и специальные знания в области техносферной безопасности для решения инженерных задач.
P3	Ставить и решать задачи комплексного анализа, связанные с организацией защиты человека и природной среды от опасностей техногенного и природного характера, с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей, осуществлять надзорные и контрольные функции в сфере техносферной безопасности.
P4	Проводить теоретические и экспериментальные исследования, включающие поиск и изучение необходимой научно-технической информации, математическое моделирование, проведение эксперимента, анализ и интерпретацию полученных данных, на этой основе разрабатывать технику и технологии защиты человека и природной среды от опасностей техногенного и природного характера в соответствии с техническим заданием и с использованием средств автоматизации проектирования.
P5	Использовать знание организационных основ безопасности различных производственных процессов, знания по охране труда и охране окружающей среды для успешного решения задач обеспечения техносферной безопасности.
P6	Обоснованно выбирать, внедрять, монтировать, эксплуатировать и обслуживать современные системы и методы защиты человека и природной среды от опасностей, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья, безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды.
Универсальные компетенции	
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности.
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.
P10	Демонстрировать знания правовых, социальных, экономических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности.
P11	Демонстрировать способность к самостоятельной работе и к самостоятельному обучению в течение всей жизни и непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии.

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



Институт	Юргинский технологический институт
Направление	Техносферная безопасность
Профиль	Защита в чрезвычайных ситуациях
Отделение	Техносферной безопасности

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. руководителя ОТБ

_____ С.А. Солодский

« ___ » _____ 2019 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-17Г40	Абдулиной Ольге Анатольевне

Тема работы:

Разработка мероприятий по повышению устойчивости функционирования предприятий по производству теплоизоляционных материалов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 12/С от 31.01.2019 г.

Срок сдачи студентами выполненной работы:	08.06.2019 г.
---	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования – ООО «Завод ТехноНИКОЛЬ-Сибирь». Материалы по преддипломной практике, литературные и статистические данные, нормативно-правовая база. Общие сведения об объекте исследования
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Теоретические основы оценки устойчивости объектов экономики 1.1 Оценка уязвимости и повышение устойчивости работы объекта экономики в ЧС 1.2 Процедура и порядок проведения исследования устойчивости объекта экономики с опасной технологией производства 1.3 Анализ риска аварий на опасных производственных объектах 2. Характеристика объекта исследования

	2.1 Общая характеристика ООО «Завод Техно-Николь Сибирь» 2.2 Сведения об опасных веществах на объекте исследования 2.3 Методология оценки риска, разработка сценариев развития аварийных ситуаций. 3. Прогнозирование последствий аварийных ситуаций 4. Оценка устойчивости объекта исследования в режиме ЧС к действию поражающих факторов ЧС. 5. Разработка инженерно-технических мероприятий по повышению устойчивости функционирования объекта экономики в ЧС 6. Заключение по работе
Перечень графического материала	1. Чертеж газосигнализатора 2. Схема размещения газосигнализаторов 3. Схема электрического подключения датчиков
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОЦТ Лизунков Владислав Геннадьевич
Социальная ответственность	ассистент ОТБ Луговцова Наталья Юрьевна
Нормоконтроль	Специалист по УМР Журавлев Василий Александрович

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	07.02.2019 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОТБ	Солодский С.А.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-17Г40	Абдулина О.А.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 99 листов, 8 рисунков, 12 таблиц, 52 источника, 3 приложения.

Ключевые слова: УСТОЙЧИВОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ, АВАРИЯ, ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ОБЪЕКТ, ОПАСНЫЕ ВЕЩЕСТВА, ВЗРЫВ, ГАЗОАНАЛИЗАТОР, ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ.

Объектом исследования является ООО «Завод ТехноНИКОЛЬ-Сибирь».

Цель исследования – разработать мероприятия по повышению устойчивости функционирования ООО «Завод ТехноНИКОЛЬ-Сибирь».

В процессе исследования проводилось изучение литературных источников по теме исследования, проанализированы возможные чрезвычайные ситуации на ООО «Завод ТехноНИКОЛЬ-Сибирь», изучена нормативно-правовая база, посвященная вопросам устойчивости функционирования опасных производственных объектов в условиях ЧС; проанализирован риск аварий на опасных производственных объектах; охарактеризован производственный процесс ООО «Завод ТехноНИКОЛЬ-Сибирь», и опасные вещества, обращающиеся на предприятии; разработаны сценарии развития наиболее неблагоприятных аварийных ситуаций на ООО «Завод ТехноНИКОЛЬ-Сибирь»; оценен риск возможных аварийных ситуаций, спрогнозированы их последствия.

В результате исследования были предложены мероприятия по повышению функциональной устойчивости предприятия по производству теплоизоляционных материалов.

Степень внедрения: начальная и средняя.

Область применения: устойчивость функционирования.

Экономическая эффективность и значимость высокая.

Выпускная квалификационная работа выполнена в тестовом редакторе Microsoft Word 7.0 и представлена на диске CD-R (в конверте на обложки).

Abstract

Final qualifying work contains 99 sheets, 8 figures, 12 tables, 52 sources, 3 applications.

Key words: STABILITY OF FUNCTIONING, CRASH, PRODUCTION FACILITY, VESHESTVA THREAT, EXPLOSION, GAS ANALYZER, THERMAL INSULATION MATERIALS.

The object of the study is LLC «Plant TechnoNIKOL-Siberia».

The purpose of the study – to develop measures to improve the sustainability of the LLC «Plant TechnoNIKOL-Siberia».

In the course of the study, the study of literary sources on the topic of the study, analyzed possible emergencies at the LLC «Plant TechnoNIKOL-Siberia», studied the legal framework devoted to the sustainability of the operation of hazardous production facilities in emergency conditions; analyzed the risk of accidents at hazardous production facilities; characterized the production process of LLC «Plant TechnoNIKOL-Siberia», and hazardous substances that are handled at the enterprise; developed scenarios the most adverse accidents at the Plant «TekhnoNikol-Siberia»; assessed the risk of potential accidents, predicted consequences.

As a result of the study, measures were proposed to improve the functional stability of the enterprise for the production of thermal insulation materials.

Level of implementation: primary and secondary.

Field of application: stability of functioning.

Economic efficiency and importance is high.

Final qualifying work is done in a text editor Microsoft Word 7.0 and is presented on CD-R (in an envelope on the cover).

Оглавление

Введение.....	9
1. Теоретические основы обеспечения устойчивости функционирования объектов экономики.....	11
1.1. Оценка уязвимости и повышение устойчивости объекта экономики при ЧС.....	11
1.2. Процедура и порядок проведения исследования устойчивости ОЭ с опасной технологией производства	12
1.3. Анализ риска аварий на опасных производственных объектах.....	17
2. Объект и методы исследования	20
2.1. Общая характеристика объекта исследования (ООО «Завод Техно-Никель-Сибирь»).....	20
2.2. Сведения об опасных веществах на объекте исследования	32
3. Расчеты и аналитика	35
3.1. Методология оценки риска, исходные данные и ограничения для определения показателей степени риска ЧС (разработка сценариев развития наиболее неблагоприятных аварийных ситуации).....	35
3.2. Результаты оценки риска ЧС (с расчетом последствий поражающих факторов).....	43
3.3. Прогнозирование последствия аварийных ситуаций.....	56
3.4. Оценка устойчивости объекта исследования в режиме чрезвычайной ситуации к действию поражающих факторов.....	58
3.5. Технические решения по повышению устойчивости функционирования объекта экономики в чрезвычайных ситуациях	61
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	71
5. Социальная ответственность	77
5.1 Описание рабочего места оператора котельного оборудования. Анализ вредных и опасных производственных факторов.....	77
5.2 Анализ выявленных вредных факторов производственной среды	78

5.2.1 Освещенность.....	78
5.2.2 Микроклимат.....	82
5.2.3 Шум.....	83
5.2.4 Вибрация.....	83
5.2.5 Загазованность и запыленность рабочей зоны.....	84
5.3 Анализ выявленных опасных факторов среды.....	84
5.4 Охрана окружающей среды.....	86
5.5 Защита в чрезвычайных ситуациях.....	87
5.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	89
5.7 Выводы по разделу социальная ответственность.....	90
Заключение.....	91
Список использованной литературы.....	94
Приложение А.....	100
Приложение Б.....	101
Приложение В.....	102
Диск CD-R	в конверте на обороте обложки

Введение

Проблема обеспечения устойчивости объектов экономики (ОЭ) в чрезвычайных ситуациях входит в число основных проблем обеспечения национальной безопасности Российской Федерации. Военная, экономическая, социальная и другие виды национальной безопасности тесно связаны с устойчивой работой объектов экономики (ОЭ) в любых условиях, в том числе и в режиме чрезвычайной ситуации (ЧС).

На территории России уровень техногенной опасности остается довольно высоким, также, как и степень ответственности руководителей за качественную и бесперебойную работу вверенных им объектов в условиях ЧС. По этой причине необходимые мероприятия по повышению устойчивости функционирования производства нужно проводить заблаговременно таким образом, чтобы принятые меры позволили бы свести ущерб к минимуму. Неустойчивое функционирование ОЭ вызывает наступление негативных последствий.

Опасными производственными объектами (ОПО) на территории Российской Федерации признаются те предприятия, которые ведут работу со взрывчатыми веществами, токсичными и веществами легко воспламеняющимися, а также объекты, использующие грузоподъемные механизмы, ведущие горные работы, работы, связанные с плавкой, транспортировкой металла и работы под давлением.

Производственные инциденты на подобных предприятиях опасны негативными последствиями для сотрудников, занятых на объекте, организаций и жителей, располагающихся в районе аварии, а также для природной среды.

Предприятия, производящие теплоизоляционные и кровельные материалы, относятся к ОПО.

В настоящее время сфера обеспечения безопасности производства теплоизоляционных материалов регулируется Федеральным законом №116 от

21.07.1997 г. «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», а также Федеральным законом № 68 от 21.12.1994 г. «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

Важность и актуальность обозначенной проблемы послужили основанием для определения темы дипломного проекта: «Разработка мероприятий по повышению устойчивости функционирования предприятий по производству теплоизоляционных материалов».

Цель исследования – разработать мероприятия по повышению устойчивости функционирования ООО «Завод ТехноНИКОЛЬ-Сибирь».

В связи с поставленной целью необходимо решить следующие задачи:

- изучить нормативно-правовую базу, посвященную вопросам устойчивости функционирования опасных производственных объектов в условиях ЧС;

- охарактеризовать производственный процесс ООО «Завод ТехноНИКОЛЬ-Сибирь», и опасные вещества, обращающиеся на предприятии;

- разработать сценарии развития наиболее неблагоприятных аварийных ситуаций на ООО «Завод ТехноНИКОЛЬ-Сибирь»;

- оценить риск возможных аварийных ситуаций, спрогнозировать их последствия;

- разработать мероприятия по повышению функциональной устойчивости предприятия по производству теплоизоляционных материалов.

Объектом исследования является ООО «Завод ТехноНИКОЛЬ-Сибирь».

Предмет исследования – функциональная устойчивость предприятия по производству теплоизоляционных материалов.

Практическая ценность данного исследования состоит в предложении мер, направленных на повышение функциональной устойчивости предприятия.

В результате проведенных исследований разработаны мероприятия по повышению устойчивости функционирования ООО «Завод ТехноНИКОЛЬ-Сибирь».

1. Теоретические основы обеспечения устойчивости функционирования объектов экономики

1.1. Оценка уязвимости и повышение устойчивости объекта экономики при ЧС

Одним из важнейших условий нормальной работы любого объекта экономики (ОЭ) является наличие у него качества, называемого устойчивостью.

Устойчивость функционирования объектов экономики – это способность территориальных и отраслевых звеньев экономики удовлетворять основные жизненные интересы населения на уровне, обеспечивающем их защиту от опасностей, вызываемых военными действиями и источниками ЧС природного или антропогенного характера [28].

Все предприятия, учреждения, организации являются сложными системами, в состав которых входят здания и сооружения, имеющие разную конструкцию, размеры, этажность; различное технологическое оборудование, системы энергоснабжения, различные системы материально-технического снабжения и сбыта готовой продукции, различные системы связи и управления производством. Каждый ОЭ имеет разные финансовые и материальные возможности. Все это определяет специфику ОЭ [28].

Таким образом, основными критериями устойчивости работы ОЭ в условиях ЧС являются его способность выполнять заданные функции в этих условиях, а также возможность восстановления функций при получении повреждений. В качестве обобщенного критерия устойчивости может быть также использована удельная величина предотвращённого ущерба.

Устойчивость работы ОЭ в условиях ЧС обеспечивается следующими основными факторами [35]:

– предотвращением возникновения и развития аварий на ОЭ при внешних воздействиях;

- продуманность конструкций, технологий, применяемых на ОЭ, с точки зрения его эксплуатации в условиях ЧС;
- высокое качество оборудования ОЭ (прочность, надежность, огнестойкость и т.п.);
- защита персонала и технологического оборудования от действия поражающих факторов при ЧС;
- подготовкой производственного персонала к работе в условиях ЧС.

Эти факторы в значительной мере реализуются при обеспечении противоаварийной устойчивости ОЭ.

Устойчивость к действию поражающих факторов должна обеспечиваться на любом этапе производственной деятельности ОЭ вплоть до его полного прекращения. Требования по устойчивости работы ОЭ формулируются в техническом задании на его проектирование и реализуются в процессе строительства. В дальнейшем обеспечение необходимого уровня устойчивости или его повышения при неблагоприятном изменении условий является постоянной заботой руководителя ОЭ и его главного инженера, непосредственно отвечающего за техническую политику и техническое состояние предприятия. Руководитель ОЭ и главный инженер несут всю полноту ответственности за выполнение требований по устойчивости работы, предъявляемых предприятию.

1.2. Процедура и порядок проведения исследования устойчивости ОЭ с опасной технологией производства

Устойчивость функционирования ОЭ закладывается ещё на стадии проектирования объекта – рассматривается устойчивость функционирования его зданий, сооружений, установок и оборудования, технологических линий и т.д.

Со временем та устойчивость, которая была предусмотрена проектом и воплощена при строительстве, перестает соответствовать новым условиям.

Здания, сооружения и оборудование стареют, изменяются технологии, осваивается выпуск новой продукции (происходит перепрофилирование предприятий), строятся новые производственные и административные здания и сооружения.

Возникает необходимость периодически проверять (оценивать) устойчивость объекта и его соответствие реальному времени.

Оценка устойчивости функционирования объекта при различных ЧС проводится при проведении исследований по повышению устойчивости функционирования (ПУФ) (1 раз в 5 лет). В результате исследований выявляются наиболее слабые элементы ОЭ, определяется возможный ущерб и объём восстановительных работ при различных степенях повреждения объекта; разрабатываются наиболее эффективные мероприятия, предложения и рекомендации, направленные на повышение устойчивости как наиболее слабых элементов ОЭ, так и всего объекта в целом. Устойчивость работы ОЭ должна рассматриваться в условиях тех ЧС, которые для него возможны, независимо от вероятности их наступления.

Проведение исследований позволит предупредить потерю устойчивости объекта в условиях возможных ЧС; обеспечить её оптимальность в конкретных условиях функционирования; определить необходимую периодичность и объём мер, обеспечивающих поддержание устойчивости на требуемом уровне. Работа по оценке устойчивости и её обеспечению должны быть частью функциональных повседневных обязанностей персонала ОЭ и представлять собой постоянно действующую систему [36].

Весь процесс подготовки, планирование и проведение исследования по ПУФ можно разделить на три этапа (рис. 1.1) [31].

На первом этапе исследования проводится практическая работа в группах главных специалистов по оценке устойчивости структурных подразделений ОЭ, направленная на выявление наиболее слабых мест и определение участков, для которых необходимо разработать мероприятия по обеспечению устойчивости их работы.



Рисунок 1 – Схема организации и проведения исследования устойчивости функционирования ОЭ

Первый этап заканчивается докладами старших расчётно-исследовательских групп группе руководства о результатах проделанной работы.

На втором этапе производится комплексная оценка устойчивости структурных подразделений и объекта в целом, разрабатываются организационные и инженерно-технические мероприятия, направленные на обеспечение устойчивости работы ОЭ в условиях возможных ЧС.

На заключительном этапе исследования составляется отчёт о проделанной работе.

Подготовительный этап длится (15–20) дней, первый – (1,5–2) месяца, второй – (10–15) дней и заключительный – (7–10) дней. Для проверки правильности проведённых расчётов, разработанных предложений и рекомендаций на ОЭ могут быть проведены объектовые учения [31].

Рассмотренный порядок подготовки и проведения исследования устойчивости, являясь общим для всех объектов, не отражает особенностей, присущих каждому объекту. Поэтому исследование устойчивости должно вестись творчески с учетом специфических особенностей производства. От итогов исследования зависит планирование и внедрение экономически обоснованных мероприятий, направленных на повышение устойчивости работы объекта.

В соответствии со сложившейся практикой работа по оценке устойчивости производится периодически в сроки, определяемые руководителем предприятия. К работе привлекается инженерно-технический персонал ОЭ и при необходимости работники научно-исследовательских, проектных, строительных организаций и организаций-разработчиков оборудования и технологических процессов. Общее руководство исследованиями осуществляет руководитель ОЭ, приказом которого определяются рабочие группы исследователей.

Обычно выделяется группа руководства во главе с главным инженером и расчётно-исследовательские группы по направлениям деятельности главных

специалистов предприятия (группы главных специалистов). Эти группы осуществляют основной объём работ по оценке устойчивости своих служб и разработке мероприятий по её обеспечению в случае необходимости.

Основные задачи этих групп на примере групп главного механика, главного технолога и главного энергетика сводятся к следующему:

Группы главного механика:

1. Оценка уязвимости станочного и технологического оборудования к воздействию предполагаемых поражающих факторов;
2. Определение возможных потерь технологического и станочного оборудования, приборов и систем управления;
3. Определение способов сохранения и защиты особо ценного и уникального оборудования;
4. Определение сроков и объёма восстановительных работ, потребности в силах, средствах и материалах;
5. Разработка перечня наиболее важных узлов и деталей и необходимых объёмов их запасов для ведения восстановительных работ.

Группы главного технолога:

1. Описание технологического процесса с указанием изменений при переводе производства на режим работы в условиях ЧС (времени перевода, готовности, наличия документации и т.п.);
2. Оценка уязвимости технологического процесса;
3. Оценка возможности быстрой безаварийной остановки производства;
4. Разработка предложений по продолжению производства при частичном прекращении поставки сырья, полуфабрикатов, деталей и запчастей; оценка возможности замены недостающих поставок;
5. Разработка плана восстановления производства при приемлемых повреждениях и составление перечня технологического оборудования, которое может потребовать замены;
6. Разработка предложений по сохранению основной производственно - технологической документации.

Группы главного энергетика:

1. Оценка устойчивости энергетического оборудования и сетей к воздействию возможных поражающих факторов;
2. Оценка возможных последствий и потерь энергетического оборудования вследствие ЧС;
3. Определение способов сохранения и защиты энергетических источников, оборудования и сетей;
4. Определение сроков и объёмов восстановительных работ на оборудовании и сетях, потребности в силах, средствах и материалах;
5. Разработка перечня необходимых для проведения восстановительных работ запасных частей, узлов, деталей с указанием их требуемого количества

Группа руководства обобщает результаты исследований расчётно-исследовательских групп и на их основе даёт общую оценку устойчивости работы ОЭ в целом, которая отражается в обобщённом докладе.

1.3. Анализ риска аварий на опасных производственных объектах

Анализ риска аварий на опасных производственных объектах (далее – ОПО) представляет собой совокупность научно-технических методов исследования опасностей возникновения, развития возможных аварий, оценки их последствий, включая планирование работ, идентификацию опасностей, оценку риска аварий, а также разработку и корректировку мероприятий по снижению этого риска.

Анализ риска аварий проводится при разработке различной эксплуатационной документации [1]:

- проектной документации на строительство ОПО;
- документации на капитальный ремонт, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию ОПО;
- плана мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на ОПО;

– плана мероприятий по снижению риска аварий и других документов в составе документационного обеспечения систем управления промышленной безопасностью;

– декларации промышленной безопасности ОПО.

Основными этапами проведения анализа риска аварий являются:

1. Планирование и организация работ, сбор сведений;
2. Идентификация опасностей;
3. Оценка риска аварии на ОПО и (или) его составных частях;
4. Установление степени опасности аварий на ОПО и определение наиболее опасных составных частей ОПО;
5. Разработка (корректировка) мер по снижению риска аварий.

Количественный анализ риска – один способ определения уровня промышленной безопасности. Целесообразность применения данного критерия заключается в его способности более точно характеризовать не только возможность наступления аварийной ситуации, но и оценивать вероятные последствия. Несмотря на имеющиеся трудности, попытки реализации данного подхода существуют в достаточном количестве. Для этого во внимание берутся два критерия оценки риска: возможность наступления аварии и вероятные последствия, выраженные в денежном эквиваленте. При этом необходимо учитывать определенный подход: чем серьезнее последствия от вероятной аварии, тем больше усилий следует приложить для снижения этой вероятности. Соответственно, чем меньше масштабы вероятной аварийной ситуации, тем меньше затрат и усилий необходимо приложить для снижения вероятности ее наступления. Оценку следует производить относительно конкретного события, а сравнивать полученный результат – с состоянием, которое считается нормальным. Основным минусом такого метода является довольно серьезная вероятность допущения ошибки.

В настоящее время ряд нормативных правовых актов в области анализа риска актуализирован, в том числе внесены изменения в Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [2],

разработаны новые федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности, содержащие положения о методологии анализа опасностей и оценки риска аварий [3].

В качестве действующих методик анализа риска аварий на ОПО используются [4]:

1. Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах (приказ Ростехнадзора от 11.04.2016 № 144)

2. Методика моделирования распространения аварийных выбросов опасных веществ (приказ Ростехнадзора от 20.04.2015 № 158)

3. Методика оценки риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных газов (приказ Ростехнадзора от 17.09.2015 № 365)

4. Методы обоснования взрывоустойчивости зданий и сооружений при взрывах ТВС на опасных производственных объектах (приказ Ростехнадзора от 13.05.2015 № 189)

5. Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей (приказ Ростехнадзора от 31.03.2016 № 137)

6. Методика оценки последствий аварий на взрывопожароопасных химических производствах (приказ Ростехнадзора от 20.04.2015 № 160)

7. Методика анализа риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазодобычи (приказ Ростехнадзора от 17.08.2015 № 317)

8. Методические рекомендации по разработке обоснования безопасности опасных производственных объектов нефтегазового комплекса (приказ Ростехнадзора от 30.09.2015 № 387)

9. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах / утв. приказом МЧС России от 10.07.2009 № 404, изменения утв. Приказом МЧС России от 14.12.2010 № 649.

2. Объект и методы исследования

2.1. Общая характеристика объекта исследования (ООО «Завод Техно-Никель-Сибирь»)

Месторасположение ООО «Завод ТехноНИКОЛЬ-Сибирь»: 652050, Россия, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. 1-ая Железнодорожная, 1.

Генеральный директор – Фролов Виталий Викторович.

Завод кровельных материалов предназначен для производства рулонных кровельных материалов и гидроизоляционных наплавляемых материалов, модифицированных бутадиен-стирольным термоэластаном и его модификациями.

Проектная мощность завода – 20 млн. м²/год техноэласта и унифлекса.

Производство осуществляется на двух линиях.

Метод производства – непрерывный 24 часа в сутки (3 смены), 290 дней в году. Производительность по расплаву – до 24 тонн в час; по изделиям – 20 тонн в час.

Основными производствами, цехами и участками являются:

Площадка № 1. Железнодорожный участок разгрузки вагонов:

1. Склад кокса;
2. Склад сырья;
3. Эстакада разгрузки сырья;
4. Подъездные пути;
5. Маневровый участок.

Площадка № 2. Производство минераловатных плит:

1-ая линия:

1. Хранение и подготовка сырья;
2. Плавление сырья и получение расплава в вагранке;
3. Приготовление раствора связующего;

4. Переработка минерального расплава в волокно;
5. Отделение полимеризации;
6. Охлаждение и раскрой минераловатного ковра;
7. Упаковка, маркировка, транспортировка и хранение минераловатных плит;

8. Участок переработки отходов.

9. Дизельгенераторная.

2-ая линия:

10. Хранение и подготовка сырья;

11. Плавление сырья и получение расплава в вагранке;

12. Приготовление раствора связующего;

13. Переработка минерального расплава в волокно;

14. Отделение полимеризации;

15. Охлаждение и раскрой минераловатного ковра;

16. Упаковка, маркировка, транспортировка и хранение минераловатных плит;

17. Дизельгенераторная

Вспомогательное производство: стоянка, работа погрузчиков, лаборатория.

Хранение сырья: открытый склад материалов.

Рассмотрим кратко характеристику технологии производства и технологического оборудования

Площадка № 1. Железнодорожный участок разгрузки вагонов

На участке производится прием и хранение исходного сырья для производства минераловатных плит.

Базальт, доломит и кокс доставляются по железной дороге в вагонах. Количество приходящего сырья составляет: базальт – 175 т/сут., кокс – 53 т/сут., доломит – 63 т/сут.

Годовой объем хранения кокса на складе оставляет 12470 т.

Склад сырья предназначен для хранения базальта и доломита. Годовой

объем хранения оставляет: базальт – 40600 т, доломит – 15660 т.

Эстакада разгрузки сырья предназначена для приемки и разгрузки вагонов с сырьем.

Площадка № 2. Производство минераловатных плит

1-ая линия

Подготовка сырьевых материалов

Сырье базальт (порфирит), доломит и кокс поставляется в вагонах по железной дороге, выгружается, подается на склад сырья и кокса в отдельные места укладки.

При помощи фронтального погрузчика сырье со склада отдельно пересыпается в засыпной бункер и по системе ленточных транспортеров поднимается наверх к суточным силосам, где при помощи реверсного транспортера засыпается в соответствующие силоса. Установлено пять суточных силосов по 80 м³: один для порфирита, один для доломита, два для брикетов, один для кокса.

Из взвешивающих емкостей компоненты шихты дозируются на собирающий транспортер под силосами, где формируется «сэндвич» из смешанной шихты и кокса, далее по системе транспортеров в силос над вагранкой.

Фенолформальдегидная смола с введенной мочевиной (47-50 % водный раствор (применяется в качестве связующего) поступающая на завод в автомобильных или железнодорожных цистернах, перекачивается на склад хранения компонентов связующего в две емкости вместимостью по 90 м³ каждая. Температура складирования 10-20 °С. В случае необходимости емкости обогреваются или охлаждаются при помощи теплообменников, через которые пропускается горячая или холодная вода. Расход фенолформальдегидной смолы составляет 7105 т/год.

Противопылевая эмульсия (50 % раствор) используется для достижения обеспыливающих и гидрофобных эффектов в минераловатных изделиях, поступает в однокубовых канистрах и перекачивается на склад хранения

компонентов связующего в 25 м³ емкости. В качестве противопылевой эмульсии используется масляная эмульсия. Расход масла составляет 175 т/год.

Участок связующего

Связующее применяется для обеспечения стабильных физико-механических характеристик минераловатных изделий.

Все три компонента, а именно фенолформальдегидная смола, противопылевая эмульсия и технологическая вода в правильном соотношении перекачиваются винтовым насосом через фильтры и измерители потока со склада хранения компонентов связующего в компенсационную емкость с мешалкой, где приготавливается однородный раствор связующего. Задача компенсационной емкости – уравновесить приток во время дозирования основных трех компонентов в саму емкость и вытекание (расход) связующего на колесах и соплах центрифуги. Обычно связующее приготавливается с концентрацией 10–15%. Расход смолы и эмульсии зависит от марки плиты.

Плавление сырья и получение расплава в вагранке.

Минеральный расплав получают в вагранке путем загрузки смешанной шихты и кокса, подачи дутья горячего воздуха и кислорода. Вагранка представляет собой вертикальный шахтовый плавильный агрегат непрерывного действия, теплообмен в которых происходит по принципу противотока. Сырье, загружаемое в верхнюю часть вагранки, посредством ленточного транспортера опускается вниз, превращаясь при этом в расплав, а образовавшиеся в нижней части вагранки продукты горения (ваграночные газы) поднимаются вверх, отдавая тепло расплавляемому материалу. При получении расплава в вагранке в качестве шихтового материала используются базальт (порфирит), доломит и брикеты.

Кокс служит основным источником энергии для плавления. Для сгорания литейного кокса в печи используется горячее воздушное дутье с температурой от 450 до 650 °С. Для растапливания вагранки используются дрова в количестве 23 т/год.

Вследствие частичного неполного сгорания кокса в вагранке образуются

газы, содержащие частицы пыли и окись углерода CO. В верхней части вагранки (в отсасывающем венце) производится забор образовавшихся ваграночных газов, которые по отсасывающей трубе подаются в устройство для очистки и дожига ваграночных газов. Устройство для очистки и дожига ваграночных газов удаляет частицы пыли, сжигает ядовитые компоненты ваграночных газов и при помощи рекуперации возвращает образовавшуюся энергию через дутье обратно в вагранку, вследствие чего уменьшается расход кокса для плавления каменного материала (шихты).

Дожиг ваграночных газов происходит в камере сгорания при прохождении через пилотное пламя природного газа. Температура сжигания 820–860 °С. Все горючие компоненты, в первую очередь CO и H₂S, сгорают в CO₂, H₂O и SO₂. На выходе из камеры сгорания сгоревшие газы проходят через несколько теплообменников (для предварительного нагревания ваграночных газов дутья вагранки). Очищенные и сгоревшие газы выводятся в дымоход.

Через каждые 2–4 часа в зависимости от химического состава сырья, кокса, а также от работы вагранки осуществляется выпуск железа. Расплавленное железо спускается из ватержакета - горна вагранки при помощи кислородного копия для пробивки днища вагранки в лоток (ванну), находящийся на особом вагончике на рельсах центрифуги.

Отделение волокноосаждения, переработки минерального расплава в волокно

Полученный в вагранке минеральный расплав перерабатывается в волокно центробежно-валковым способом под действием центробежной силы, создаваемой вращающимися валками двойной центрифуги. Система натекания расплава (наклоняемый лоток и два желобка) предварительно делит поток расплава на две одинаковые части, падающие на две зеркально установленные системы быстровращающихся колес, расположенных в каскаде.

Под действием сил адгезии (сцепления) расплав прилипает к ободу отдельного колеса, на котором с большой скоростью образуются капельки, пытающиеся отбрасываться под действием ободной скорости и центробежной

силы. В момент установления равновесия между поверхностной силой натяжения и центробежной силой отдельная капелька покидает обод колеса. Каждая часть центрифуги (левая и правая) имеет по 4 колеса, охлаждаемых водой. Капельки вытягиваются до определенных границ и превращаются в волокна непосредственной над ободом колеса. Сильный поток воздуха (отдув) продолжает вытягивать волокна и перемещает их в камеру волокноосаждения, где они укладываются на перфорированный транспортер.

Вокруг колес находятся сопла для отдува волокон, задачей которых является как можно более быстрое снятие волокон из области их формирования.

Отделение полимеризации

Камера полимеризации служит для последовательного затвердевания (полимеризации фенолформальдегидной смолы) слоя минваты, который с определенной скоростью движется в зажатом состоянии между нижним и верхним конвейерами. Скорость движения конвейеров зависит от плотности и толщины слоя минваты.

Процесс затвердевание связующего протекает под влиянием горячих циркулирующих газов (250–300 °С), пропускаемых сквозь слой минваты при помощи вентиляторов. При прохождении сквозь камеру полимеризации газы охлаждаются в среднем на 60 °С. Камера полимеризации делится на три зоны, первая из которых затем делится на две более короткие зона. В каждой зоне или более короткой зоне направление потока горячих газов поворачивается в противоположное направление. Таким образом, достигается равномерное затвердевание (полимеризация) связующего на нижней и верхней сторонах слоя минваты.

Вытяжная система камеры полимеризации состоит из следующих частей: вытяжка из зон и вытяжка из-под крышек (локальных устройств вытяжки). Выбросы из зон камеры полимеризации проходят очистку на двухсекционном фильтре со степенью очистки 71 %.

Охлаждение и раскрой минераловатного ковра

Холодильная зона предназначена для охлаждения уплотненного слоя минваты, выходящего из камеры полимеризации, который продувается холодным воздухом. Охлаждающий воздух отсасывается при помощи вентилятора через холодильный корпус, фильтр и трубопровод, а затем выводится в атмосферу. Охлаждающий воздух очищается в фильтре от всех твердых частиц, поступающих со слоем минваты из камеры полимеризации, в атмосферу выбрасывается только очищенный воздух.

Для распиловки слоя минваты по толщине в зоне охлаждения имеются три пилы. Раскрой слоя по ширине осуществляется продольной пилой. Обрезки краев минваты перемалываются в грануляторах и возвращаются обратно в камеру волокноосаждения. Слой минваты отрезается до желаемой длины изделий при помощи поперечной пилы. Двойная поперечная пила предназначена для разрезания минваты в поперечном направлении по отношению к линии.

Упаковка минераловатных плит

После распиловки плиты поступают на штабелеукладчик, где формируются пакеты. Количество плит в пакете зависит от параметров плит. Далее сформированные пакеты по системе конвейеров (на конвейере пакеты выравниваются с боковых сторон) поступают на упаковочную машину, машина обматывает пакеты пленкой, приобретающей свою окончательную форму в термоусадочной камере под воздействием высокой температуры. Термоусадочная камера обогревается газом. Для упаковки продукции попеременно используется две термоусадочных камеры.

Участок переработки отходов

Образовавшиеся в процессе производства отходы поступают на склад хранения. Переработка отходов заключается в изготовлении брикетов, которая включает приготовление смеси королька, минеральной ваты, отсева, золы и цемента. Данная смесь подается в линейный резервуар, бетономешалку и многослойную установку для изготовления брикетов, где происходит укладка брикетов (6×85 мм) на технологический поддон размером 1270×1050×125 мм.

Для сушки брикетов имеются две сушильные камеры. В нижней части сушильной камеры производится доступ горячего сухого воздуха, а вверху камеры – вывод влажного воздуха. Сушка брикетов производится так, что одна сушильная камера заполняется поддонами со свежими брикетами, в то время как другая камера опорожняется.

Выбросы от силосов хранения цемента проходят через камеры очистки с эффективностью 99,6 %.

Дизельная электростанция предназначена для подачи электроэнергии в случае аварийного отключения линии электропередач.

2-ая линия

Подготовка сырьевых материалов

Сырьевой базальт (порфирит), доломит и кокс поставляются в вагонах по железной дороге, выгружаются, подаются на склад сырья и кокса в отдельные места укладки.

При помощи фронтального погрузчика сырье со склада отдельно пересыпается в засыпной бункер и по системе ленточных транспортеров поднимается вверх к суточным силосам, где при помощи реверсного транспортера засыпается в соответствующие силоса. Установлено пять суточных силосов по 80 м³: один для порфирита, один для доломита, два для брикетов, один для кокса.

Из взвешивающих емкостей компоненты шихты дозируются на собирающий транспортер под силосами, где формируется «сэндвич» из смешанной шихты и кокса, далее – по системе транспортеров в силос над вагранкой.

Фенолформальдегидная смола с введенной мочевиной (47–50 % водный раствор (применяется в качестве связующего) поступающая на завод в автомобильных или железнодорожных цистернах, перекачивается на склад хранения компонентов связующего в две емкости вместимостью по 90 м³ каждая. Температура складирования 10–20 °С. В случае необходимости емкости обогреваются или охлаждаются при помощи теплообменников, через

которые пропускается горячая или холодная вода. Расход фенолформальдегидной смолы составляет 7105 т/год.

Противопылевая эмульсия (50 % раствор) используется для достижения обеспыливающих и гидрофобных эффектов в минераловатных изделиях, поступает в однокубовых канистрах и перекачивается на склад хранения компонентов связующего в 25 м³ емкости. В качестве противопылевой эмульсии используется масляная эмульсия. Расход масла составляет 175 т/год.

Участок связующего

Связующее применяется для обеспечения стабильных физико-механических характеристик минераловатных изделий.

Все три компонента, а именно фенолформальдегидная смола, противопылевая эмульсия и технологическая вода в правильном соотношении перекачиваются винтовым насосом через фильтры и измерители потока со склада хранения компонентов связующего в компенсационную емкость с мешалкой, где приготавливается однородный раствор связующего. Задача компенсационной емкости – уравновесить приток во время дозирования основных трех компонентов в саму емкость и вытекание (расход) связующего на колесах и соплах центрифуги. Обычно связующее приготавливается с концентрацией 10–15 %. Расход смолы и эмульсии зависит от марки плиты.

Плавление сырья и получение расплава в вагранке

Минеральный расплав получают в вагранке путем загрузки смешанной шихты и кокса, подачи дутья горячего воздуха и кислорода. Вагранка представляет собой вертикальный шахтовый плавильный агрегат непрерывного действия, теплообмен в которых происходит по принципу противотока. Сырье, загружаемое в верхнюю часть вагранки, опускается вниз, превращаясь при этом в расплав, а образовавшиеся в нижней части вагранки продукты горения (ваграночные газы) поднимаются вверх, отдавая тепло расплавляемому материалу. При получении расплава в вагранке в качестве шихтового материала используются базальт (порфирит), доломит и брикеты.

Кокс служит основным источником энергии для плавления. Для сгорания

литейного кокса в печи используется горячее воздушное дутье с температурой от 450 до 650 °С. Для растапливания вагранки используются дрова в количестве 23 т/год.

Вследствие частичного неполного сгорания кокса в вагранке образуются газы, содержащие частицы пыли и окись углерода СО. В верхней части вагранки (в отсасывающем венце) производится забор образовавшихся ваграночных газов, которые по отсасывающей трубе подаются в устройство для очистки и дожига ваграночных газов. Устройство для очистки и дожига ваграночных газов удаляет частицы пыли, сжигает ядовитые компоненты ваграночных газов и при помощи рекуперации возвращает образовавшуюся энергию через дутье обратно в вагранку, вследствие чего уменьшается расход кокса для плавления каменного материала (шихты).

Дожиг ваграночных газов происходит в камере сгорания при прохождении через пламя природного газа. Температура сжигания 820–860 °С. Все горючие компоненты, в первую очередь СО и Н₂S, сгорают в СО₂, Н₂О и SO₂. На выходе из камеры сгорания сгоревшие газы проходят через несколько теплообменников (для предварительного нагревания ваграночных газов дутья вагранки). Очищенные и сгоревшие газы выводятся в дымоход.

Через каждые 2–4 часа в зависимости от химического состава сырья, кокса, а также от работы вагранки осуществляется выпуск железа. Расплавленное железо спускается из ватержакета - горна вагранки при помощи кислородного копы для пробивки днища вагранки в лоток (ванну), находящийся на особом вагончике на рельсах центрифуги.

Отделение волокноосаждения, переработки минерального расплава в волокно

Полученный в вагранке минеральный расплав перерабатывается в волокно центробежно-валковым способом под действием центробежной силы, создаваемой вращающимися валками двойной центрифуги. Система натекания расплава (наклоняемый лоток и два желобка) уже предварительно делят поток расплава на две одинаковые части, падающие на две зеркально установленных

системы быстровращающихся колес, расположенных в каскаде.

Под действием сил адгезии (сцепления) расплав прилипает к ободу отдельного колеса, на котором с большой скоростью образуются капельки, пытающиеся отбрасываться под действием большой ободной скорости и центробежной силы. В момент установления равновесия между поверхностной силой натяжения и центробежной силой отдельная капелька покидает обод колеса. Каждая часть центрифуги (левая и правая) имеет по 4 колеса, охлаждаемых водой. Капельки вытягиваются до определенных границ и превращаются в волокна непосредственной над ободом колеса. Сильный поток воздуха (отдув) продолжает вытягивать волокна и перемещает их в камеру волокноосаждения, где они укладываются на перфорированный транспортер.

Вокруг колес находятся сопла для отдува волокон, задачей которых является как можно более быстрое снятие волокон из области их формирования.

Отделение полимеризации

Камера полимеризации служит для последовательного затвердевания (полимеризации фенолформальдегидной смолы) слоя минваты, который с определенной скоростью движется в зажатом состоянии между нижним и верхним конвейерами. Скорость движения конвейеров зависит от плотности и толщины слоя минваты.

Процесс затвердевание связующего протекает под влиянием горячих циркулирующих газов (250–300 °С), пропускаемых сквозь слой минваты при помощи вентиляторов. При прохождении сквозь камеру полимеризации газы охлаждаются в среднем на 60 °С. Камера полимеризации делится на три зоны, первая из которых затем делится на две более короткие зона. В каждой зоне или более короткой зоне направление потока горячих газов поворачивается в противоположное направление. Таким образом, достигается равномерное затвердевание (полимеризация) связующего на нижней и верхней сторонах слоя минваты.

Вытяжная система камеры полимеризации состоит из следующих частей:

вытяжка из зон и вытяжка из-под крышек (локальных устройств вытяжки). Выбросы из зон камеры полимеризации проходят очистку на двухсекционном фильтре со степенью очистки 82,84 %.

Охлаждение и раскрой минераловатного ковра

Холодильная зона предназначена для охлаждения уплотненного слоя минваты, выходящего из камеры полимеризации, который продувается холодным воздухом. Охлаждающий воздух отсасывается при помощи вентилятора через холодильный корпус, фильтр и трубопровод, а затем выводится в атмосферу. Охлаждающий воздух очищается в фильтре от всех твердых частиц, поступающих со слоем минваты из камеры полимеризации и таким образом, в атмосферу выбрасывается только очищенный воздух.

Для распиловки слоя минваты по толщине на зону охлаждения встроены три пилы. Раскрой слоя по ширине осуществляется продольной пилой. Обрезки краев минваты перемалываются в грануляторах и возвращаются обратно в камеру волокноосаждения. Слой минваты отрезается до желаемой длины изделий при помощи поперечной пилы. Двойная поперечная пила предназначена для разрезания минваты в поперечном направлении по отношению к линии.

Упаковка минераловатных плит

После распиловки плиты поступают на штабелеукладчик, где формируются пакеты. Количество плит в пакете зависит от параметров плит. Далее сформированные пакеты по системе конвейеров (на конвейере пакеты выравниваются с боковых сторон) поступают на упаковочную машину, где обматываются пакеты пленкой, приобретающей свою окончательную форму в термоусадочной камере под воздействием высокой температуры. Термоусадочная камера обогревается газом. Для упаковки продукции попеременно используется две термоусадочных камеры.

Дизельная электростанция мощностью 500 кВт предназначена для подачи электроэнергии в случае аварийного отключения линии электропередач.

Открытый склад материалов предназначен для хранения базальта.

Годовой объем хранения 15660 т. Также на открытом складе работает специальная техника – 1 ед.

На территории ООО «Завод ТехноНИКОЛЬ-Сибирь» предусмотрен газопровод высокого давления диаметром 160×14,6 мм. Давление газа в точке подключения составляет 0,59 МПа.

Суммарный расход газа составляет – 935 м³/ч.

Газоснабжению подлежат:

- пароводяная котельная;
- отопление производственного цеха (два воздухонагревателя);
- на производственные нужды (две производственные линии, оплавительная печь).

Размер котельной – 18×12×7 м, размер помещения для установки термических маслогенераторов – 6×6,5×7 м.

2.2. Сведения об опасных веществах на объекте исследования

В технологическом процессе для обеспечения производственных нужд обращаются:

- природный газ – система газопотребления предприятия;
- сжиженный природный газ (газгольдер 50 м³), кислород в двух газгольдерах по 50 м³ – площадка ООО «Завод ТехноНИКОЛЬ-Сибирь»;
- нефтебитум – в трех резервуарах объемом V=2000 м³; V=2000 м³; V=1000 м³ на площадке для хранения битума;
- этиловый спирт – емкость 30 м³ в цеху по производству утеплителя из экструдированного пенополистирола.

Характеристику пожароопасных свойств веществ, обращающихся в технологическом процессе приведем согласно данным [5; 6].

Газ природный состоит, % об.: метан 93,05, азот 1,97, диоксид углерода 0,75, этан 2,73, пропан 1,04, бутан 0,22, изобутан 0,15, пентан 0,04, изопентан 0,05.

Пожароопасные свойства: горючий газ, концентрационные пределы распространения пламени 4,5 – 13,5 % об.; нормальная скорость распространения пламени – 0,176 м/с.

Метан, CH_4 – бесцветный газ, молярная масса 16,04; плотность 0,7168 кг/м³ при 0 °С; температура кипения 161,58 °С; $\lg p = 5,68923 - 380,224/(264,804+t)$ при температуре от –182 до –162 °С; коэффициент диффузии газа в воздухе 0,196 см²/с; теплота образования – 74,8 кДж/моль; теплота сгорания –802 кДж/моль.

Пожароопасные свойства: горючий газ, температура самовоспламенения 535 °С; концентрационные пределы распространения пламени: в воздухе 5,28 – 14,1 % об., в кислороде 5,1–61 % об., в гемеоксиде азота 4,3–22,9 % об., в оксиде азота 8,6–21,7 % об., в хлоре 5,6–70 % об.; максимальное давление взрыва 706 кПа; максимальная скорость нарастания давления 18 МПа/с; нормальная скорость распространения пламени 0,338 м/с; минимальная энергия зажигания 0,28 мДж в воздухе и 0,0027 мДж в кислороде; минимальная флегматизирующая концентрация разбавителя, % об.: N – 37, H₂O – 29, CO₂ – 24, Ar – 51, H₂ – 39, CCl₄ – 13; МВСК – 11 % об.

Битум нефтяной окисленный – горючее твердое вещество, получаемое окислением остаточного продукта нефтеперегонки – гудрона, атмосферным воздухом.

Основной состав, %: углерод – до 85, водород – до 15, сера – не более 1,5, кислород – 2, азот – доли процента, железо, медь, кобальт, никель, ванадий и иногда уран – следы. Плотность 1000–1030 кг/м³; температура размягчения от 40 до 100 °С.

Пожароопасные свойства твердых битумов практически не зависят от их марки и определяются качеством исходного сырья, технологическим режимом получения и другими факторами. Температура вспышки: 212-270 °С (в закрытом тигле), 240–299 °С (в открытом тигле); температура воспламенения 300–351 °С; температура самовоспламенения 380–397 °С. Битум, нанесенный на развитую поверхность, например, на шлаковату, склонен к самовозгоранию,

формулы для расчета условий самовозгорания: $\lg t = i,7241 + 0,259 - \lg S$;
 $\lg t = 2,2912 - 0,122 - \lg x$.

Этанол, этиловый спирт, винный спирт, C_2H_6O – бесцветная жидкость. Молярная масса 46,07; плотность 785 кг/м³ при 25 °С; плотность пара по воздуху 1,6; температура кипения 78,5°С; $\lg P = 7,81158 - 1918,508 / (252,125 + t)$ при температуре от –31 до 78 °С; коэффициент диффузии пара в воздухе 0,132 см²/с при 25 °С; удельное общее сопротивление $7,4 \times 10^{11}$ Ом×м при 25 °С; теплота образования –234,9 кДж/моль; теплота сгорания –1408 кДж/моль; в воде растворим неограниченно.

Пожароопасные свойства: легковоспламеняющаяся жидкость, температура вспышки – 13 °С (закрытый тигель), 16 °С (открытый тигель); температура воспламенения – 18 °С; температура самовоспламенения – 400 °С; концентрационные пределы распространения пламени – 3,6-17,7 % об.; температурные пределы распространения пламени: нижний – 11 °С, верхний – 41 °С; минимальная флегматизирующая концентрация, % об.: CO_2 – 29,5, H_2O – 35,7, N_2 – 46; максимальное давление взрыва – 680 кПа; максимальная скорость нарастания давления – 15,8 МПа/с; скорость выгорания – $3,7 \times 10^{-2}$ кг/(м²×с); максимальная нормальная скорость распространения пламени – 0,556 м/с; минимальная энергия зажигания – 0,246 мДж; МВСК – 11,1 % об.

3. Расчеты и аналитика

3.1. Методология оценки риска, исходные данные и ограничения для определения показателей степени риска ЧС (разработка сценариев развития наиболее неблагоприятных аварийных ситуации)

Причинами возникновения аварийных ситуаций, связанных с истечением газа, как правило, являются [7-8]:

- причины, связанные с отказом оборудования;
- ошибочные действия персонала.

Аварийное истечение газа может возникнуть:

– в результате разгерметизации газопровода высокого или среднего давления, причинами такого разрушения могут стать различные внутренние дефекты, такие как коррозия, усталостные явления металла;

– в результате разгерметизации газопровода в газовой котельной, причинами которого являются дефекты как самого газопровода, так и ошибочные действия персонала.

Наиболее опасными участками на объекте является газопровод, а также отключающая арматура. В случае нарушения герметичности оборудования создаются условия для выброса и истечения наружу природного газа, образование зон загазованности газо-воздушной смесью, при внесении в которую источника зажигания может привести к возникновению аварийного взрыва на открытом пространстве.

Можно выделить следующие события и дестабилизирующие факторы, ведущие к повышению аварийности и тяжести их последствий на эксплуатируемом оборудовании:

- неисправность молниезащиты и электрохимической защиты;
- нарушение правил эксплуатации взрывозащитного оборудования;

- ошибочные действия персонала при выполнении технологических операций;

- диверсии;

- неисправности опорных конструкций.

Наибольшую опасность возникновения и развития аварийных ситуаций при эксплуатации объектов газового хозяйства представляют действия физических лиц, направленные на разрушение элементов системы газоснабжения или постороннее вмешательство в технологические процессы использования газа, в результате которых возникают утечки, создаются зоны взрывоопасной концентрации, ведущие к разрушению зданий, гибели людей, прекращению подачи газа потребителям.

В таблице 1 приведен сводный перечень основных факторов и возможных причин, способствующих возникновению и развитию аварийных ситуаций.

В основу определения сценариев возможных аварий в системе газопотребления ООО «Завод ТехноНИКОЛЬ-Сибирь» положены следующие исходные данные:

- характеристика опасных веществ (природный газ);

- план-схема размещения основного технологического оборудования, в котором обращаются опасные вещества, данные об их распределении на объекте;

- размещение производственных и административных зданий на территории объекта.

При анализе технической документации предприятия и специальной литературы [9-12] выявлены четыре основных сценария развития аварий (табл. 2).

Таблица 1 – Сводный перечень причин аварийных ситуаций и факторов, способствующих их возникновению и развитию

Наименование технологического блока	Факторы, способствующие возникновению и развитию аварийных ситуаций	Возможные причины аварийных ситуаций
1. Газопровод высокого и среднего давления 2. Газовая котельная 3. Производственный цех	1. Присутствие большого количества природного газа создает опасность аварийного выброса при аварийной разгерметизации газопровода. 2. Износ, усталость материала, внешние источники воздействия, коррозия. 3. Выход параметров за критические значения. 4. Перегрев газопровода при пожаре с последующим взрывом.	1. Ошибки персонала. 2. Нарушение технологии ремонта оборудования. 3. Нарушение правил эксплуатации взрывозащитного оборудования. 4. Нарушение герметичности газопровода, отказы арматуры и разъемных соединений, разгерметизация из-за дефектов изготовления, механических повреждений, нагрев, коррозия и т.п. 5. Внешние воздействия (удары, высокие температуры при пожаре, теракты).

Таблица 2 – Возможные сценарии развития аварий на предприятии

№ сценария	Описание сценария	Основные возможные причины
А-1	Разгерметизация наружного газопровода высокого давления → образование облака газа → возникновение источника	Ошибки персонала, технические неполадки, нарушение правил пожарной

А-2	Разгерметизация газопровода среднего давления → образование облака газа → возникновение источника	Ошибки персонала, технические неполадки, нарушение правил пожарной
А-3	Разгерметизация газопровода в котельной → утечка природного газа → образование взрывоопасной концентрации в помещении котельной → разгерметизация котельной	Ошибки персонала, технические неполадки, нарушение правил противопожарной безопасности
А-4	Разгерметизация газопровода в помещении производственного цеха → утечка природного газа → образование взрывоопасной концентрации в производственном	Ошибки персонала, технические неполадки, нарушение правил противопожарной безопасности.

По данным работы [13] вероятность аварийного выброса газа на линейном участке газопровода составляет $0,8 \times 10^{-4}$ в год, а вероятность разгерметизации в здании (котельная, производственный цех) – $0,2 \times 10^{-4}$ в год.

На рисунках 2, 3 приведены сценарии возможных аварийных ситуаций. Модель надежности, которая отражает взаимосвязь между отдельными случайными событиями в виде отказов, совокупность которых, приводит к отказу всей системы в целом называется «деревом отказов».

«Дерево отказов» рассматриваемых аварий в результате разгерметизации газопровода для всех сценариев приведено на рисунке 4. Частота реализации каждого сценария аварии рассчитывается путем умножения частоты аварии на вероятность конечного события.

В таблице 3 представлены расчетные значения вероятностей реализации сценариев аварий для рассматриваемых блоков, кроме сценариев, заканчивающихся без последствий. В знаменателе указано: первая цифра – номер по порядку аварии, вторая цифра – вероятность конечного события.

Таблица 3 – Частота реализации сценариев аварий

Наименование аварии	Частота аварии	Вероятность конечного события	Вероятность реализации сценария, в 1/год
Авария на газопроводе. Мгновенное воспламенение	$P = 0,8 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$	$Q_2 = 0,04$	$C_{1-2} = 3,2 \cdot 10^{-6}$
Авария на газопроводе. Взрыв газа	$P = 0,8 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$	$Q_4 = 0,004$	$C_{2-4} = 3,2 \cdot 10^{-7}$
Авария на газопроводе в котельной (производственном помещении). Мгновенное воспламенение	$P = 0,2 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$	$Q_6 = 0,035$	$C_{3-6} = 7,0 \cdot 10^{-7}$
Авария на газопроводе в котельной (производственном помещении). Взрыв газа	$P = 0,2 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$	$Q_8 = 0,01$	$C_{4-8} = 2,0 \cdot 10^{-7}$

Анализируя данные таблицы 3 по частотам реализации аварий по каждому блоку объекта, получаем, что самым опасным сценарием является C_{2-4} с вероятностью $3,2 \cdot 10^{-7}$ 1/год (взрывное превращение газо-, паровоздушного облака, образовавшегося в результате аварии на газопроводе).

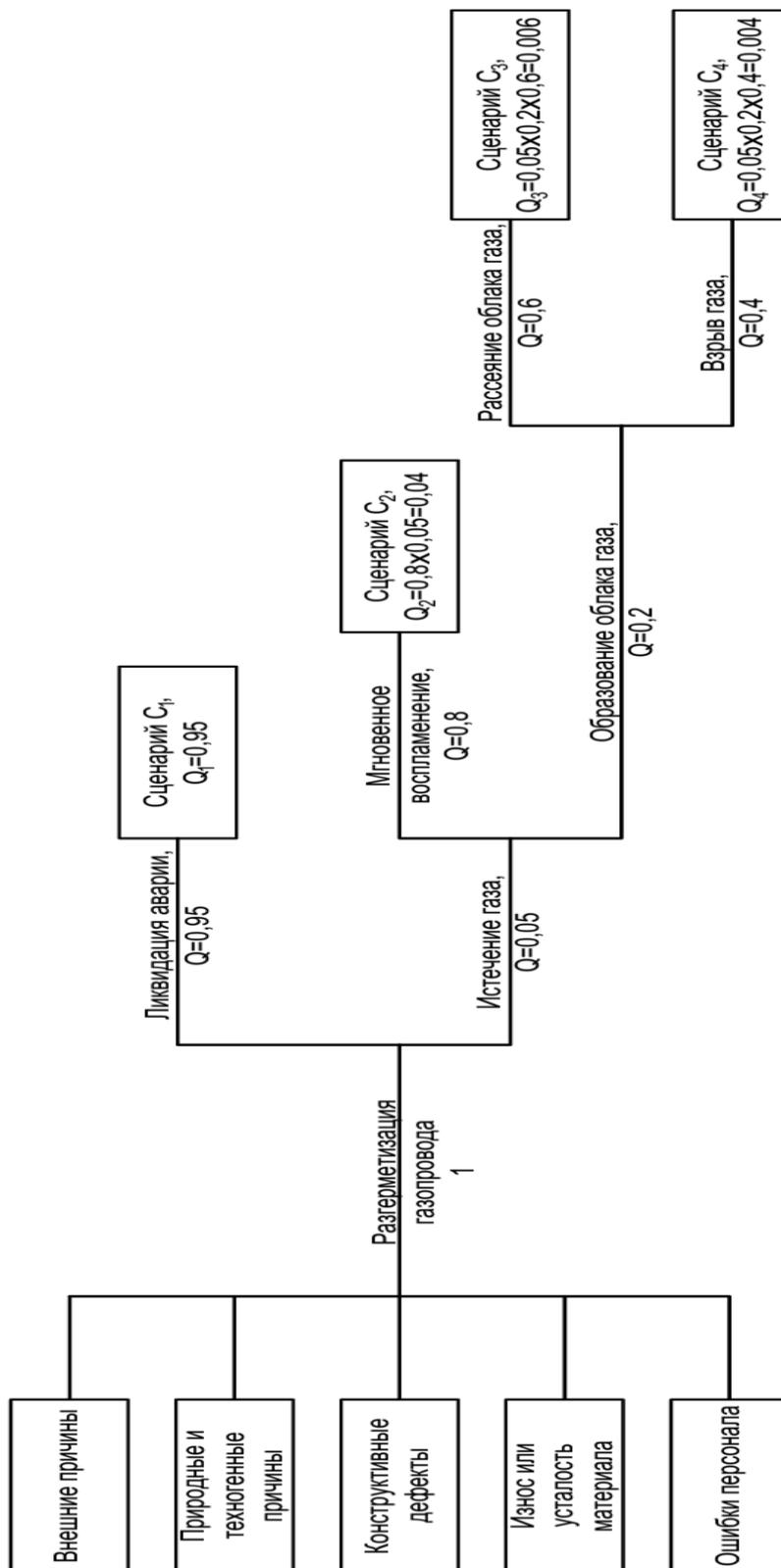


Рисунок 2 – Дерево событий при реализации сценария А-1, А-2 табл. 2 «Разгерметизация газопровода высокого (среднего) давления» (соответствует сценарию С₄)

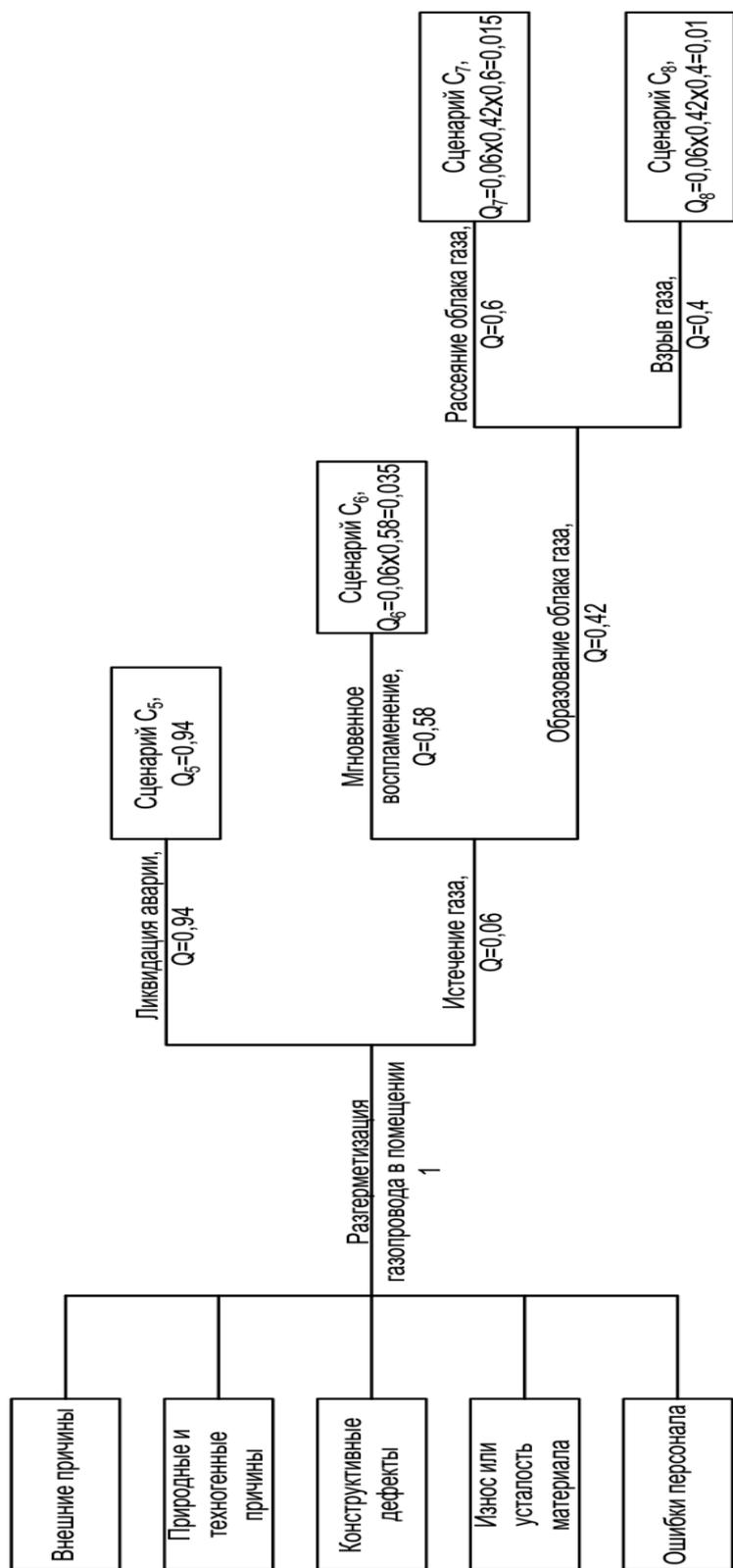


Рисунок 3 – Дерево событий при реализации сценария А-3, А-4 табл.2 «Разгерметизация газопровода в помещении производственного цеха» (соответствует сценарию С₈)

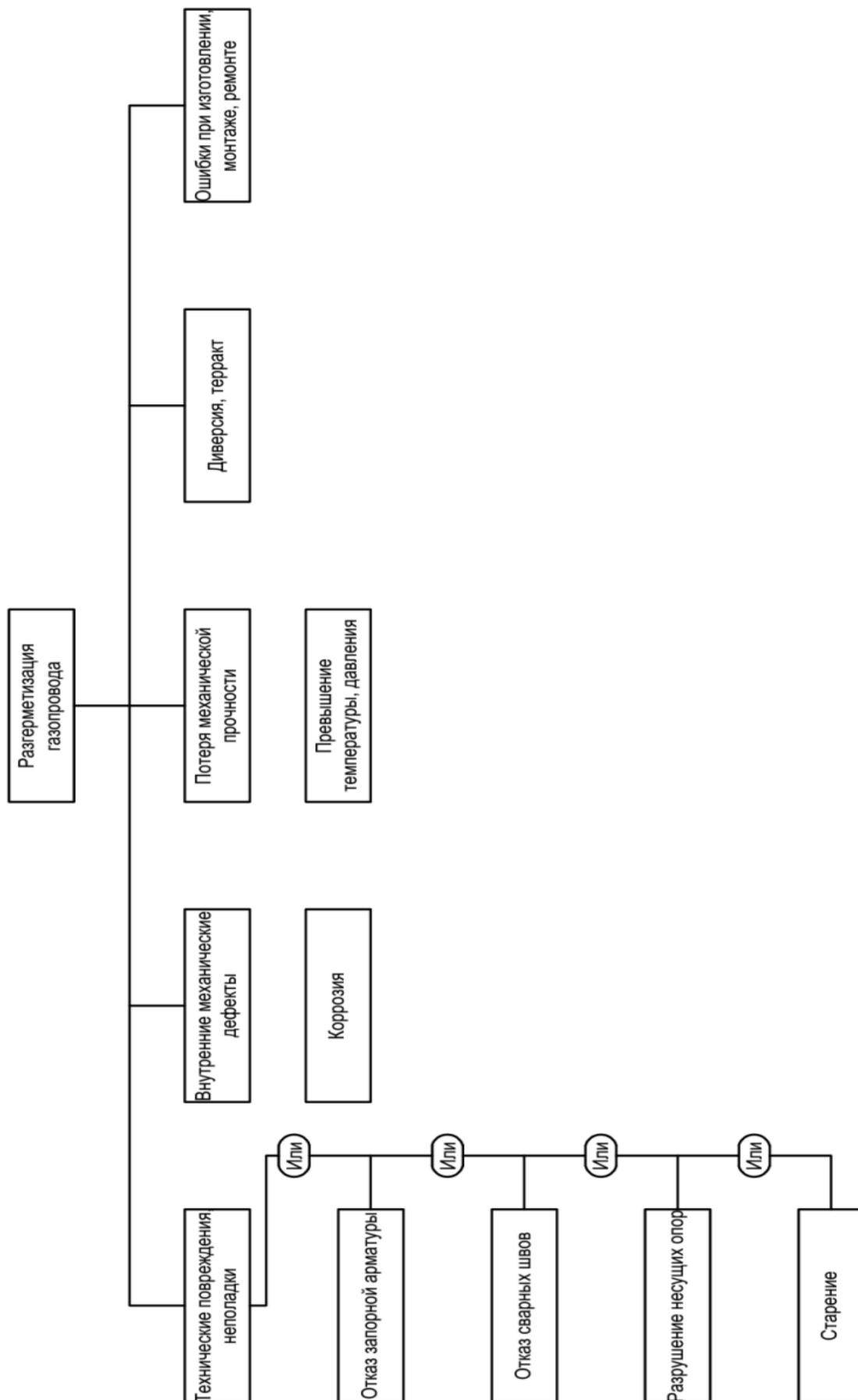


Рисунок 4 – «Дерево отказов» аварии при разгерметизации газопровода

Самым вероятным сценарием является C_{1-2} и C_{3-6} . Это сценарии связаны с мгновенным воспламенением облака с образованием огненного шара. Общая вероятность реализации сценариев составляет $3,2 \cdot 10^{-6}$ 1/год и $7,0 \cdot 10^{-7}$ 1/год, соответственно.

3.2. Результаты оценки риска ЧС (с расчетом последствий поражающих факторов)

Определим массу газа, участвующую в реализации каждого сценария, а также рассчитаем зоны действия основных поражающих факторов.

Сценарий А-1 Разгерметизация газопровода высокого давления

Объем природного газа, поступившего в пространство, в результате разгерметизации газопровода определим по формуле:

$$V_T = V_{1T} + V_{2T}, \quad (3.1)$$

$$V_T = 43,3 + 23,55 = 66,85 \text{ м}^3$$

где V_{1T} – объем газа, вышедшего из газопровода до его отключения, м^3 ;

V_{2T} – объем газа, вышедшего из газопровода после его отключения, м^3 .

$$V_{1T} = q \cdot T, \quad (3.2)$$

$$V_{1T} = \frac{1300}{3600} \times 120 = 43,3 \text{ м}^3$$

где q – расход газа, определяемый в соответствии с технологическим регламентом в зависимости от давления в газопроводе, его диаметра, температуры газовой среды и т. д., $\text{м}^3 \times \text{с}^{-1}$;

T – время истечения до включения задвижек, с.

$$V_{2T} = 0,01 \cdot \pi \cdot P_2 \cdot r^2 \cdot L, \quad (3.3)$$

$$V_{2T} = 0,01 \cdot 3,14 \cdot 600 \cdot 0,05^2 \cdot 500 = 23,55 \text{ м}^3$$

где P_2 – максимальное давление в газопроводе по технологическому регламенту, кПа;

r – внутренний радиус газопроводов, м;

L – длина газопроводов от аварийного истечения до задвижек, м.

Масса природного газа (M) в облаке определяется по формуле:

$$M = V_T \cdot \rho_g, \quad (3.4)$$

$$M = 66,85 \cdot 0,625 = 41,78 \text{ кг}$$

где V_T – объем газа вышедшего из газопровода, м³;

ρ_g – плотность газа, кгс м⁻³.

Выполним расчет низшей теплоты сгорания природного газа при коэффициенте $\beta=1,14$ (табл.ПЗ.2 [14]):

$$Q_n = 44 \cdot 10^6 \cdot \beta \quad (3.5)$$

$$Q_n = 44 \cdot 10^6 \cdot 1,14 = 50,16 \cdot 10^6 \text{ Дж / кг}$$

Определяем эффективный энергозапас облака топливоздушнoй смеси.

Так как $C_2 \leq C_{смx}$, то для наземного полусферического облака:

$$E = M \cdot Q_n \cdot z \quad (3.6)$$

$$E = 41,78 \cdot 50,16 \cdot 10^6 \cdot 0,1 \approx 0,21 \cdot 10^9 \text{ Дж}$$

Так как по степени чувствительности метан относится к классу 4 взрывоопасных смесей, а окружающее место взрыва пространство является средне загроможденным (класс 3), то ожидаемым типом взрывного превращения облака будет являться дефлаграция со скоростью фронта пламени, определяемой по формуле (диапазон 5):

$$v_2 = 43 \cdot \sqrt[6]{m} \quad (3.7)$$

$$v_2 = 43 \cdot \sqrt[6]{M} = 43 \cdot \sqrt[6]{41,78} = 80 \text{ м / с}$$

Расчет безразмерных расстояний для заданных точек определяется по формуле:

$$R_x(r) = \frac{r}{\sqrt[3]{\frac{E}{P_o}}} \quad (3.8)$$

Расчет выполним для расстояний 5, 10, 25, 50, 100 м:

$$R_x(5) = \frac{5}{\sqrt[3]{\frac{0,21 \cdot 10^9}{101325}}} \approx 0,392$$

$$R_x(10) = \frac{10}{\sqrt[3]{\frac{0,21 \cdot 10^9}{101325}}} \approx 0,784$$

$$R_x(25) = \frac{25}{\sqrt[3]{\frac{0,21 \cdot 10^9}{101325}}} \approx 1,96$$

$$R_x(50) = \frac{50}{\sqrt[3]{\frac{0,21 \cdot 10^9}{101325}}} \approx 3,92$$

$$R_x(100) = \frac{100}{\sqrt[3]{\frac{0,21 \cdot 10^9}{101325}}} \approx 7,84$$

Расчет безразмерного давления P_x и безразмерного импульса I_x во фронте ударной волны по формулам:

$$P_{x1} = \left(\frac{\sigma - 1}{\sigma} \right) \cdot \left(\frac{v_2}{340} \right)^2 \cdot \left(\frac{0,83}{R_x} - \frac{0,14}{R_x^2} \right) \quad (3.9)$$

$$I_{x1} = \left(\frac{\sigma - 1}{\sigma} \right) \cdot \left(\frac{v_2}{340} \right)^2 \cdot \left(1 - 0,4 \cdot \frac{\sigma - 1 \cdot v_2}{340 \cdot \sigma} \right) \cdot \left(\frac{0,06}{R_x} + \frac{0,01}{R_x^2} - \frac{0,0025}{R_x^3} \right) \quad (3.10)$$

Для рассматриваемого типа взрывного превращения $v_2 = 80 \text{ м/с}$.

Следовательно,

$$P_{x1} \ 5 = 0,057; I_{x1} \ 5 = 0,0077$$

$$P_{x1} \ 10 = 0,0039; I_{x1} \ 10 = 0,0038$$

$$P_{x1} \ 25 = 0,0184; I_{x1} \ 25 = 0,00144$$

$$P_{x1} \ 50 = 0,0096; I_{x1} \ 50 = 0,00069$$

$$P_{x1} \ 100 = 0,00492; I_{x1} \ 100 = 0,000341$$

Расчет параметров P_x и I_x выполняется в предположении того, что облако газовой смеси сгорает в режиме детонации:

$$\ln P_{x2} = -1,124 - 1,66 \cdot \ln R_x + 0,26 \cdot \ln R_x^2 \quad (3.11)$$

$$\ln I_{x2} = -3,4217 - 0,898 \cdot \ln R_x - 0,009 \cdot \ln R_x^2 \quad (3.12)$$

$$P_{x2} \ 5 = 1,928; I_{x2} \ 5 = 0,076$$

$$P_{x_2} 10 = 0,495; I_{x_2} 10 = 0,041$$

$$P_{x_2} 25 = 0,120; I_{x_2} 25 = 0,018$$

$$P_{x_2} 50 = 0,055; I_{x_2} 50 = 0,0096$$

$$P_{x_2} 100 = 0,032; I_{x_2} 100 = 0,0050$$

В соответствии с условием $P_x = \min \{P_{x_1}; P_{x_2}\}$ и $I_x = \min \{I_{x_1}; I_{x_2}\}$ параметры P_x и I_x принимаются равными:

$$P_{x_1} 5 = 0,057; I_{x_1} 5 = 0,0077$$

$$P_{x_1} 10 = 0,0039; I_{x_1} 10 = 0,0038$$

$$P_{x_1} 25 = 0,0184; I_{x_1} 25 = 0,00144$$

$$P_{x_1} 50 = 0,0096; I_{x_1} 50 = 0,00069$$

$$P_{x_1} 100 = 0,00492; I_{x_1} 150 = 0,000341$$

Расчет величины избыточного давления ΔP^+ и импульса I^+ фазы во фронте ударной волны определяется по соотношениям:

$$\Delta P^+ = P_x \cdot P_0 \quad (3.13)$$

$$I^+ = \frac{I_x \cdot \sqrt[3]{P_0^2}}{340} \cdot \sqrt[3]{E} \quad (3.14)$$

$$\Delta P^+ 5 = 5,8 \text{ кПа}; I^+ 5 = 209 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\Delta P^+ 10 = 4,0 \text{ кПа}; I^+ 10 = 104 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\Delta P^+ 25 = 1,86 \text{ кПа}; I^+ 25 = 39 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\Delta P^+ 50 = 0,97 \text{ кПа}; I^+ 50 = 18,9 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\Delta P^+ 100 = 0,5 \text{ кПа}; I^+ 100 = 9,25 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Оценка вероятности причинения ущерба на заданном расстоянии от эпицентра взрыва. Расчет ведется через пробит-функции соответствующей тяжести ущерба.

Полные разрушения:

$$\text{Pr} = 5 - 0,22 \cdot \ln \left(\left(\frac{40000}{\Delta P^+} \right)^{7,4} + \left(\frac{460}{I^+} \right)^{11,3} \right) \quad (3.15)$$

Тяжелый разрушения:

$$Pr = 5 - 0,26 \cdot \ln \left(\left(\frac{17500}{\Delta P^+} \right)^{8,4} + \left(\frac{290}{I^+} \right)^{9,3} \right) \quad (3.16)$$

Слабые разрушения:

$$Pr = 5 - 0,26 \cdot \ln \left(\left(\frac{4600}{\Delta P^+} \right)^{4,9} + \left(\frac{110}{I^+} \right)^5 \right) \quad (3.17)$$

Гибель людей от баротравмы:

$$Pr = 5 - 5,74 \cdot \ln \left(\left(\frac{\frac{4,2}{\Delta P^+} + \frac{1,3}{I^+} \cdot \sqrt{P_0} \cdot \sqrt[3]{m}}{P_0} \right) \right) \quad (3.18)$$

Полученные значения сведем в табл. 4.

Таблица 4 – Значение пробит-функции в зависимости от расстояния

Параметры	Значение пробит-функции в зависимости от расстояния				
	5 м	10 м	25 м	50 м	100 м
Полные и сильные разрушения зданий	1,856	1,120	-1,139	-2,942	-4,711
Тяжелые разрушения	2,588	1,759	-0,055	-1,680	-3,359
Слабые разрушения	5,265	4,687	3,550	2,639	1,729
Гибель людей от баротравмы	-9,406	-28,9	-39,928	-48,292	-56,573

Таблица 5 – Оценка ущерба в зависимости от расстояния

Параметры	Доля ущерба, %, в зависимости от расстояния				
	5 м	10 м	25 м	50 м	100 м
Полные и сильные разрушения зданий	0,5	0,3	0	0	0
Тяжелые разрушения	0,9	0,5	0	0	0
Слабые разрушения	62	38	7,5	1	0,5
Гибель людей от баротравмы	0	0	0	0	0

По справочным данным (табл. П 4.2, [14]), связывающим вероятность причинения ущерба с пробит-функцией для каждого типа ущерба, определяется вероятность или доля соответствующего ущерба (табл. 5).

Из анализа таблицы 5 следует, что при возникновении сценария C_{2-4} вероятность образования зон полных, сильных и тяжелых разрушений может быть лишь в непосредственной близости от оборудования.

Авария на газопроводе, сопровождающаяся мгновенным воспламенением, может образовывать огненный шар (сценарий C_{1-2})

Огненный шар представляет собой крупномасштабное диффузионное пламя сгорающей массы топлива или парового облака, поднимающееся над поверхностью земли.

Исходные данные для проведения расчета:

– масса продукта, поступившего в окружающее пространство, $m_r = 41,78$ кг;

– среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени, $E_f = 350$ кВт/м² [14].

Эффективный диаметр огненного шара определяли по формуле:

$$D_s = 6,48 \cdot m^{0,325}, \quad (3.19)$$

$$D_s = 6,48 \cdot 41,78^{0,325} = 21,8 \text{ м}$$

В соответствии с [14] высоту центра огненного шара принимали равной эффективному диаметру:

$$H = D_s = 21,8 \text{ м} \quad (3.20)$$

Угловой коэффициент облученности находили из выражения:

$$F_q = \frac{D_s^2}{4 \cdot H^2 + r^2} \quad (3.21)$$

$$F_q = \frac{21,8^2}{4 \cdot 21,8^2 + r^2}$$

Коэффициент пропускания атмосферы для огненного шара рассчитывали по формуле:

$$\tau = \exp \left[-7,0 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{r^2 + H^2} - D_s / 2 \right] \quad (3.22)$$

$$\tau = \exp \left[-7,0 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{r^2 + 21,8^2} - 21,8 / 2 \right]$$

Интенсивность теплового излучения огненного шара определяли из выражения:

$$q_{out} = E_f \cdot F_q \cdot \tau, \quad (3.23)$$

$$q_{out} = 350 \cdot F_q \cdot 2,25$$

Время существования огненного шара определяли по формуле:

$$t_s = 0,852 \cdot m^{0,26} \quad (3.24)$$

$$t_s = 0,852 \cdot 41,78^{0,26} = 2,25 \text{ с}$$

Принимая различные значения r в формулах 3.21–3.23, строим график (рис. 5) зависимости величины теплового потока от расстояния.

В случае образования паровоздушной смеси в незагроможденном технологическим оборудованием пространстве и его зажигании относительно слабым источником сгорание этой смеси происходит, как правило, с небольшими видимыми скоростями пламени. При этом амплитуды волны давления малы и могут не приниматься во внимание при оценке поражающего воздействия. В этом случае реализуется так называемый пожар-вспышка, при котором зона поражения высокотемпературными продуктами сгорания паровоздушной смеси практически совпадает с максимальным размером облака продуктов сгорания. Радиус воздействия высокотемпературных продуктов сгорания паровоздушного облака при пожаре-вспышке определяется формулой:

$$R_F = 1,2 \cdot R_{НКПР}, \quad (3.25)$$

$$R_F = 1,2 \cdot 18 = 21,6 \text{ м}$$

где $R_{НКПР}$ – горизонтальный размер взрывоопасной зоны, определяемый по формуле:

$$R_{НКПР F} = 7,8 \cdot \left(\frac{m_2}{\rho_2 \cdot C_{НКПР}} \right)^{0,33}, \quad (3.26)$$

$$R_{НКПР} = 7,8 \cdot (41,78 / (0,625 \cdot 5,28))^{0,33}$$

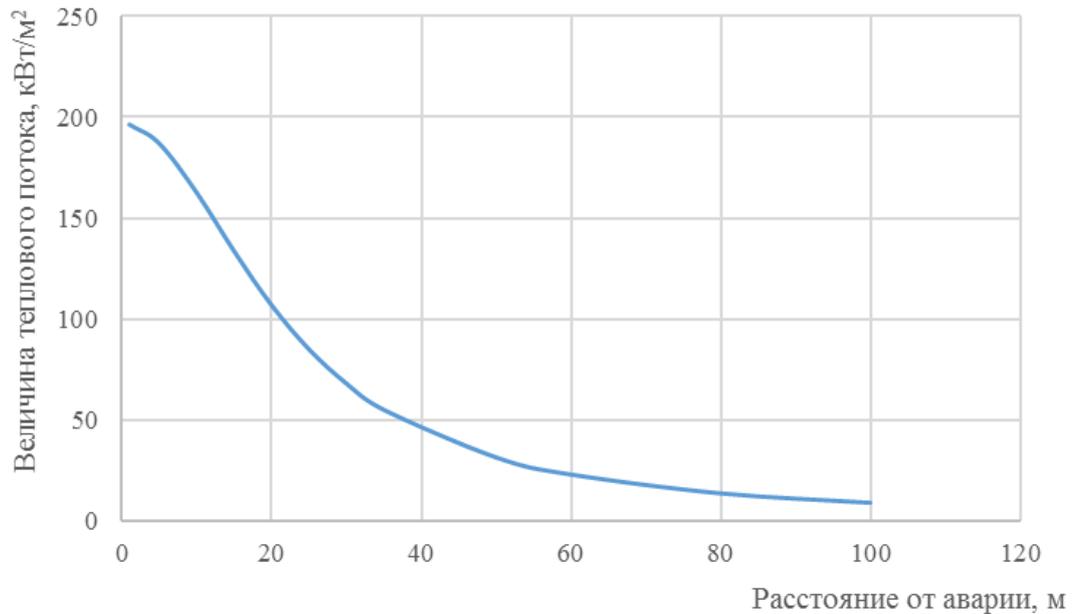


Рисунок 5 – Величина теплового потока огненного шара в зависимости от расстояния

Сценарий А-3 Разгерметизация газопровода в котельной

В зал котельной, свободным объемом 612 м³, подведен газопровод, по которому подается природный газ. В расчете принимаем газ метан (СН₄), занимающий до 93% объема природного газа.

Максимальное давление в газопроводе P_г=600 кПа, максимальный расход g=0,1 м³/сек. Считаем, что время срабатывания системы автоматики отключения трубопроводов составляет T = 120 сек [15].

Абсолютно-максимальная температура воздуха для данной местности t_р=41°С [16]. Плотность метана при данной температуре составляет:

$$\rho_2 = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_p)}, \quad (4.27)$$

$$\rho_2 = \frac{16}{22,4 \cdot (1 + 0,00367 \cdot 41)} = 0,621 \text{ кг} / \text{м}^3$$

где M – молярная масса, кг/кмоль.

Максимальное давление при сгорании стехиометрической газозоудной смеси метана в замкнутом объеме $P_{\max} = 706$ кПа.

Объем природного газа, поступившего в пространство, в результате разгерметизации газопровода определим по формулам (4.1)-(4.3):

$$\begin{aligned}V_{1T} &= 0,1 \cdot 120 = 12 \text{ м}^3 \\V_{2T} &= 0,01 \cdot 3,14 \cdot 600 \cdot 0,05^2 \cdot 50 = 2,36 \text{ м}^3 \\V_T &= 12 + 2,36 = 14,36 \text{ м}^3\end{aligned}$$

Масса природного газа (M) в облаке определяется по формуле (3.4):

$$M = 14,36 \cdot 0,621 = 8,92 \text{ кг}$$

Низшая теплота сгорания природного газа $Q_n = 50,16 \cdot 10^6$ Дж / кг (формула (3.5)).

Стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания метана равен:

$$\begin{aligned}C_{cm} &= \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta}, & (3.28) \\C_{cm} &= \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 2} = 9,36\%\end{aligned}$$

Для создания стехиометрической концентрации в объеме помещения требуемый объем газа составляет:

$$\begin{aligned}V_{cm} &= \frac{V_{ном} \times C_{cm}}{100}, & (3.29) \\V_{cm} &= 612 \cdot 9,36 / 100 = 57,28 \text{ м}^3\end{aligned}$$

Следовательно, $C_2 \leq C_{cmx}$, тогда для наземного полусферического облака энергозапас определяем по формуле (4.6):

$$E = 8,92 \cdot 50,16 \cdot 10^6 \cdot 0,1 \approx 44,74 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

Так как по степени чувствительности метан относится к классу 4 взрывоопасных смесей, а окружающее место взрыва пространство является сильно загроможденным (класс 2), то ожидаемым типом взрывного превращения облака будет являться дефлаграция (диапазон 4) со скоростью фронта пламени 150–200 м/с (п.16, [14]) (для дальнейших расчетов принимаем – 175 м/с).

Расчет безразмерных расстояний для заданных точек определяем по формуле (3.8).

Расчет выполним для расстояний 5, 10, 20, 30, 50 м:

$$R_x(5) = \frac{5}{\sqrt[3]{\frac{44,74 \cdot 10^6}{101325}}} \approx 0,657$$

$$R_x(10) = \frac{10}{\sqrt[3]{\frac{44,74 \cdot 10^6}{101325}}} \approx 1,313$$

$$R_x(20) = \frac{20}{\sqrt[3]{\frac{44,74 \cdot 10^6}{101325}}} \approx 2,626$$

$$R_x(30) = \frac{30}{\sqrt[3]{\frac{44,74 \cdot 10^6}{101325}}} \approx 3,94$$

$$R_x(50) = \frac{50}{\sqrt[3]{\frac{44,74 \cdot 10^6}{101325}}} \approx 6,57$$

Расчет безразмерного давления P_x и безразмерного импульса I_x во фронте ударной волны по формулам (4.9)–(4.10):

Для рассматриваемого типа взрывного превращения $v_T = 175$ м/с

Следовательно,

$$P_{x1} 5 = 0,213; I_{x1} 5 = 0,02$$

$$P_{x1} 10 = 0,125; I_{x1} 10 = 0,0094$$

$$P_{x1} 20 = 0,067; I_{x1} 20 = 0,0045$$

$$P_{x1} 30 = 0,0046; I_{x1} 30 = 0,003$$

$$P_{x1} 50 = 0,028; I_{x1} 50 = 0,0017$$

Расчет параметров P_x и I_x выполняется в предположении того, что облако газовой смеси сгорает в режиме детонации (4.11)–(4.12):

$$P_{x2} 5 = 0,684; I_{x2} 5 = 0,048$$

$$P_{x2} 10 = 0,212; I_{x2} 10 = 0,026$$

$$P_{x_2} 20 = 0,084; I_{x_2} 20 = 0,014$$

$$P_{x_2} 30 = 0,055; I_{x_2} 30 = 0,0095$$

$$P_{x_2} 50 = 0,036; I_{x_2} 50 = 0,0059$$

В соответствии с условием $P_x = \min \{P_{x_1}; P_{x_2}\}$ и $I_x = \min \{I_{x_1}; I_{x_2}\}$ параметры P_x и I_x принимаются равными:

$$P_{x_1} 5 = 0,213; I_{x_1} 10 = 0,02$$

$$P_{x_1} 10 = 0,125; I_{x_1} 10 = 0,0094$$

$$P_{x_1} 20 = 0,067; I_{x_1} 20 = 0,0045$$

$$P_{x_1} 30 = 0,0046; I_{x_1} 30 = 0,003$$

$$P_{x_1} 50 = 0,028; I_{x_1} 50 = 0,0017$$

Расчет величины избыточного давления ΔP^+ и импульса I^+ фазы во фронте ударной волны определяется по соотношениям (4.13)-(4.14):

$$\Delta P^+ 5 = 21,6 \text{ кПа}; I^+ 5 = 537 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\Delta P^+ 10 = 12,68 \text{ кПа}; I^+ 10 = 256 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\Delta P^+ 20 = 6,81 \text{ кПа}; I^+ 25 = 123 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\Delta P^+ 30 = 4,64 \text{ кПа}; I^+ 30 = 80,4 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\Delta P^+ 50 = 2,83 \text{ кПа}; I^+ 50 = 47,5 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Оценка вероятности причинения ущерба на заданном расстоянии от эпицентра взрыва. Расчет ведется через пробит-функции соответствующей тяжести ущерба: полные разрушения – по формуле (4.15), тяжелый разрушения – по формуле (4.16), слабые разрушения – по формуле (4.17), гибель людей от баротравмы – по формуле (3.18). Полученные значения сведем в табл. 6.

По справочным данным (табл. П 4.2, [14]), связывающим вероятность причинения ущерба с пробит-функцией для каждого типа ущерба, определяется вероятность или доля соответствующего ущерба (табл. 7).

Таблица 6 – Значение пробит-функции в зависимости от расстояния

Параметры	Значение пробит-функции в зависимости от расстояния				
	5 м	10 м	20 м	30 м	50 м
Полные и сильные разрушения зданий	4	3,1	1,68	0,66	-0,65
Тяжелые разрушения	5,46	4,25	2,75	1,80	0,57
Слабые разрушения	6,83	6	5,1	4,54	3,87
Гибель людей от баротравмы	-5,93	-19,23	-27,05	-31,72	-37,66

Таблица 7 – Оценка ущерба в зависимости от расстояния

Параметры	Доля разрушений, %, в зависимости от расстояния				
	5 м	10 м	20 м	30 м	50 м
Полные и сильные разрушения зданий	16	3	0,5	0,2	0
Тяжелые разрушения	68	22	1,3	0,5	0,2
Слабые разрушения	97	84	54	32	13
Гибель людей от баротравмы	0	0	0	0	0

Из анализа таблицы 7 следует, что при возникновении сценария C_{4-8} вероятность образования зон полных, сильных и тяжелых разрушений может быть лишь в непосредственной близости от оборудования (до 10 м).

Авария, сопровождающаяся мгновенным воспламенением, может образовывать огненный шар (сценарий C_{3-6}).

Исходные данные для проведения расчета:

– масса продукта, поступившего в окружающее пространство,
 $m_T = 8,92$ кг;

– среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени,
 $E_f = 350$ кВт/м²

Эффективный диаметр огненного шара определяли по формуле (3.19):

$$D_S = 6,48 \cdot 8,92^{0,325} \text{ м}$$

В соответствии с [14] высоту центра огненного шара принимали равной эффективному диаметру $H = D_S = 13,2 \text{ м}$

Угловой коэффициент облученности находили из выражения формулы (3.21):

$$F_q = \frac{13,2^2}{4 \cdot 13,2^2 + r^2}$$

Коэффициент пропускания атмосферы для огненного шара рассчитывали по формуле (3.22):

$$\tau = \exp \left[-7,0 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\sqrt{r^2 + 13,2^2} - \frac{13,2}{2} \right) \right]$$

Интенсивность теплового излучения огненного шара определяли из выражения (3.23):

$$q_{out} = 350 \cdot F_q \cdot 1,5$$

Время существования огненного шара определяли по формуле (3.24):

$$t_s = 0,852 \cdot 8,92^{0,26} = 1,5 \text{ с}$$

Принимая различные значения r в формулах 3.21–3.23, строим график (рис. б) зависимости величины теплового потока от расстояния.

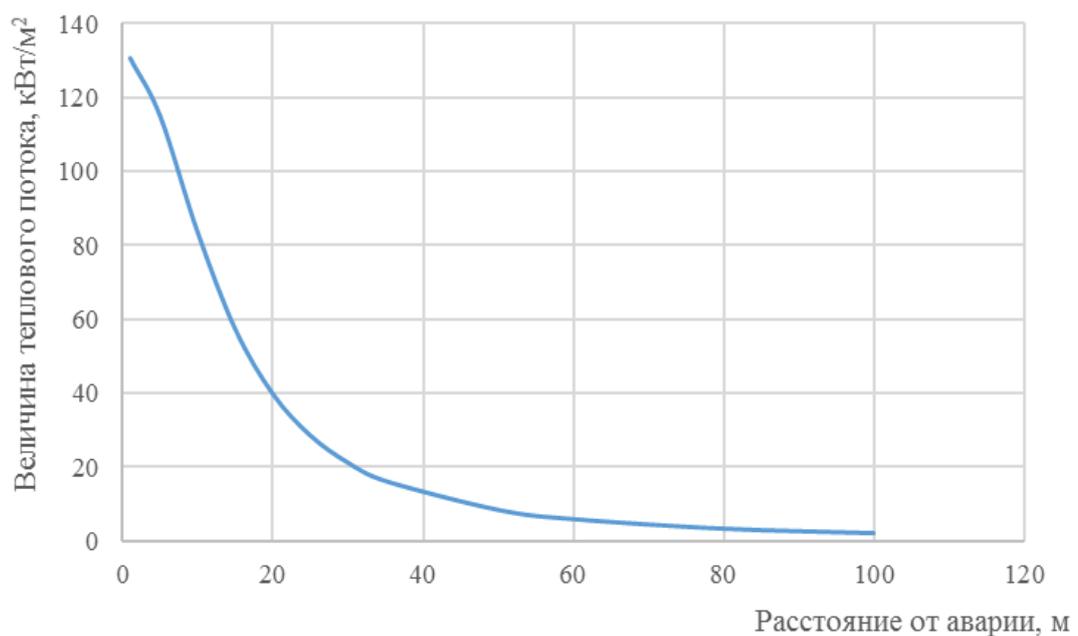


Рисунок 6 – Величина теплового потока огненного шара в зависимости от расстояния

Радиус воздействия высокотемпературных продуктов сгорания паровоздушного облака при пожаре-вспышке определяется формулой (3.25):

$$R_F = 1,2 \cdot 10,85 = 13,0 \text{ м}$$

Горизонтальный размер взрывоопасной зоны определяется по формуле (3.26):

$$R_{НКПР} = 7,8 \cdot (8,92 / (0,621 \cdot 5,28))^{0,33} = 10,85 \text{ м}$$

3.3. Прогнозирование последствия аварийных ситуаций

При оценке последствий (риска) учитывались следующие условия:

1. Местонахождение людей;
2. Расположение персонала и соседнего оборудования от эпицентра аварии;
3. Оснащение средствами индивидуальной и коллективной защиты.

Сводные данные, необходимые для оценки рисков поражения людей, находящихся в зонах опасности в зависимости от реализации сценариев аварийных событий, приведены в таблице 8. При этом учитываем только сценарии, для которых производилась оценка поражающих факторов.

Таблица 8 – Сводные данные расчета индивидуального риска

Сценарий	Вероятность реализации	Вероятность присутствия персонала в зоне действия поражающих факторов	Индивидуальный риск, R_i	Коллективный риск, $R_{колi}$	Количество человек в зоне опасности	
					смерть	травма

1	2	3	4	5	6	7
C ₁₋₂	$3,2 \times 10^{-6}$	0,039	$1,25 \times 10^{-7}$	$1,25 \times 10^{-7}$	1	4
C ₂₋₄	$3,2 \times 10^{-7}$	0,039	$1,25 \times 10^{-8}$	$1,25 \times 10^{-8}$	1	4
C ₃₋₆	$7,0 \times 10^{-7}$	0,039	$2,73 \times 10^{-8}$	$5,46 \times 10^{-8}$	2	6
C ₄₋₈	$2,0 \times 10^{-7}$	0,039	$0,78 \times 10^{-8}$	$4,68 \times 10^{-8}$	6	12
			$R_{инд} = 1,73 \cdot 10^{-7}$	$R_{кол} = 2,39 \cdot 10^{-7}$		

Вероятность присутствия персонала в зоне действия поражающих факторов возможной аварии определяется по формуле:

$$P_{при} = \frac{\tau_i \cdot n_i}{T} \quad (3.26)$$

где τ_i – время нахождения работающего в пределах зон поражающих факторов в одну смену, ч;

n_i – количество рабочих смен в году.

T – количество часов в году.

Покажем порядок расчета для сценария C₅₋₉. Время нахождения работающих в пределах зон поражающих факторов в одну смену $\tau_i = 0,5$ ч, количество рабочих смен в году $n = 678$ смен (3 смены в сутки), количество часов в году $T = 8760$ ч, тогда,

$$P_{при} = \frac{0,5 \cdot 678}{8760} = 0,039$$

Индивидуальный риск рассчитывается по формуле:

$$R_{инд} = \sum_{i=1}^n Q_{ni} \cdot Q_i \cdot P_{при} \quad (3.27)$$

где $R_{инд}$ – индивидуальный риск, 1/год;

Q_{ni} – условная вероятность поражения человека при реализации i -того сценария аварии (принимается равной единице при нахождении человека в детерминированной зоне опасности);

Q_i – вероятность реализации i -того сценария аварии в течение года;

$R_{при}$ – вероятность присутствия человека в зоне действия поражающих факторов i -того сценария аварии;

n – число сценариев аварии.

Итоговая величина индивидуального риска составляет $R_{инд} = 1,726 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$ (табл. 8).

Коллективный риск рассчитываем по формуле:

$$R_{кол} = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot N_i, \quad (3.28)$$

где $R_{кол}$ – коллективный риск, чел/год;

Q_i – вероятность реализации i -того сценария аварии в течение года;

N_i – количество погибших при реализации i -того сценария аварии.

Коллективный риск рассчитываем, суммируя значения столбца 5 таблицы 8. т.е. $R_{кол} = 2,39 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$

Средний индивидуальный риск рассчитываем по формуле:

$$R_{cp} = \frac{R_{кол}}{N_i}, \quad (3.29)$$

$$R_{cp} = \frac{2,39 \cdot 10^{-7}}{10} = 2,39 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$$

где R_{cp} – средний индивидуальный риск, 1/год;

N_i – персонал, подвергающийся риску, чел.

3.4. Оценка устойчивости объекта исследования в режиме чрезвычайной ситуации к действию поражающих факторов

Оценку устойчивости объекта выполним, воспользовавшись рекомендациями, приведенными в [17–18].

Определение ожидаемого состояния зданий ($\xi_{зд}$) и технологического оборудования ($\xi_{мо}$) проводится с использованием приведенного показателя устойчивости по формулам:

$$\xi_{зд} = 1,25 \cdot \frac{\Delta P_{\phi}}{1,7 \cdot \Delta P_{зд}^*}, \quad (3.30)$$

$$\xi_{мо} = 1,25 \cdot \frac{\Delta P_{\phi}}{1,7 \cdot \Delta P_{мо}^*} \cdot K_1, \quad (3.31)$$

где ΔP_{ϕ} – избыточное давление во фронте воздушной ударной волны, воздействующее на здание (технологическое оборудование), кг/см²;

$\Delta P_{зд(мо)}^*$ – значение ΔP_{ϕ} , вызывающее сильные разрушения зданий (технологического оборудования), кг/см²;

K_1 – коэффициент, учитывающий повреждение технологического оборудования обломками конструкций зданий.

Значение K_1 могут приниматься:

при $\xi_{зд} \leq 0,5$ – $K_1 = 1$;

при $\xi_{зд} = 0,5 \div 1,25$ – $K_1 = 1,15$;

при $\xi_{зд} > 1,25$:

а) для зданий с легкими ограждающими конструкциями – $K_1 = 1,2$;

б) для зданий со стенами из железобетонных панелей – $K_1 = 1,6$;

в) для зданий с кирпичными стенами и из бетонных блоков – $K_1 = 2$.

Значения $\Delta P_{зд(мо)}^*$ в зависимости от характеристики здания (технологического оборудования) определяются по приложению 5 [17].

Расчет $\xi_{зд}$ и $\xi_{мо}$ выполним для взрыва газо-воздушной смеси в производственном цеху и котельной.

При выполнении раздела 4 максимальное рассчитанное давление взрыва газовой смеси в котельной составило 21,6 кПа на расстоянии 5 м от места аварии. Максимальное давление взрыва газовой смеси в производственном цеху составит 32 кПа на расстоянии 5 м от места аварии (согласно «Плану ликвидации аварийных ситуаций на ОПО»).

Сводные данные приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Сводные значения ξ_{zd} , ξ_{mo} при взрыве газовой смеси

Наименование цеха	ΔP_{ϕ} , кг/см ²	ΔP^*_{zd} , кг/см ²	ΔP^*_{mo} , кг/см ²	ξ_{zd}	K_1	ξ_{mo}
Производственный цех	0,32	0,4	0,6	0,588	1,15	0,451
Котельная	0,216	0,5	0,5	0,318	1	0,318

Вероятность получения зданиями и оборудованием различных степеней разрушений оценим по зависимостям (6.3) – (6.6) [18].

Производственный цех.

Вероятность получения слабой степени разрушения зданием и оборудованием:

$$P_1 = 0,62 \cdot \xi + 0,008, \text{ так как } 0,1 \leq \xi < 0,63, \quad (3.32)$$

$$P^{zd}_1 = 0,62 \cdot 0,588 + 0,008 = 0,3726$$

$$P^{ob}_1 = 0,62 \cdot 0,451 + 0,008 = 0,2876$$

Вероятность получения средней степени разрушения зданием и оборудованием:

$$P_2 = 0,33 \cdot \xi + 0,13, \text{ так как } 0,26 \leq \xi < 1,04, \quad (3.33)$$

$$P^{zd}_2 = 0,33 \cdot 0,588 + 0,13 = 0,324$$

$$P^{ob}_2 = 0,33 \cdot 0,451 + 0,13 = 0,279$$

Вероятность получения сильной степени разрушения зданием и оборудованием:

$$P_3 = 0,69 \cdot \xi - 0,19, \text{ так как } 0,28 \leq \xi < 0,6, \quad (3.34)$$

$$P^{zd}_3 = 0,69 \cdot 0,588 - 0,19 = 0,216$$

$$P^{ob}_3 = 0,69 \cdot 0,451 - 0,19 = 0,121$$

Вероятность получения полной степени разрушения зданием и оборудованием:

$$P_4 = 0, \text{ так как } 0,6 < \xi, \quad (3.35)$$

$$P^{zd}_4 = 0$$

$$P^{ob}_4 = 0$$

Котельная.

Вероятность получения слабой степени разрушения зданием и оборудованием:

$$P_1 = 0,62 \cdot \xi + 0,008, \text{ так как } 0,1 \leq \xi < 0,63,$$

$$P^{зд}_1 = 0,62 \cdot 0,318 + 0,008 = 0,2052$$

$$P^{об}_1 = 0,62 \cdot 0,318 + 0,008 = 0,2052$$

Вероятность получения средней степени разрушения зданием и оборудованием:

$$P_2 = 0,33 \cdot \xi + 0,13, \text{ так как } 0,26 \leq \xi < 1,04,$$

$$P^{зд}_2 = 0,33 \cdot 0,318 + 0,13 = 0,235$$

$$P^{об}_2 = 0,33 \cdot 0,318 + 0,13 = 0,235$$

Вероятность получения сильной степени разрушения зданием и оборудованием:

$$P_3 = 0,69 \cdot \xi - 0,19, \text{ так как } 0,28 \leq \xi < 0,6,$$

$$P^{зд}_3 = 0,69 \cdot 0,318 - 0,19 = 0,03$$

$$P^{об}_3 = 0,69 \cdot 0,318 - 0,19 = 0,03$$

Вероятность получения полной степени разрушения зданием и оборудованием:

$$P_4 = 0, \text{ так как } 0,6 < \xi$$

3.5. Технические решения по повышению устойчивости функционирования объекта экономики в чрезвычайных ситуациях

В результате проведенного анализа уровня опасности системы газопотребления ООО «Завод ТехноНИКОЛЬ-Сибирь» получены показатели риска, определены сценарии возможных аварийных ситуаций, определены зоны действия основных поражающих факторов.

С точки зрения воздействия на людей и инфраструктуру ООО «Завод ТехноНИКОЛЬ-Сибирь», представляют наибольшую опасность возможные аварии на газопроводе высокого давления и газопроводе в помещениях

котельной и производственного здания.

Основными организационно-техническими мерами предупреждения аварийности и повышения безопасности являются [19–20]:

- соблюдение норм и требований при размещении и строительстве зданий, технологических сооружений и сетей инженерного обеспечения;

- правильный выбор технических устройств (технологическое оборудование, аппаратура, средства измерений и контроля, изделия и материалы);

- наличие сертификатов соответствия требованиям промышленной безопасности, выданных Госстандартом России, на технические устройства и разрешений на применение, выданных Ростехнадзором России;

- поддержание в необходимых объемах резервов финансовых и материальных ресурсов, необходимых в целях экстренного привлечения при возникновении чрезвычайных ситуаций;

- обучение и аттестация персонала в области промышленной безопасности.

Снижения вероятности возникновения аварии и ущерба можно добиться тремя путями:

- использованием надежной техники и безопасных технологий;

- правильным руководством;

- правильными действиями в чрезвычайной ситуации.

Приведем список предлагаемых мер по повышению уровня обеспечения безопасности объекта:

Во время эксплуатации газового хозяйства необходимо организовать:

- контроль за исправным состоянием газовых сетей, инструмента, приспособлений, индивидуальных средств, обеспечивающих безопасные условия труда;

- допуск к обслуживанию сетей газового хозяйства работников, в обязательном порядке имеющих удостоверение;

- обеспечение работников газового хозяйства спецодеждой, спецобувью, индивидуальными средствами защиты;

- работа по технике безопасности, охране труда, производственной санитарии должны возлагаться на инженера по технике безопасности.

Пуск газа в систему допускается только специально подготовленными для этих работ лицами. При техническом обслуживании на газопроводе должны выполняться следующие работы:

- наблюдение за состоянием газопроводов, сооружений на них, а также устранение неисправностей, возникающих в процессе эксплуатации;

- проверка состояния опор и т. д.

Перед допуском к работе рабочие должны пройти инструктаж по безопасности труда в соответствии с ГОСТ 12.0.004–90 и пройти необходимое обучение методам и приемам безопасного проведения работ.

Газоопасные работы должны выполняться бригадой рабочих в составе не менее 2 человек под руководством специалиста.

Газоопасные работы должны выполняться, как правило, в дневное время. Работы по ликвидации и локализации аварийных ситуаций выполняются независимо от времени суток под непосредственным руководством специалиста.

Газопроводы, не введенные в эксплуатацию в течении 6 месяцев со дня испытания, должны быть повторно испытаны на герметичность.

Работы необходимо проводить в специальной одежде из несинтетического материала. В сырую погоду необходимо пользоваться прорезиненной обувью и изолирующими перчатками. Все электрическое оборудование с напряжением свыше 42В должно иметь первый класс защиты от поражения электрическим током и подключаться к источнику электропитания через розетку с заземляющим контактом.

При разогреве полиэтиленовых и стальных труб (например, во время изготовления переходов «полиэтилен – сталь») предусматривают соответствующие мероприятия против ожога рук: работа в защитных

рукавицах, применение специальных захватов для нагреваемых изделий, использование термоизоляционных прокладок и пр.

При ремонтных работах в загазованной среде следует применять инструмент из цветного металла исключая искрообразование.

Газовая резка и сварка на действующих газопроводах допускается при давлении 0,6–0,058 МПа. Присоединение газопровода без снижения давления следует производить с использованием оборудования, обеспечивающего безопасность работ.

Газопроводы при пуске газа должны продуваться газом до полного вытеснения всего воздуха.

Каждый участвующий в газоопасных работах должен иметь подготовленный к работе шланговый или кислородно-изолирующий противогаз.

В качестве технического решения, обеспечивающего повышение устойчивости функционирования объекта экономики в чрезвычайных ситуациях, предлагается установка в помещении производственного цеха датчиков газоанализаторов, а также блока сигнализации.

Требования к установке газоанализаторов определяются нормами [23].

Необходимость в установке газоанализаторов определяется требованиями п.1.6 [23], согласно которым сигнализаторы дозрывоопасных концентраций должны устанавливаться во взрывоопасных зонах класса В-1а.

Зона класса В-1а – зона, расположенная в помещении, в котором при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов (независимо от нижнего концентрационного предела воспламенения) или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

В рассматриваемом производственном помещении обращается природный газ, который при возникновении аварийной ситуации способен образовывать взрывоопасные концентрации. Следовательно, в помещении образуются зоны класса В-1а.

Основными требованиями к установке газоанализаторов являются:

- сигнализаторы довзрывных концентраций при содержании вредных веществ, превышающих предельно допустимые концентрации (далее – ПДК), должны автоматически включать светозвуковую сигнализацию, оповещающую о наличии концентраций взрывоопасных или вредных веществ;

- в случаях необходимости от импульса датчиков довзрывных концентраций должно предусматриваться автоматическое отключение технологического оборудования или включение систем защиты;

- световой и звуковой сигналы о наличии опасных концентраций должны подаваться в загазованное помещение;

- сигналы одновременно должны подаваться в пункт управления производственным комплексом;

- световая сигнализация оформляется в виде светового табло, устанавливаемого в хорошо обозреваемом месте;

- световое табло целесообразно размещать отдельно от сигнализации параметров технологического контроля;

- газоанализаторы необходимо блокировать с пуском аварийной вентиляции;

- пробоотборные устройства сигнализаторов довзрывных концентраций следует размещать по высоте помещений (в рассматриваемом случае – над источником);

- в рабочей зоне помещения в местах постоянного пребывания обслуживающего персонала на высоте 1–1,5 м на каждые 200 м площади помещения необходимо устанавливать одно пробоотборное устройство, но не менее 1 датчика на помещение;

- газоподводящие линии к датчикам сигнализаторов и газоанализаторов следует выполнять из труб с внутренним диаметром от 6 до 12 мм. В месте отбора проб анализируемого воздуха они должны заканчиваться обращенными вниз воронками высотой от 100 до 150 мм и диаметром от 50 до 100 мм.

Схема размещения датчиков газоанализаторов в производственном помещении, блока сигнализации, а также схема электрических соединений приведена в Приложении А.

В качестве газоанализатора предлагается использование 47К–PRP [24].

Датчики серии 47К поставляются в защитных корпусах исполнения EExd–3/4" NPT или EExe–M25. Имеющийся набор средств и принадлежностей для калибровки, защиты от внешней среды, отбора проб, в том числе и из газо-воздухопроводов позволяет использовать эти датчики для обнаружения взрывоопасных газов практически в любых условиях.

Область применения сигнализаторов серии 47К – химическая и нефтехимическая промышленность, типографии, газо- и нефтепроводы, газовая индустрия, холодильное оборудование, хранение и транспортировка сжиженного газа, танкеры, производство красок, производство и хранение растворителей, терминалы погрузки/разгрузки взрывоопасных веществ, испытательные стенды в автопромышленности, котельные, турбины и компрессоры. Датчики серии 47К работают на принципе каталитического сгорания. Чувствительный элемент датчика состоит из двух спиралей «пелисторов», соединенных с парой прецизионных резисторов, образующих вместе мостик Уинстона. На одну из спиралей, детектор, нанесен катализатор, другая, компенсатор, используется для сравнения с целью получения высокой стабильности сигнала. Пар или газ диффундирует через пористый диск из спеченной нержавеющей стали, который служит пламегасителем. При контакте газа или пара с поверхностью детектирующей спирали он окисляется. Тепло, выделяющееся при этом, нагревает детектор, что вызывает изменение сопротивления спирали и разбаланс мостика Уинстона. На выходе датчика появляется сигнал, прямо пропорциональный концентрации горючего газа или пара.

Характеристики и достоинства сигнализаторов серии 47К:

- 0 – 100 % НКПР;
- EExe соединительная коробка с кабельной муфтой под резьбу M25;

- EExd соединительная коробка с кабельной муфтой под резьбу 3/4" NPT;
- стандартная (ST), химически устойчивая (PRP) и высокотемпературная (HT) модели;
- пригодны для использования в системах безопасности (ATEX 94/9/ЕС, соответствующие российские требования);
- исполнение из алюминия или нержавеющей стали;
- полный набор принадлежностей;
- малое время отклика.

В таблице 10 приведены технические характеристики сигнализаторов типа 47 К.

Габаритные размеры газоанализатора представлены на рис. 7.

При подключении к системе электропитания необходимо обеспечить исправное заземление или эквипотенциальное соединение.

Таблица 10 – Технические характеристики сигнализаторов серии 47К

Характеристики 47К	Значения
Диапазон измерений	0-100% НКПР
Время отклика:	$t_{50} \leq 10$ сек $t_{90} \leq 30$ сек
Устойчивость к отравляющим веществам.	Только для датчика PRP: 10 ppm HMDS в течение 40 мин. (максимальное уменьшение сигнала не превышает 5%)
Масса, кг:	
датчик:	
нержавеющая сталь	0,23
алюминии	0,12
корпус измерительной коробки:	
взрывоопасное исполнение [EExd]	0,4
исполнение [EExe]	0,49
Габаритные размеры сигнализаторов 47К, мм.	

Продолжение таблицы 10

датчик	ø36×56
корпус измерительной коробки:	
взрывобезопасное исполнение [EExd]	100×100×100
исполнение [EExe]	90×90×75
Материал:	
датчик	Нерж. сталь или алюминий
корпус измерительной коробки: взрывобезопасное исполнение [EExd]	алюминий
исполнение [EExe]	алюминий
Вспомогательная резьба	М 36×1,5 мм
Основная резьба (крепление к корпусу):	
датчик	3/4" NPT или М 25×1,5 мм
корпус измерительной коробки:	
взрывобезопасное исполнение [EExd]	3/4" NPT
исполнение [EExe]	М 25×1,5 мм
Энергопотребление:	1 Вт
Контакты:	
корпус измерительной коробки:	
взрывобезопасное исполнение [EExd]	5×2,5 мм ²
исполнение [EExe]	5×2,5 мм ²
Тип сенсора	термокаталитический
Условия эксплуатации сигнализаторов	
Температура окружающего воздуха:	
47K-ST, 47R-PRP	от -25°С до 55°С (расширенный диапазон: от -40°С до 90°С)

47К-НТ	от -20 °С до 160°С
корпус измерительной коробки:	
взрывобезопасное исполнение [EExd]	от -40 °С до 60°С (СТ5)
взрывобезопасное исполнение [EExd]	от -40 °С до 60°С (СТ6)
исполнение [EExe]	от -20 °С до 55°С (СТ5)
исполнение [EExe]	от -20 °С до 40°С (СТ5)
Относительная влажность воздуха	5% - 95% отн. влаж., без конденсации
Атмосферное давление	100±20 кПа
Скорость потока воздуха	0 – 6 м/с (с фланцем для воздуховода - 0,5 – 20 м/с)

Следует использовать подходящее напряжение питания, не имеющее обратной связи с внешним источником, в соответствии с директивами об ЭМС (2014/30/EU). При питании устройств от источника постоянного тока кабель питания должен быть экранирован. Для подключения датчика следует использовать экранированный кабель.

Экранированный кабель должен быть покрыт экраном не менее чем на 80%. Кабели датчиков должны быть физически отделены от кабелей питания.

Экранированные кабели должны прокладываться единым куском. Если возникает необходимость удлинить кабель с помощью клеммной коробки, коробка должна быть экранированной, а соединения в коробке должны быть как можно короче.

Неэкранированные части кабелей и кабели, с которых снята изоляция, должны быть как можно короче и не образовывать петли у соответствующих соединительных клемм.

При необходимости дополнительных мер по защите от импульсного перенапряжения следует установить на кабель датчика подходящий защитный фильтр высокого напряжения, одобренный компанией MSA.

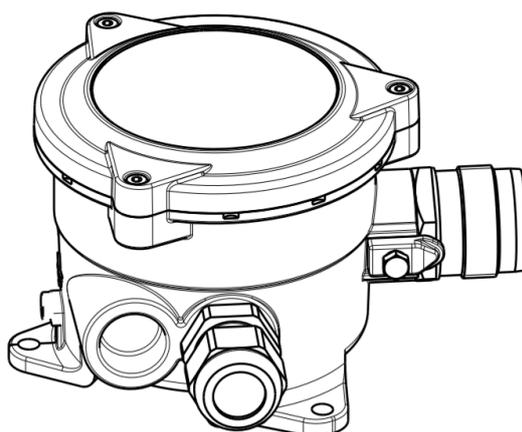
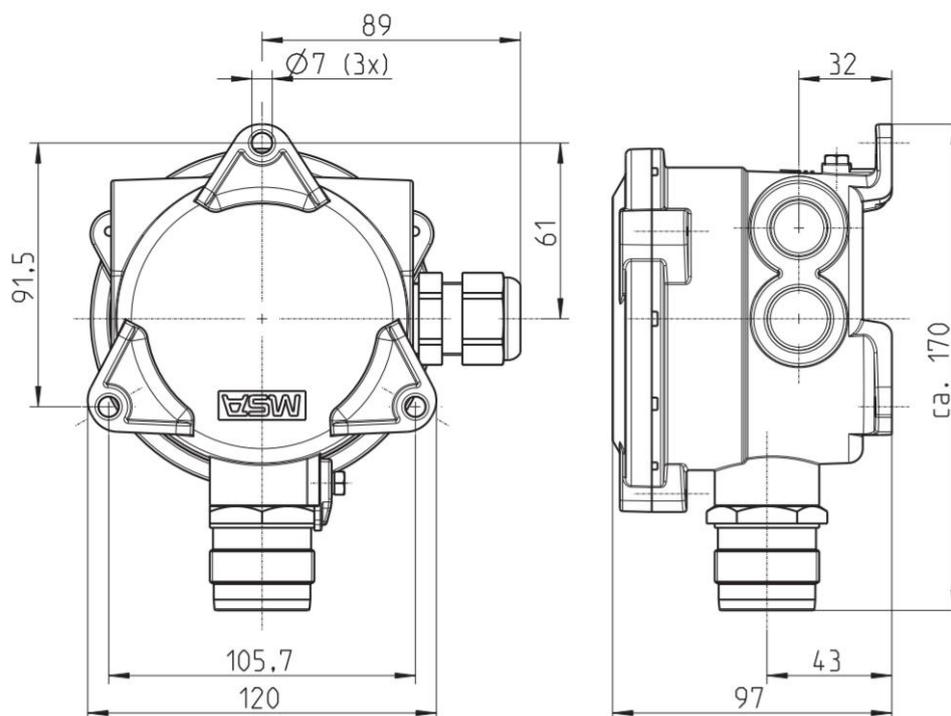


Рисунок 7 – Газоанализатор (распределительная коробка Ehe)

Необходимо строго придерживаться технических условий и нормативных положений, применимых к монтажу, вводу в эксплуатацию, эксплуатации и техобслуживанию. При выборе места установки необходимо обеспечить, чтобы металлокерамический диск газоанализатора MSA серии 47K оставался сухим и не запыленным. Металлокерамический диск всегда должен быть направлен вниз. Не допускается попадание на газоанализатор MSA серии 47K краски, смазочного материала и т.п. Эти вещества препятствуют доступу контролируемой атмосферы к чувствительным элементам.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Анализ рассмотренных сценариев аварий на объекте проектирования показал, что возможно возникновения взрывных превращений природного газа, пожара и пожара-вспышки, в результате которых здания, сооружения и производственное оборудование получают повреждения, а люди – травмы различной степени тяжести.

Наиболее характерные сценарии и их последствия рассмотрены в разделе 3.

Самым неблагоприятным вариантом развития аварии является взрыв природного газа в помещении котельной, сопровождающийся разрушением газового оборудования.

Для рассмотренного сценария выполним оценку возможного ущерба. Для чего воспользуемся методическим подходом, который приведен в РД 03-496-02 «Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах» [21].

Ущерб от аварий на опасных производственных объектах может быть выражен в общем виде следующей формулой:

$$P_a = P_{пп} + P_{ла} + P_{сэ} + P_{нв} + P_{экол} + P_{втр}, \quad (4.1)$$

$$P_a = 3318207 + 331821 + 695000 + 0 + 43 + 8192307 = 12537378 \text{ руб}$$

где P_a – полный ущерб от аварий, руб.;

$P_{пп}$ – прямые потери организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, руб.;

$P_{ла}$ – затраты на локализацию / ликвидацию и расследование аварии, руб.;

$P_{сэ}$ – социально-экономические потери (затраты, понесенные вследствие гибели и травматизма людей), руб.;

$P_{нв}$ – косвенный ущерб, руб.;

$P_{экол}$ – экологический ущерб (урон, нанесенный объектам окружающей природной среды), руб.;

$P_{втр}$ – потери от выбытия трудовых ресурсов в результате гибели людей или потери ими трудоспособности.

Прямые потери организации, эксплуатирующей опасный производственный объект составляют:

$$P_{мт} = P_{онф}^6 + P_{онф}^n + P_{мп} + P_{зн} + P_{ли}, \quad (4.2)$$

$$P_{мт} = 3318134 + 0 + 73 + 0 + 0 = 3318207 \text{ руб.}$$

где $P_{онф}^6$ – потери основных производственных фондов в результате взрыва, руб.;

$P_{онф}^n$ – потери основных производственных фондов в результате пожара, руб.;

$P_{мп}$ – потери материальных ресурсов текущего потребления, руб.;

$P_{зн}$ – потери готовой продукции, руб.;

$P_{ли}$ – потери личного имущества, руб.

Остаточная балансовая стоимость котельной составляет $C_1=9\ 354\ 471$ руб. Вероятность получения котельной полной и сильной степени поражения составляет $P=0,03$. Тогда ориентировочная величина ожидаемого ущерба составит:

$$Y_1 = P \cdot C_1, \quad (4.3)$$

$$Y_1 = 9354471 \cdot 0,03 = 280634 \text{ руб.}$$

Также полагаем, что полной замены потребует участок газопровода и оборудование котельной. Балансовая стоимость оборудования в среднем составляет $Y_2=3\ 000\ 000$ руб.

Стоимость 1 погонного метра поврежденного участка газопровода диаметра 0,1 м – $C_3=1500$ руб./м.

Принимаем замену участка длиной $l=25$ м. Стоимость поврежденного участка (Y_3) в этом случае составит:

$$Y_3 = l \cdot C_3, \quad (4.4)$$

$$Y_3 = 25 \cdot 1500 = 37500 \text{ руб.}$$

Тогда потери основных производственных фондов в результате взрыва определим по формуле:

$$P_{\text{оф}}^6 = Y_1 + Y_2 + Y_3, \quad (4.5)$$

$$P_{\text{оф}}^6 = 280634 + 3000000 + 37500 = 3318134 \text{ руб}$$

Потери материальных ресурсов текущего потребления определяются стоимостью уничтоженного природного газа в результате аварии.

Принимаем, что стоимость природного газа в ценах марта 2019 г. составляет $C_4 = 5080 \text{ руб./1000 м}^3$ (Кемеровская область).

Потеря газа согласно расчету составила при аварии на котельной $P_1 = 14,4 \text{ м}^3$. Следовательно,

$$P_{\text{мр}} = \frac{C_4 \cdot P_1}{1000}, \quad (4.6)$$

$$P_{\text{мр}} = \frac{5080 \cdot 14,4}{1000} = 73,0 \text{ руб.}$$

Затраты на локализацию (ликвидацию) и расследование аварии ($P_{\text{ла}}$).

Так как расчет сил и средств для ликвидации последствий аварии в работе не выполнялся, воспользуемся п.5.2.2.3 [21], согласно которому «в случае расчета предварительного ущерба расходы на ликвидацию (локализацию) и расследование аварии можно оценивать исходя из средней стоимости услуг специализированных и экспертных организаций или принимать в размере 10 % стоимости прямого (имущественного) ущерба».

В работе примем в размере 10% стоимости прямого (имущественного) ущерба.

Тогда,

$$P_{\text{ла}} = 0,1 \cdot P_{\text{нп}}, \quad (4.7)$$

$$P_{\text{ла}} = 0,1 \cdot 3318207 = 331821 \text{ руб.}$$

Социально-экономические потери ($P_{\text{сэ}}$) рассчитываем по формуле:

$$P_{\text{сэ}} = Z_{\text{нтр}} + Z_{\text{кл}} + Z_{\text{ск}} + Z_{\text{ног}}, \quad (4.8)$$

$$P_{\text{сэ}} = 225000 + 70000 + 100000 + 300000 = 695000 \text{ руб.}$$

где $Z_{\text{нтр}}$ – потери из-за временной нетрудоспособности, руб.;

$Z_{кл}$ – расходы на клиническое лечение травмированных, руб.;

$Z_{ск}$ – расходы на санитарно-курортное лечение, руб.;

$Z_{поз}$ – затраты на выплаты семьям погибших, руб.;

Потери из-за временной нетрудоспособности рассчитываем по формуле:

$$Z_{нтр} = \sum_{i=1}^n n_{дн} \cdot Z_{ср.дн}, \quad (4.9)$$

$$Z_{нтр} = \frac{5 \cdot 30 \cdot 1500}{1000} = 225000 \text{ руб.}$$

где n – количество нетрудоспособных человек;

$n_{дн}$ – количество дней нетрудоспособности человека;

$Z_{ср.дн}$ – среднедневная зарплата каждого работника.

Количество нетрудоспособных человек – 5, количество нетрудоспособных дней равно 30.

Среднедневная зарплата со страховыми взносами равна 1500 руб.

Расходы на клиническое лечение травмированных рассчитывается по формуле:

$$Z_{кл} = n_{травм} \cdot n_{дн} \cdot П_{кл}, \quad (4.10)$$

$$Z_{кл} = \frac{5 \cdot 14 \cdot 1000}{1000} = 70000 \text{ руб.}$$

где $n_{травм}$ – число травмированных;

$n_{дн}$ – число дней;

$П_{кл}$ – затраты на клиническое лечение на 1 человека в 1 день.

При реализации наиболее опасного сценария число травмированных, которым потребуется клиническое лечение равно 5, 14-ти дневное клиническое лечение.

Расход на санитарно-курортное лечение рассчитывается по формуле:

$$Z_{ск} = n_{ск} \cdot n_{дн} \cdot П_{ск}, \quad (4.11)$$

$$Z_{ск} = \frac{5 \cdot 10 \cdot 2000}{1000} = 100000 \text{ руб.}$$

где $n_{ск}$ – число людей, проходящих санитарно-курортное лечение;

$n_{\text{дн}}$ – число дней;

$P_{\text{ск}}$ – затраты на санитарно-курортное лечение на 1 человека в 1 день.

Для наиболее опасного сценария количество людей, проходящих санитарно-курортное лечение равно 5, количество дней – 10, стоимость лечения за 1 день равно 2000 руб.

Затраты на выплаты семьям погибших рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{пог}} = n_{\text{пог}} \cdot P_{\text{пог}}, \quad (4.12)$$

$$Z_{\text{пог}} = 1 \cdot 300000 = 300000 \text{ руб.}$$

где $n_{\text{пог}}$ – число погибших;

$P_{\text{пог}}$ – размер выплаты, руб.

Выплата семье погибшего человека составляет 300 тыс. руб.

При реализации самого опасного сценария погибает 1 человек

Косвенный ущерб ($P_{\text{нв}}$) принимаем, что отсутствует.

Экологический ущерб (урон, нанесенный объектам окружающей природной среды) ($P_{\text{экол}}$)

Выброс природного газа приводит к загрязнению приземного слоя воздуха.

Экологический ущерб определяется, как сумма ущербов от различных видов вредного воздействия на объекты окружающей природной среды (ущерб от загрязнения атмосферы, водных ресурсов, почвы, ущерб, связанный с уничтожением биологических (в том числе лесных массивов) ресурсов, от засорения территории обломками зданий, сооружений, оборудования и т.д.). Ущерб от загрязнения атмосферного воздуха определяется, исходя из массы загрязняющих веществ, рассеивающихся в атмосфере. Масса загрязняющих веществ находится расчетным путем.

Расчет производился в соответствии по формуле:

$$P_{\text{экол}} = 5 \cdot H_{\text{бга}} \times M_{\text{ви}} \cdot K_{\text{у}} \cdot K_{\text{за}}, \quad (4.13)$$

$$P_{\text{экол}} = 5 \cdot \left(25 \times \frac{14,4 \cdot 0,717}{1000} \right) \cdot 25 \cdot 1,32 = 43 \text{ руб.}$$

где $H_{\text{баз}}$ – базовый норматив платы за выброс в атмосферу газов и продуктов горения, руб/т (принимается 25 руб/т);

M_{ii} – масса i -го загрязняющего вещества, выброшенного в атмосферу при аварии (пожаре), т;

K_u – коэффициент индексации платы за загрязнение окружающей природной среды;

$K_{\text{эа}}$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха экономических районов Российской Федерации (для Кемеровской области при выбросе загрязняющих веществ в атмосферу равен 1,32).

Потери от выбытия трудовых ресурсов, $\Pi_{\text{втр}}$, из производственной деятельности в результате гибели одного человека определяем по формуле:

$$\Pi_{\text{втр}} = H_m \cdot T_{\text{р.д.}}, \quad (4.14)$$

$$\Pi_{\text{втр}} = \frac{1,42 \times 10^{11}}{400000 \times 52 \times 5} \times 6000 = 8192307 \text{ руб}$$

где H_m – доля прибыли, недоданная одним работающим, руб./день;

$T_{\text{р.д.}}$ – потеря рабочих дней в результате гибели одного работающего, принимаемая равной 6000 дней.

Из расчета регионального дохода (в среднем по промышленности) для Кемеровской области $1,42 \times 10^{11}$ руб. и числа населения, занятого в промышленности, 400 тыс. человек.

5. Социальная ответственность

5.1 Описание рабочего места оператора котельного оборудования. Анализ вредных и опасных производственных факторов

Рабочее место оператора котельного оборудования располагается внутри котельной и представляет собой письменный стол и кресло.

Основным рабочим положением является положение «сидя».

В ходе выполнения работ оператор осуществляет наблюдение за работой котельных агрегатов, контрольно-измерительных приборов и автоматики. Каждый час совершает обход, контроль и регистрацию данных в журнале с последующим введением этих данных в компьютер.

Рабочее место для выполнения работ в положении «сидя» организуется в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.032-78 [1].

В положении «сидя» у оператора возникает наименьшее чувство утомления и дискомфорта. На рабочем месте предусмотрена рациональная планировка, порядок и постоянство размещения предметов, а также средств труда и документации. Предметы, которые требуются чаще, расположены в зоне легкой досягаемости рабочего пространства.

На рабочем месте оператора котельного оборудования также находятся:

- режимные карты котлов;
- схема расположения первичных средств пожаротушения;
- перечень газоопасных работ цеха;
- карта параметров настройки автоматики безопасности;
- план ликвидации аварийных ситуаций;
- график проверки автоматики безопасности;
- температурный график работы тепловых сетей;
- схемы и чертежи технологического оборудования;

- список аварийных и служебных телефонов;
- план эвакуации.

Кроме того, оператором ведется технологическая документация:

- вахтовый журнал;
- журнал анализов воздушной среды;
- журнал учета состояния контрольно-измерительных приборов и автоматики;
- лист учета пробега машинного оборудования;
- журнал установок – снятия заглушек;
- журнал регистрации нарушений технологического режима;
- журнал дефектов.

Записи в документацию вносятся шариковой ручкой.

Оператор котельной в процессе работы может подвергаться влиянию следующих опасных и вредных производственных факторов [2]:

- недостаточная освещенность рабочих мест;
- недостаточные параметры микроклимата;
- шум, вибрация оборудования;
- загазованность и запыленность рабочей зоны;
- аварийные ситуации (неисправности оборудования), создающие травмоопасные ситуации, пожары, взрывы.

5.2 Анализ выявленных вредных факторов производственной среды

5.2.1 Освещенность

В помещении котельной в дневное время используется естественное освещение, а в вечернее и ночное – искусственное.

Естественное освещение осуществляется через боковые окна, а искусственное – комбинацией общего освещения с местным. Помещение

котельной согласно [3] освещается таким образом, чтобы гарантировать возможность безопасное обслуживание котлов. В качестве источника освещения используются люминесцентные лампы, обеспечивающие освещенность не ниже 200 лк (табл.1, [3]). Для формирования направленного светового потока лампы заключают в специальную арматуру, защищающую глаза и предохраняющую лампы от загрязнения, механических повреждений и негативного воздействия окружающей среды.

Аварийное освещение предназначено для работы в аварийных условиях. Освещенность составляет не менее 5 % от рабочего освещения и не менее 2 лк. Кроме того, аварийное освещение обеспечивает работу пульта управления, а также осмотр котлов, проход по площадкам. Аварийное освещение питается от независимого источника энергии (отдельного трансформатора). Для осмотра оборудования у дежурного персонала имеются переносные электрические фонари.

В рассматриваемых условиях котельной разряд зрительной работы – III; подразряд зрительной работы – г (экран); контраст объекта различения с фоном – большой; характеристика фона – светлый.

Геометрические параметры помещения – $18 \times 12 \times 7$ м.

Для помещения с нормальными воздушными условиями выберем светильник типа ШОД (люминесцентный светильник, соответствующий широкому типу кривой силы света, относящийся классу отраженного света светильника по светораспределению).

Определим расчетную высоту подвеса светильника h_n :

$$h_n = H - h_c - h_p, \text{ м},$$
$$h_n = 7 - 1,5 - 0,8 = 4,7 \text{ м} \quad (5.1)$$

где H – высота помещения, м;

h_c – высота свеса светильника от потолка, м ($h_c = 0 \div 1,5 \text{ м}$);

h_p – высота освещаемой рабочей поверхности ($h_p = 0,8 \text{ м}$).

Произведем размещение осветительных приборов, используя соотношение для лучшего расстояния между светильниками $\lambda = L/h$.

Примем, что $\lambda = 1,1$, тогда,

$$L = \lambda \cdot h_n, \text{ м}, \quad (5.2)$$

$$L = 1,1 \cdot 4,7 = 5,17 \text{ м}$$

Расстояние от стен помещения до крайних светильников:

$$L/3 = 5,17 / 3 = 1,72 \text{ м} \quad (5.3)$$

Для равномерного общего освещения люминесцентные светильники обычно располагают рядами.

Исходя из размеров помещения ($A = 18 \text{ м}$ и $B = 12 \text{ м}$), размеров светильников типа ШОД (длина $a = 1,53 \text{ м}$ и ширина $b = 0,284 \text{ м}$) и расстояния между ними, определяем, что число светильников в ряду должно быть 4, и число рядов – 3, т.е. всего светильников должно быть 12 (рис. 8).

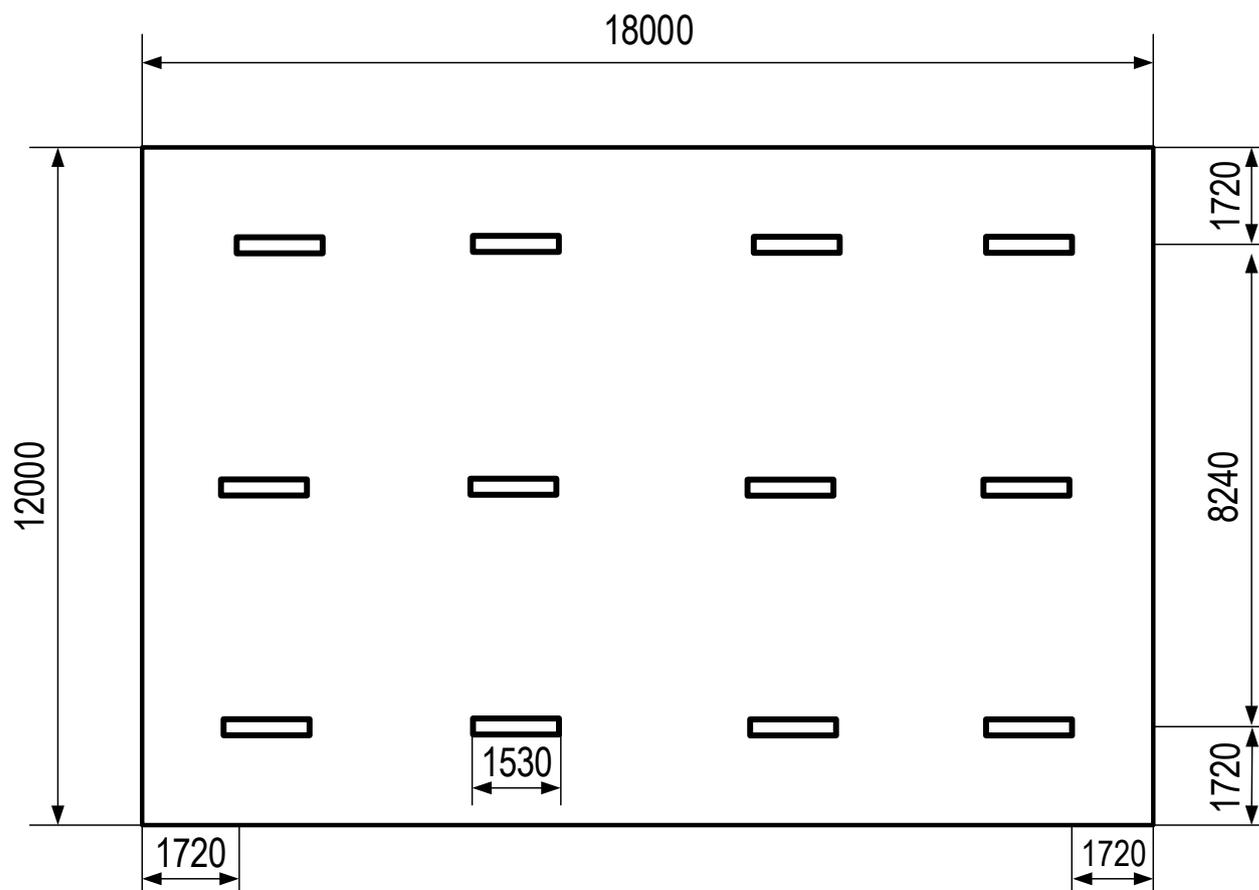


Рисунок 8 – План потолка с расположением светильников

Найдем индекс помещения по формуле:

$$i = \frac{S}{h \cdot A + B}, \quad (5.5)$$

$$i = \frac{216}{4,7 \cdot 18 + 12} = 1,54$$

где A и B – длина и ширина помещения, м;

S – площадь помещения, м²;

h – высота подъема лампы над рабочей поверхностью, м.

Величина светового потока лампы определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot Z}{n \cdot \eta}, \quad (5.6)$$

$$\Phi = (200 \cdot 1,5 \cdot 18 \cdot 12 \cdot 1,1) / (4 \cdot 3 \cdot 0,55) = 10800 \text{ лм}$$

где E – минимальная освещенность, лк;

S – площадь помещения, м²;

k – коэффициент запаса;

n – число ламп в помещении;

Z – коэффициент неравномерности освещения, зависящий от типа ламп;

η – коэффициент использования светового потока, который показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность (в долях единицы).

По полученному в результате расчета требуемому световому потоку выбираем ближайшую стандартную лампу. Из приложения 2 [5] выбираем 2 лампы ЛБ 80-4, длиной 1514,2 мм и общим световым потоком 10440 лм.

Допускается отклонение светового потока лампы не более чем на (–10 %) – (+20 %).

$$\frac{\Phi_1 - \Phi}{\Phi} \times 100\% = \frac{10440 - 10800}{10800} \times 100\% = -3,33\%$$

Входит в диапазон от –10 до +20 %.

Таким образом, световой поток соответствует требованиям.

Освещение в котельной находится в пределах норм требования технических нормативных правовых актов

5.2.2 Микроклимат

Параметрами, определяющими микроклимат на рабочем месте, являются: температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость его движения. От микроклимата рабочей зоны в значительной мере зависят самочувствие и работоспособность человека. Нормирование параметров микроклимата осуществляется в соответствии с требованиями [6] с учетом энергозатрат работающих, временного выполнения работ, периодов года. Согласно ГОСТ 12.1.005-88 [7] могут быть установлены оптимальные и допустимые микроклиматические условия, приведенные в табл. 11.

Таблица 11 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата

Период года		Холодный		Теплый	
Категория работ по уровню энергозатрат, Вт		Іб (140-174)	ІІб (233-290)	Іб (140-174)	ІІб (233-290)
Температура воздуха, °С	оптимальная	21-23	17-19	22-24	19-21
	допустимая	19-24	15-22	20-28	16-27
Температура поверхностей, °С	оптимальная	20-24	16-20	21-25	18-22
	допустимая	18-25	14-23	19-29	15-28
Относительная влажность воздуха, %	оптимальная	60-40	60-40	60-40	60-40
	допустимая	15-75	15-75	15-75	15-75
Скорость движения воздуха, м/с	оптимальная	0,1	0,2	0,1	0,2
	допустимая	0,1-0,2	0,2-0,4	0,1-0,3	0,2-0,5

В котельной предусмотрен приток наружного воздуха через жалюзийные решетки, параметры микроклимата находятся в допустимых диапазонах.

Все элементы котлов, трубопроводов, оборудования с температурой наружной поверхности выше 55 °С находятся в местах, доступных для обслуживания, покрыты изоляцией, температура которой менее 45 °С. Тепловыделения на рабочем месте составляют 35 Вт/м².

5.2.3 Шум

Высокий уровень звукового давления оказывает вредное влияние на нервную систему и органы слуха человека, вызывая переутомление, раздражение, ухудшение слуха, снижение работоспособности. При постоянном шуме (более 80 дБ) возможно возникновение сердечнососудистых заболеваний, снижение памяти. Уровни шума на рабочих местах должны соответствовать значениям ГОСТ 12.1.003-83 [8].

Снижение вредного воздействия шума достигается применением звукопоглощающих подкладок для котла, рациональным размещением оборудования, использованием звукоизолирующих кожухов, дистанционным управлением оборудованием, применением звукового покрытия в газоходах.

5.2.4 Вибрация

Опасность вибрации связана с резонансными частотами. При совпадении частот колебания рабочих мест и колебаний внутренних органов, головного мозга человека могут возникнуть повреждение и разрыв внутренних органов. Постоянное воздействие вибрации может привести к возникновению очагов застойного возбуждения в мозге. Затем может произойти физическое расстройство конечностей опорно-двигательного аппарата. Уровень вибрации должен соответствовать ГОСТ 12.1.012–2004 [9].

Амплитуда вибрации дымососов и вентиляторов не превышает 0,1 мм. При амплитуде 0,2 мм производится аварийная остановка оборудования. Уменьшение вибрации достигается за счет применения виброизоляции, что снижает передачу толчков от источника к фундаменту и полу. Виброизоляторы изготовлены из материалов с большим внутренним трением: резины, пробки, пружинные амортизаторы. В соединениях трубопроводов установлены виброизоляторы в виде гибких вставок.

5.2.5 Загазованность и запыленность рабочей зоны

Воздух рабочей зоны производственного помещения должен соответствовать санитарно-гигиеническим требованиям по параметрам микроклимата, содержанию вредных веществ (газа, пара, аэрозоли) и частиц пыли, приведенным в ГОСТ 12.1.005–88 [10].

Уровни загазованности и запыленности рабочей зоны находятся ниже значений, при которых не требуется применение средств защиты органов дыхания.

В помещении котельной отсутствуют источники загазованности и запыленности воздуха.

5.3 Анализ выявленных опасных факторов среды

Анализ показал, что при эксплуатации котельной и котельного оборудования на газовом топливе возможны аварийные ситуации, обусловленные прежде всего наличием газовых котлов.

Основными опасными факторами являются [2]:

- энергия механического движения (прежде всего ударная волна воздушной среды в случае взрыва газа);
- высокая температура объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (нагретое оборудование, теплоноситель, пламенное горение

газовой смеси, пожар);

- отравление (в случае выхода газа в объем помещения);
- электротравмы (поражение электрическим током).

Вероятными источниками опасности являются: топливо (газ), теплоноситель (нагретый до высокой температуры, его повышенное давление), непосредственно обслуживающий персонал.

В таблице 12 сведены причины возникновения источников опасности, их следствия и применяемые способы защиты.

Таблица 12 – Сводные данные о вероятных источниках опасности и способах защиты

Вероятные источники	Причины	Следствия	Способы защиты
Топливо (газ проникает в помещение)	Отсутствие пламени горелки в результате снижения давления газа ниже допустимого, отсутствия тяги в дымоходе	Остановка котла, отравление газом, взрыв, пожар	Оснащение котла: датчиком контроля наличия пламени датчиком контроля тяги наличие газоанализатора
Теплоноситель (нагретый до высокой температуры, его повышенное давление)	Блокировка циркуляционного насоса, отсутствие приборов терморегулирования, отложение солей жесткости на внутренних поверхностях теплообменника, воздушные пробки	Течь в местах сочленения труб, прогорание теплообменника, разрыв теплообменника	Наличие в системе отопления: расширительного бака предохранительного клапана; использование умягченной воды или специального бытового антифриза; наличие в котле датчика перегрева теплообменника

Персонал	Нарушение требований нормативных документов при строительстве топочного помещения, несоблюдение мер безопасности при эксплуатации котла, невыполнение правил содержания топочного помещения	Течь в местах сочленения труб, прогорание теплообменника, разрыв теплообменника	Знание и выполнение мер безопасности при эксплуатации котлов; оснащение необходимой котельной автоматикой; своевременное обслуживание котла, дымохода, конденсатосборника; промывка системы отопления с заменой теплоносителя
----------	---	---	---

Таким образом, помещение котельной является потенциально опасным, так как содержит элементы, вещества и материалы, не только представляющие риск травмирования, увечья людей, но и способствующие возникновения пожаро- взрывоопасных ситуаций.

5.4 Охрана окружающей среды

В процессе эксплуатации котельной имеет место выброс вредных веществ в атмосферу. По степени воздействия на человека вредные вещества разделяются на классы. К особо опасным относится бенз(а)пирен. Бенз(а)пирен может появляться при сжигании любого топлива при недостатке кислорода, а также выделяться при разложении сажи. К опасным относятся NO_2 и SO_3 . Оксиды азота NO_2 образуются в зоне высоких температур факела при $1600\text{ }^\circ\text{C}$. Выход NO_2 составляет примерно 10 %. Правильная регулировка топливоподачи обеспечивает содержание вредных веществ в пределах допустимых значений.

Предварительная водоподготовка осуществляется в существующей котельной в натрий-катионитовых фильтрах. Поскольку утечки в прямой и обратной магистрали сведены к минимуму, то воздействие на почву практически отсутствует.

Хозяйственно-бытовые сточные воды направляются в выгребную яму, откуда периодически вывозятся специальной организацией для очистки и обезвреживания. Производственные сточные воды направляются в нефтеловушку, откуда идут в пруд-испаритель.

Твердые бытовые отходы и отходы безвозвратной тары химреагентов собираются в контейнеры и по мере их накопления вывозятся на полигон твердых бытовых отходов.

5.5 Защита в чрезвычайных ситуациях

В котельной наиболее вероятно возникновение техногенных чрезвычайных ситуаций. Природные опасности в основном могут быть связаны с электрическим проявлением грозových явлений.

Основными неисправностями, приводящими к возникновению и развитию техногенных опасностей, являются:

- повышение давления и температуры выше установленных в котле и системе на 10 %;
- повреждение котла с утечкой воды из места повреждения;
- погасание факелов в топке;
- снижении расхода воды через котел ниже минимально допустимого значения;
- снижение давления воды в тракте водогрейного котла ниже допустимого;
- повышение температуры воды на выходе из водогрейного котла до значения на 40 °С ниже температуры насыщения;

- разрыв газопровода котла;
- взрыв в топке, взрыв или загорание горючих отложений в газоходах, разогрев до красна несущих балок каркаса котла;
- неисправность насосов, манометров, термометров, предохранительных клапанов;
- прекращение циркуляции воды в системе (неисправность насоса, отключение электроэнергии);
- трещины, неплотности сварных швах котла, разрывы труб;
- обнаружение несвойственного при работе котла шума, вибрации, стука;
- неисправности предохранительных блокировочных устройств;
- возникновение пожара, непосредственно угрожающего котлу.

Существуют общие основные способы обеспечения безопасной эксплуатации котельных установок:

- оборудование котла необходимым количеством контрольно-измерительных приборов, автоматической системой регулирования важнейших параметров котла, защитными устройствами;
- контроль соответствия режимов работы котла режимной карте;
- немедленная остановка котла при нарушении нормальной работы вследствие неисправностей, которые могут привести к аварии;
- капитальный ремонт котлов через каждые два-три года;
- периодическое техническое освидетельствование;
- соединения трубопроводов котельных установок необходимо выполнять фланцевыми или сварными;
- применение определенной специальной арматуры безопасности (манометры, для контроля давления среды (воды, пара и др.);
- предохранительные устройства для сброса избыточного давления рабочей среды (разрывные мембраны, предохранительные клапаны и др.);

- оборудование котельных установок необходимой гарнитурой безопасности: заслонки и шиберы для регулирования тяги и дутья; лазы в обмуровке для осмотра топочной камеры, газоходов и др. Контроль температуры топочных газов, пара и воды, отключение при превышении критических величин температур;
- автоматические системы контроля и регулирования подачи горючего на запальник и в топку, для обеспечения безопасности процесса розжига;
- смягчение питательной воды с целью предупреждения накипи;
- обучение персонала с применением современных методов.

5.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Эксплуатация газовых котельных должна соответствовать требованиям «Правил эксплуатации паровых и водогрейных котлов» [13], «Правил безопасности в газовом хозяйстве» [14] и других действующих технических нормативных правовых актов.

Стационарные котлы должны устанавливаться в зданиях и помещениях, отвечающих требованиям СП 89.13330.2016 Котельные установки [11] и СП 90.13330.2012 Электростанции тепловые [12].

В зданиях котельных не разрешается размещать бытовые и служебные помещения, которые не предназначены для персонала котельной, а также мастерские, не предназначенные для ремонта котельного оборудования. Выходные двери из помещения котельной должны открываться наружу

Ответственный за исправное состояние и безопасную эксплуатацию котлов назначается руководством предприятия (организации) – владельца котлов.

Оператор несет ответственность за:

- нарушение требований инструктивных указаний, полученных перед началом работы;
- нарушение трудовой и производственной дисциплины;

– сохранность, правильное использование вверенного ему оборудования.

В зависимости от характера нарушений и их последствий работники могут быть привлечены к ответственности в порядке, установленном законодательством.

5.7 Выводы по разделу социальная ответственность

Анализ вредных и опасных производственных факторов рабочего места оператора котельного оборудования показал, что оно в целом отвечает предъявляемым требованиям.

В разделе выполнен расчет искусственного освещения, определены основные решения, предусмотренные для создания безопасных и здоровых условий труда для оператора котельного оборудования, сформулирован перечень основных неисправностей, приводящих к возникновению и развитию техногенных опасностей (п.5.5), проработаны правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Заключение

На сегодняшний день возрастают требования к повышению устойчивости функционирования всего народного хозяйства страны и отдельно взятого объекта экономики в условиях ЧС. Это определяется существенным количеством техногенных аварий и катастроф, которые негативно воздействуют как на человека, так и на природу в целом.

Завод ООО «Завод ТехноНИКОЛЬ-Сибирь» занимается производством рулонных кровельных материалов и гидроизоляционных наплавляемых материалов, модифицированных бутадиен-стирольным термоэластаном и его модификациями.

Основными производственными площадками на территории завода являются железнодорожный участок разгрузки вагонов и площадка производства минераловатных плит. На территории завода предусмотрен газопровод высокого давления.

Основными опасными веществами, обращающимися в технологическом процессе для обеспечения производственных нужд, являются: природный газ, сжиженный природный газ, нефтебитум, этиловый спирт.

Наибольшую опасность возникновения и развития аварийных ситуаций представляет разрушения элементов системы газоснабжения, в результате которых возникают утечки газа, создаются зоны взрывоопасной концентрации, приводящие к разрушению зданий и гибели людей.

В результате проведенного анализа уровня пожарной опасности ООО «Завод ТехноНИКОЛЬ-Сибирь» выявлены причины возникновения аварийных ситуаций, связанных с истечением газа, определены сценарии возможных аварийных ситуаций, построены «дерево событий» и «дерево отказов» при реализации рассмотренных сценариев аварий.

По результатам оценки риска возникновения ЧС получено, что в случае разгерметизации газопровода высокого давления или разгерметизации

газопровода в котельной вероятность образования зон полных, сильных и тяжелых разрушений возможно лишь в непосредственной близости от оборудования. Максимальное рассчитанное давление взрыва газовой смеси в котельной составило 21,6 кПа на расстоянии 5 м от места аварии. Максимальное давление взрыва газовой смеси в производственном цеху составило 32 кПа на расстоянии 5 м от места аварии.

При оценке последствий возможных аварийных ситуаций определена итоговая величина индивидуального риска, которая составляет $1,726 \cdot 10^{-7}$ год⁻¹, а также итоговая величина коллективного риска, равного $2,39 \cdot 10^{-7}$ год⁻¹.

В результате оценки устойчивости предприятия в режиме ЧС к действию поражающих факторов получено, что вероятность получения слабой степени разрушения зданием и оборудованием для производственного цеха составит 0,2876, для котельной – 0,2052, вероятность средней степени разрушения зданием и оборудованием для производственного цеха составит 0,279, для котельной – 0,235, вероятность сильной степени разрушения зданием и оборудованием для производственного цеха составит 0,121, для котельной – 0,03, вероятность получения полной степени разрушения зданием и оборудованием как для производственного цеха, так и для котельной равна 0.

Основными предлагаемыми организационно-техническими мерами предупреждения аварийности и повышения безопасности на ООО «Завод ТехноНИКОЛЬ-Сибирь» являются:

- соблюдение норм и требований при размещении и строительстве зданий, технологических сооружений и сетей инженерного обеспечения;
- правильный выбор технических устройств (технологическое оборудование, аппаратура, средства измерений и контроля, изделия и материалы);
- наличие сертификатов соответствия требованиям промышленной безопасности, выданных Госстандартом России, на технические устройства и разрешений на применение, выданных Ростехнадзором России;

– поддержание в необходимых объемах резервов финансовых и материальных ресурсов, необходимых в целях экстренного привлечения при возникновении чрезвычайных ситуаций;

– обучение и аттестация персонала в области промышленной безопасности.

В качестве технического решения, обеспечивающего повышение устойчивости функционирования объекта экономики в чрезвычайных ситуациях, предлагается установка в помещении производственного цеха датчиков газоанализаторов, а также блока сигнализации.

В качестве газоанализатора предлагается использование 47К-PRP.

Список использованной литературы

1. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11.04.2016 г. № 144) «Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901839683>. Дата обращения: 03.05.2019 г.

2. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 N 116-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс] / КонсультантПлюс: Законодательство; Версия Проф. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/. Дата обращения: 03.05.2019 г.

3. Жулина С.А. Изменения в Общих правилах взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств / С.А. Жулина, М.В. Лисанов, В.В. Козельский // Безопасность труда в промышленности. – 2016. – № 10. – С. 48–53.

4. Лисанов М.В., Печеркин А.С., Сумской С.И., Швыряев А.А. Методическое обеспечение и проблемы анализа риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазового комплекса // Научно-технический сборник ВЕСТИ ГАЗОВОЙ НАУКИ. – 2017. № 1(29). – С. 180–186.

5. Пожарная безопасность. Взрывобезопасность: Справ, изд. / А.Н. Баратов, Е.Н. Иванов, А.Я. Корольченко и др. – М.: Химия, 1987. – 272 с.

6. Вредные вещества в промышленности: Справочник: В трех т.: Т. I: Органические соединения. Под ред. Н.В. Лазарева и Э.Н. Левиной.–7-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1976. – 592 с.

7. Сушко Е. А., Зайцев А. М., Кашникова А. А., Черных Д. С. О взрывах природного газа и их последствиях в многоэтажном жилом секторе // Вестник Воронежского института ГПС РФ – 2013 – Выпуск №3 (8) – С. 20-23.

8. Давыдкин С.А., Намычкин А.Ю. Анализ аварий на объектах нефтегазовой промышленности [Электронный ресурс] / Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. 2007. 6 (16). – 7 с. Режим доступа: URL: <http://ipb.mos.ru/ttb/2007-6.-0420700050/0079>. Дата обращения: 01.05.2019.

9. Бесчастнов М.В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение. – М.: Химия, 1991. – 258 с.

10. Chiara Vianello. Scientific thesis: Risk analysis of gas distribution network. University degli Studi di Padova. Italy. 2016. P. 29-40.

11. Тарасенко В.И., Шацкая К.В. Анализ причин аварий в газовом комплексе // Технические науки. 2014. № 24 (1). С. 1–5.

12. Хухорова Л.А. Оценка риска разгерметизации магистрального газопровода // Вестник ПНИПУ. 2012. № 3. С. 119–122.

13. Медведев В. Н., Докутович А. Б. О совершенствовании принципов прогнозирования аварий на объектах магистральных газопроводов ОАО «Газпром» // Транспорт, хранение и переработка нефти и газа. 2015. № 4. С. 96–103.

14. Осипова Л.Э. Методы оценки риска эксплуатаций магистральных газопроводов // Известия КГАСУ, 2017, № 2 (40). С. 183–189.

15. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (с изменениями на 14 декабря 2010 года) / утв. приказом МЧС России от 10.07.2009 № 404, изменения утв. Приказом МЧС России от 14.12.2010 № 649. [Электронный ресурс] / Режим доступа: – <http://docs.cntd.ru/document/902170886>. Дата обращения: 03.05.2019 г.

16. ГОСТ Р 12.3.047-2012 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. [Электронный ресурс] / Режим доступа – <http://docs.cntd.ru/document/1200103505>. Дата обращения: 03.05.2019 г.

17. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (с Изменениями N 1, 2) [Электронный ресурс] /

Режим доступа – <http://docs.cntd.ru/document/1200095546>. Дата обращения: 03.05.2019 г.

18. Луговцова Н.Ю. Устойчивость объектов экономики в ЧС: методические указания к выполнению курсовой работы на тему «Повышение устойчивости работы объекта экономики с опасной технологией производства» для студентов заочной формы обучения / Н.Ю. Луговцова; Юргинский технологический институт. – Юрга: Изд-во Юргинского технологического института, 2015. – 61 с.

19. ГОСТ Р 42.2.01 – 2014 Гражданская оборона. Оценка состояния потенциально опасных объектов, объектов обороны и безопасности в условиях воздействия поражающих факторов обычных средств поражения. Методы расчета [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200112653>. Дата обращения: 03.05.2019 г.

20. Супрунчик В.В. Безопасность трубопроводного транспорта углеводородов. – М.: Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2007. – 156 с.

21. Лисанов М. В., Ханин Е. В., Сумской С. И. Безопасность труда в промышленности II Проблемы и суждения. 2012. № 12. С. 54–62.

22. РД 03-496-02 Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах [Электронный ресурс] / Режим доступа – <http://docs.cntd.ru/document/1200031148>. Дата обращения: 03.05.2019 г.

23. Постановление Правительство Российской Федерации от 15 мая 2006 года № 286 Об утверждении Положения об оплате дополнительных расходов на медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию застрахованных лиц, получивших повреждение здоровья вследствие несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний [Электронный ресурс] / Режим доступа – <http://docs.cntd.ru/document/901980411>. Дата обращения: 03.05.2019 г.

24. Требования к установке сигнализаторов и газоанализаторов (ТУ-газ-86) (с Изменением № 1) [Электронный ресурс] / Режим доступа –

<http://docs.cntd.ru/document/1200050256>. Дата обращения: 03.05.2019 г.

25. Газоаналитика РФ [Электронный ресурс] / Режим доступа – <http://xn--80aaaaalzjashuk1d.xn--p1ai/text/s47k.php>. Дата обращения: 03.05.2019 г.

26. Постановление Правительства Российской Федерации от 31 марта 2009 г. № 272 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска».

27. Приказ МЧС от 30.06.2009 г №382 «Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности».

28. Методических указаний по проведению анализа риска опасных производственных объектов РД 03-418-01.

29. Васильев В.П. Устойчивость объектов экономики в чрезвычайных ситуациях / В.И. Васильев. – СПб.: Издательство СПб политехнический университет, 2002. – 270 с.

30. Белобородов В.Н. Предупреждение ЧС и повышение устойчивости функционирования организаций / В.Н. Белобородов. – М.: Библ. «Военные знания», 2001. – 244 с.

31. Н.Н. Брушлинский: – Пожарные риски – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2005. – 285 с.

32. Оценка устойчивости работы объекта экономики при ЧС мирного и военного времени: метод. разработка для студентов всех специальностей дневной формы обучения / НГТУ; сост.: В.А. Горишний, В.Б. Чернецов, В.В. Волков, Н. Новгород, 2001. – 167 с.

33. Загладин В.Г., Камышанский М.И., Пантелеев В.А. Повышение устойчивости функционирования органов управления, организаций и объектов экономики: практическое пособие. – М.: Институт риска и безопасности, 2013.

34. Устойчивость объектов экономики в ЧС: учеб. пособие / В.Ю. Радоуцкий, В.Н. Шульженко; под ред. В.Ю. Радоуцкого. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. – 180 с.

35. Деревянко В.М., Беспалова О.В. Факторы, влияющие на устойчивость функционирования объектов экономики. / Издательство: Воронежский

институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (Воронеж), № 1–2 (5), 2016 г. – С. 235–237.

36. Метальникова О.К., Свечникова Г.И., Михеенко М.А. Устойчивость функционирования объектов экономики в условиях чрезвычайных ситуаций. / В сборнике: Экология и безопасность жизнедеятельности Сборник статей XVII Международной научно-практической конференции, 2017. – С. 99–102.

37. Пленаков А.В., Сметанкина Г.И., Дорохова О.В. Устойчивость функционирования объектов экономики и мероприятия по ее повышению. / Мирская наука. 2018. № 10 (19). – С. 238–240.

38. Плиты теплоизоляционные звукопоглощающие. Технические условия ТУ ВУ 391129716.001-2015. – Введ. 27.07.2015. – Ореховск: – 2015. – 10 с.

39. Материалы и изделия строительные. Методы определения теплопроводности при стационарном тепловом режиме: СТБ 1618–2006. – Введ. 24.03.2006. – Минск: Минстройархитектуры. – 2006. – 9 с.

40. ГОСТ 21958-76 Система «человек-машина». Зал и кабины операторов. Взаимное расположение рабочих мест. Общие эргономические требования [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/. Дата обращения: 03.05.2019 г

41. ГОСТ 12.0.003–74 «Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». – М.: ИПК Издательство стандартов, 1974. – 35 с.

42. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение Актуализированная редакция СНиП 23–05–95 – М.: ИПК Издательство стандартов, 2011. – 18 с.

43. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 11 с.

44. СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://base.garant.ru/4173106/>. Дата обращения: 24.04.2019 г.

45. ГОСТ 12.1.005–88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200003608>. Дата обращения: 24.04.2019 г.

46. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (с Изменением февраль 2002) – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 23 с.

47. ГОСТ 12.1.012-2004 «Вибрационная безопасность. Общие требования». – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 38 с.

48. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования (с Изменением январь 2000) – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 12 с.

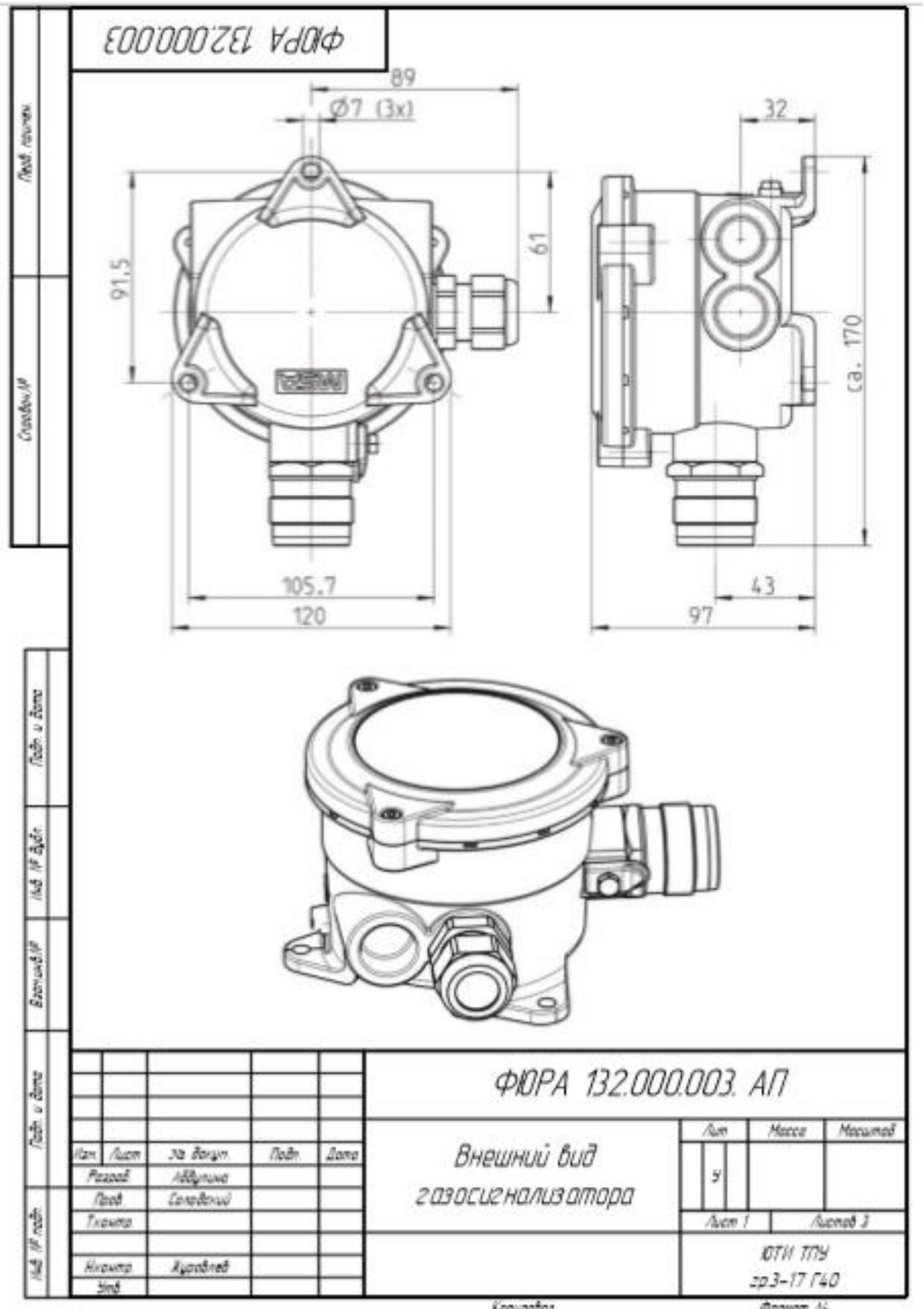
49. СП 89.13330.2016 Котельные установки [Электронный ресурс] / Режим доступа – <https://meganorm.ru/Index2/1/4293747/4293747643.htm>. Дата обращения: 24.04.2019 г.

50. СП 90.13330.2012 Электростанции тепловые. Актуализированная редакция СНиП II-58-75 (с Изменением N 1) [Электронный ресурс] / Режим доступа – <http://docs.cntd.ru/document/1200095533>. Дата обращения: 24.04.2019 г.

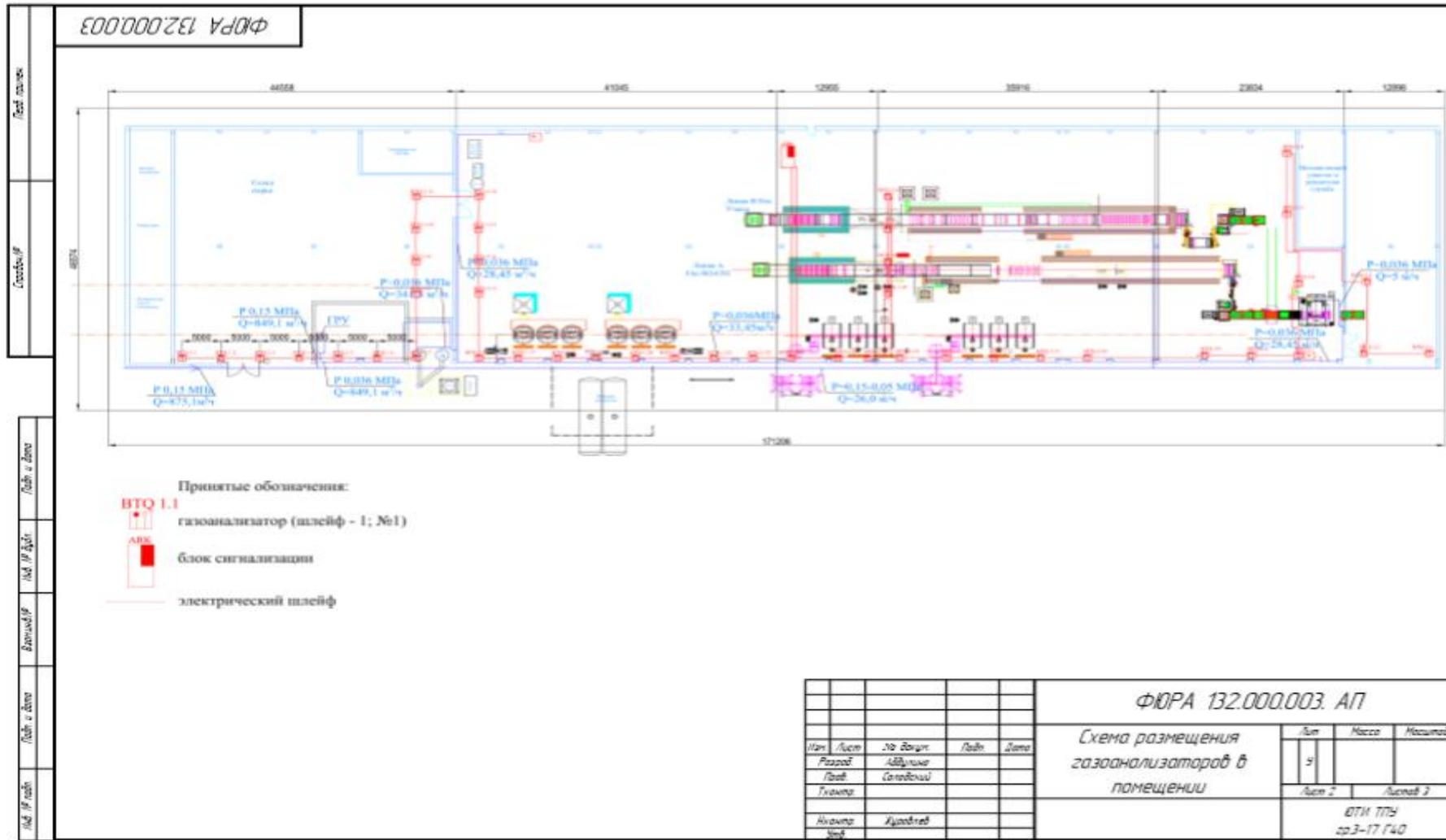
51. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов с давлением пара не более 0,07 МПа (0,7 кгс/см²), водогрейных котлов и водоподогревателей с температурой нагрева воды не выше 388 К [Электронный ресурс] / Режим доступа – <https://meganorm.ru/Index2/1/4294817/4294817546.htm>. Дата обращения: 24.04.2019 г.

52. ПБ 12-368-00 Правила безопасности в газовом хозяйстве [Электронный ресурс] / Режим доступа – http://www.tehlit.ru/1lib_norma_doc/7/7756/index.htm. Дата обращения: 24.04.2019 г.

Приложение А
(обязательное)



Приложение Б
(обязательное)



Приложение В
(обязательное)

