



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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
ООП/ОПОП: Защита в чрезвычайных ситуациях
Отделение контроля и диагностики

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Оценка риска чрезвычайных ситуаций на территории предприятия агропромышленного комплекса

УДК 614.8:637.5

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
31E81	Сладкомедов Алексей Николаевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Задорожная Т.А.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская М.В.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Федорчук Ю.М.	Д.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вторушина А.Н.	К.Х.Н.		

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП/ОПОП
по направлению 20.03.01 Техносферная безопасность**

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном (-ых) языке (-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов
УК(У)-9	Способен использовать базовые дефектологические знания в социальной и профессиональных сферах
УК(У)-10	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности
УК(У)-11	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению
УК(У)-12	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий при решении типовых задач в области профессиональной деятельности, связанной с защитой окружающей среды и обеспечением безопасности человека
ОПК(У)-2	Способен обеспечивать безопасность человека и сохранение окружающей среды, основываясь на принципах культуры безопасности и концепции риск-ориентированного мышления
ОПК(У)-3	Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом государственных требований в области обеспечения безопасности

ОПК(У)-4	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
Общепрофессиональные компетенции университета	
ДОПК(У)-1	Способен ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности, обоснованно выбирать известные устройства, системы и методы защиты человека и окружающей среды
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен к выполнению работ по обеспечению безопасности объектов защиты
ПК(У)-2	Способен к использованию знаний при разработке мероприятий по обеспечению безопасности объектов экономики
ПК(У)-3	Способен к управлению системами обеспечения безопасности в структурных подразделениях организации
ПК(У)-4	Способен определять степень риска в зонах воздействия опасных природных и техногенных факторов
ПК(У)-5	Готов осуществлять проверки безопасного состояния объектов различного назначения, участвовать в экспертизах их безопасности, регламентированных действующим законодательством Российской Федерации

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 20.03.01 Техносферная безопасность
 _____ А.Н. Вторушина
 02.02.2023 г.

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

Обучающийся:

Группа	ФИО
31E81	Сладкомедову Алексею Николаевичу

Тема работы:

Оценка риска чрезвычайных ситуаций на территории предприятия агропромышленного комплекса	
Утверждена приказом (дата, номер)	27.01.2023 № 27-91/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2023 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</i></p>	<p>Объектом исследования является опасный производственный объект – газовая котельная АО «Аграрная Группа Мясопереработка», г. Томск.</p>
<p>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке <i>(аналитический обзор литературных источников с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Провести анализ статистических данных по аварийным ситуациям при эксплуатации газовых котельных; 2. Рассмотреть нормативно-правовую базу в области обеспечения промышленной безопасности при эксплуатации опасного производственного объекта – газовой котельной; 3. Провести анализ возможных причин и последствий реализации аварийной ситуации на газовой котельной АО «Аграрная Группа

	<p>Мясопереработка» с помощью методов оценки риска ЧС;</p> <p>4. Провести оценку параметров зоны поражения в результате взрыва на газовой котельной и количества пострадавших людей;</p> <p>5. Разработать предложения для снижения вероятности возникновения аварийных ситуаций.</p>
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)</p>	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Федорчук Юрий Митрофанович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Верховская Марина Витальевна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	02.02.2023 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	ная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Задорожная Т.А.	к.т.н.		02.02.2023 г.

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
31E81	Сладкомедов Алексей Николаевич		02.02.2023 г.

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
Уровень образования бакалавриат
Отделение контроля и диагностики
Период выполнения весенний семестр 2022/2023 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

Обучающийся:

Группа	ФИО
31E81	Сладкомедов Алексей Николаевич

Тема работы:

Оценка риска чрезвычайных ситуаций на территории предприятия агропромышленного комплекса

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2023 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
29.04.2023	Обзор требований нормативно-правовых документов, требований безопасности к эксплуатации газовых котельных	20
05.05.2023	Анализ статистических данных по ЧС на газовых котельных	10
10.05.2023	Анализ возможных аварийных ситуаций	15
17.05.2023	Составления дерева отказов, дерева событий	15
21.05.2023	Расчет риска аварий. Разработка рекомендаций по снижению вероятности возникновения чрезвычайной ситуации на газовой котельной	10
25.05.2023	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10

01.06.2023	Оформление и представление ВКР	20
------------	--------------------------------	----

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Задорожная Т.А.	к.т.н.		02.02.2023

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вторушина А.Н.	к.х.н.		02.02.2023

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
31E81	Сладкомедов Алексей Николаевич		

Содержание

Введение	12
Определения, обозначения, сокращения	13
1. Обзор литературы	14
1.1 Анализ статистических данных по аварийным ситуациям на предприятиях АПК.....	14
1.2. Идентификация опасного производственного объекта (газовой котельной) в соответствии с законодательными и нормативно-техническими документами РФ	17
1.3. Требования, предъявляемые к газовой котельной с целью ее безопасной эксплуатации.....	19
1.3.1. Требования, предъявляемые к зданиям, размещению оборудования	20
1.3.2 Требования, предъявляемые к оснащению арматурой, контрольно-измерительным приборам и автоматике безопасности (в том числе пожарная безопасность)	21
1.3.3. Требования, предъявляемые к техническому обслуживанию, ремонту оборудования и технологическим системам	24
1.3.4. Требования, предъявляемые к соблюдению чистоты и порядка	25
2. Объект и методы исследования	26
2.1. Методология оценки риска чрезвычайных ситуаций на ОПО.....	26
2.1.1. Цель, порядок проведения анализа риска ЧС	26
2.1.2. Виды рисков	28
2.1.3. Методы анализа риска аварий	29
2.3. Общая характеристика объекта исследования	32
3. Практическая часть	35
3.1. Моделирование вероятных сценариев возникновения и развития ЧС на газовой котельной	35
3.2. Расчет параметров зоны поражения в результате взрыва на газовой котельной.....	37
3.2.1. Определение массы метана, участвующего в реакции	37
3.2.2. Определение режима взрывного превращения облака ГВС.....	38
3.2.3. Определение радиусов зон разрушений	38

3.2.4. Определение числа людей, пораженных воздушной ударной волной на открытой местности	41
3.2.5. Определение числа погибших людей, находящихся в промышленных административных зданиях.....	43
3.2.6. Определение числа людей, пораженных тепловым воздействием.	43
3.3. Разработка рекомендаций по снижению вероятности возникновения чрезвычайной ситуации на газовой котельной.	46
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»	47
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	48
Введение	48
4.1 Технология QuaD	48
4.2 SWOT-анализ	50
4.3 Структура работ в рамках научного исследования	54
4.4 Определение трудоемкости выполнения работ	56
4.5 Разработка графика проведения научного исследования	59
4.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	62
4.6.1 Расчет материальных затрат НТИ	63
4.6.2 Расчет основной заработной платы исполнителей темы	64
4.6.3 Расчет дополнительной заработной платы	66
4.6.4 Амортизация основных фондов.....	66
4.6.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	67
4.6.6 Накладные расходы.....	68
4.7 Определение ресурсоэффективности исследования	69
4.7.1 Интегральный показатель ресурсоэффективности.....	69
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»	72
5. Социальная ответственность.....	74
5.1. Вредные факторы	74
5.1.1. Отклонение показателей микроклимата в помещении	74
5.1.2. Превышение уровней шума	76
5.1.3. Повышенный уровень электромагнитных излучений.....	77

5.1.4. Недостаточная освещенность	79
5.2. Опасные факторы	82
5.2.1. Электробезопасность. Поражение электрическим током	82
5.2.2. Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения	83
5.2.3. Экологическая безопасность	85
5.2.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	86
5.2.5. Перечень НТД	87
Заключение	89
Список литературы	90

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа на тему «Оценка риска чрезвычайных ситуаций на территории предприятия агропромышленного комплекса» состоит из текстового документа на 92 с., 7 рис., 27 табл., 23 источника.

Ключевые слова: риск, методы оценки риска, котельное оборудование, система газораспределения и газопотребления, аварийная ситуация, агропромышленный комплекс.

Объектом исследования является: опасный производственный объект АО «Аграрная Группа Мясопереработка», г. Томск – газовая котельная.

Цель работы – оценка риска чрезвычайных ситуаций на территории предприятия агропромышленного комплекса.

В процессе исследования проводились: обзор литературы по теме исследования, анализ требований промышленной безопасности к газовым котельным, изучение методологии оценки риска чрезвычайных ситуаций на опасных производственных объектах, построение «дерева отказов», «дерева событий», расчет параметров зоны поражения в результате взрыва на газовой котельной и количества пострадавших людей.

В результате исследования были разработаны снижающие риск ЧС мероприятия.

Область применения: результаты могут быть использованы при эксплуатации котельного оборудования.

Экономическая эффективность/значимость работы: соблюдение требований безопасности эксплуатации котельных является основополагающим фактором для предупреждения чрезвычайных ситуаций, своевременной ликвидации, снижения экономического ущерба в результате аварийной ситуации.

Введение

АПК в современной России является стратегически значимой сферой деятельности, так как играет одну из ведущих ролей в обеспечении продовольственной безопасности и устойчивого социально-экономического развития страны. Обеспечение стабильного и экономически выгодного теплоснабжения является насущной задачей предприятий АПК. В связи с этим, большинство предприятий возводят сегодня на своих территориях собственные газовые котельные.

Газовая котельная в большинстве случаев является опасным производственным объектом, который требует пристального внимания при эксплуатации, обслуживании. Именно аварии на газовых котельных являются наиболее опасными, представляющими угрозу жизни и здоровью людей, приносящими материальный вред не только в пределах предприятий, но и за их границами.

Целью выпускной квалификационной работы является оценка риска чрезвычайных ситуаций на территории предприятия агропромышленного комплекса.

Основные задачи для достижения поставленной цели:

- провести анализ статистических данных по аварийным ситуациям при эксплуатации газовых котельных;
- рассмотреть нормативно-правовую базу в области обеспечения промышленной безопасности при эксплуатации опасного производственного объекта – газовой котельной;
- провести анализ возможных причин и последствий реализации аварийной ситуации на газовой котельной АО «Аграрная Группа Мясопереработка» с помощью методов оценки риска ЧС;
- провести оценку параметров зоны поражения в результате взрыва на газовой котельной и количества пострадавших людей;
- разработать предложения для снижения вероятности возникновения аварийных ситуаций.

Определения, обозначения, сокращения

АГ МП – АО «Аграрная Группа Мясопереработка»;

АПК – агропромышленный комплекс;

ГРП – газорегуляторные пункты;

ГВС – газовоздушная смесь;

ОПО – опасный производственный объект;

ЧС – чрезвычайная ситуация.

1. Обзор литературы

1.1 Анализ статистических данных по аварийным ситуациям на предприятиях АПК

Агропромышленный комплекс – крупнейший межотраслевой комплекс, объединяющий несколько отраслей экономики, направленных на производство и переработку сельскохозяйственного сырья и получения из него продукции, доводимой до конечного потребителя [1].

Структуру АПК можно представить в виде четырех составляющих:

1. Сельское хозяйство, является основой АПК, включает в себя растениеводство, животноводство, рыболовство.
2. Отрасли, деятельность которых направлена на обеспечение структур сельского хозяйства средствами и ресурсами производства: например, производство сельскохозяйственной техники, оборудования, минеральных удобрений и т.д.
3. Отрасли, деятельность которых направлена на переработку сельскохозяйственного сырья: пищевая промышленность, предприятия первичной переработки сельскохозяйственного сырья.
4. Отрасли, деятельность которых связана с заготовкой, перевозкой, хранением, торговлей сельскохозяйственного сырья, подготовкой кадров для сельского хозяйства [1].

Одной из актуальных проблем АПК является сегодня обеспечение достаточным количеством тепловой энергии, так как большая часть процессов сельскохозяйственного производства связана с ее потреблением. Это и выращивание молодняка, и содержание взрослого поголовья, получение, сохранение растениеводческой и животноводческой продукции, и ее переработка.

Данное направление является затратным, поэтому большинство предприятий, чтобы не зависеть от условий и цен сторонних поставщиков, переходят на строительство собственных газовых котельных, которые являются наиболее экономически выгодными и экологически безопасными.

В тоже время, газовая котельная или система газопотребления является ОПО и подлежит обязательной регистрации и контролю эксплуатации со стороны Ростехнадзора. Также газовая котельная является источником повышенной опасности.

При анализе годовых отчетов Ростехнадзора, было выявлено, что статистика аварийности газовых котельных отражена в общей статистике аварийности в системах газопотребления и газораспределения с указанием видов аварий. Котельным соответствуют следующие группы аварий:

1. Утечка газа, выход из строя оборудования в ГРП, газопотребляющего оборудования;
2. Взрывы при розжиге газоиспользующих установок и неисправность оборудования котла [2].

На основании указанных отчетов была собрана и проанализирована статистическая информация об аварийных ситуациях при эксплуатации газовых котельных за последние 10 лет (таблица 1). В таблице 1 указаны данные по количеству аварий в разрезе двух групп с указанием процентного количества от числа всех аварий в системах газораспределения.

Таблица 1 – Статистические данные аварийности газовых котельных

Год	Группы аварий			
	Утечка газа, выход из строя оборудования в ГРП, газопотребляющего оборудования		Взрывы при розжиге газоиспользующих установок и неисправность оборудования котла.	
	Количество	% от общего количества	Количество	% от общего количества
2021	1	9	1	9
2020	0	0	2	14
2019	1	5	0	0
2018	0	0	3	13
2017	4	9	2	5
2016	0	0	2	9
2015	7	21	2	6
2014	2	10	3	14
2013	4	10	3	8
2012	4	9	5	13
Итого:	46			

Для удобства наглядного сравнения по группам аварий в течение 10 лет составлен график аварий (рисунок 1).



Рисунок 1 – График аварий на котельных по видам

Наибольшее количество аварий произошло в 2012 и в 2015 гг.

Среди причин аварий указывают неконтролируемые взрывы ГВС в топочной камере котла в связи с ее загазованностью и образованием взрывоопасной концентрации и последующим воспламенением при его розжиге; ошибки персонала в части нарушений требований организации производства опасных работ, утечки газа и выхода из строя оборудования, розжига газоиспользующих установок [2].

Статистика наглядно показывает, что аварии на котельных, несмотря на жесткие требования контролирующих органов, автоматизацию технологических процессов, происходят ежегодно и являются наиболее опасными аварийными ситуациями на территориях предприятий АПК.

1.2. Идентификация опасного производственного объекта (газовой котельной) в соответствии с законодательными и нормативно-техническими документами РФ

Отнесение объекта к категории ОПО осуществляется в процессе его идентификации на основании нормативно-правовых актов.

К нормативно-правовым документам, определяющим требования к идентификации, регистрации и ведению государственного реестра ОПО необходимо отнести следующие:

- Федеральный закон от 21.07.1997 № 116–ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»;
- Правила регистрации объектов в государственном реестре опасных производственных объектов (Постановление Правительства РФ от 24 ноября 1998 г. № 1371 «О регистрации объектов в государственном реестре опасных производственных объектов»);
- Требования к регистрации объектов в государственном реестре опасных производственных объектов и ведению государственного реестра опасных производственных объектов (приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 30 ноября 2020 года № 471);
- Административный регламент Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору предоставления государственной услуги по регистрации опасных производственных объектов в государственном реестре опасных производственных объектов (приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 8 апреля 2019 года № 140).

При идентификации объекта в качестве ОПО необходимо учитывать все признаки опасности на объекте, принимая во внимание не только их количественные, но и качественные характеристики, а также рассматривать и определять технологические процессы, применяемое оборудование, обладающее признаками опасности. При этом, важно понимать, что ОПО – это площадка, на

которой происходит технологический процесс, а не отдельное оборудование, механизмы, оснащение или сосуды с опасным веществом.

Признаки опасности выявляются при рассмотрении и оценки предприятия, его состава, технологических процессов, применяемого оборудования, проектной и технологической документации.

Согласно указанным нормативно-правовым актам газовая котельная, включающая газораспределительное оборудование и наружные газопроводы, является сетью газопотребления.

Основной признак ОПО газовой котельной промышленного объекта (сеть газопотребления) – использование, транспортирование опасных веществ [3].

Второй признак – использование оборудования, работающего под избыточным давлением более 0,07 МПа:

- пара, газа (в газообразном, сжиженном состоянии);
- воды при температуре нагрева более 115 С° [3];

В отношении ОПО применяется классификация.

Класс опасности газовой котельной (сети газораспределения) зависит от рабочего давления природного газа или сжиженного углеводородного газа:

- II класс опасности присваивается ОПО, предназначенному для транспортировки природного газа под давлением свыше 1,2 МПа или сжиженного углеводородного газа под давлением свыше 1,6 МПа;
- III класс опасности – ОПО, предназначенное для транспортировки природного газа под давлением свыше 0,005 МПа до 1,2 МПа включительно или сжиженного углеводородного газа под давлением свыше 0,005 МПа до 1,6 МПа включительно [3].

В случае, если в системе газораспределения давление газа менее 0,005 МПа, класс опасности газовой котельной определяется по признаку оборудования, работающего под избыточным давлением более 0,07. В этом случае газовой котельной присваивается:

- III класс опасности – ОПО, осуществляющий теплоснабжение населения и социально значимых категорий потребителей, а также иных

опасных производственных объектов, на которых применяется оборудование, работающее под избыточным давлением 1,6 МПа и более (за исключением оборудования автозаправочных станций, предназначенных для заправки транспортных средств природным газом) или при температуре рабочей среды 250 С° и более [3];

- IV класс опасности – ОПО, давление технических устройств на котором меньше 1,6 МПа, а температура рабочей среды – меньше 250 С° [3].

1.3. Требования, предъявляемые к газовой котельной с целью ее безопасной эксплуатации

Требования, предъявляемые к газовой котельной с целью ее безопасной эксплуатации, должны полностью охватывать сферу ее деятельности, а также предъявляться к зданию, строительным материалам, оборудованию, хранению и транспортированию топлива, эксплуатации, ремонтным работам, техническому перевооружению, консервации и ликвидации ОПО.

Требования безопасности к газовым котельным отражены в следующих нормативных документах:

- «Правила безопасности сетей газораспределения и газопотребления» (приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 года № 531),
- «ГОСТ 34741–2021. Межгосударственный стандарт. Системы газораспределительные. Требования к эксплуатации сетей газораспределения природного газа»,
- СНИП II–35–76 «Котельные установки»,
- ПБ 03–576–03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением»,
- «Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением» (приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 года № 536),
- ПБ 10–574–03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов» и др.

1.3.1. Требования, предъявляемые к зданиям, размещению оборудования

Указанные нормативные документы строго регламентируют требования к зданиям котельных (строительные материалы, размеры зданий, высота потолков, расположение/ширина/высота дверных, оконных проемов, лестниц и площадок для осмотра оборудования), к наличию электрического освещения, в том числе аварийного и т.д.

При строительстве, реконструкции, капитальном ремонте и эксплуатации котельных не допускаются расхождения или несоответствия проектной документации, так как утвержденные в проектной документации, паспортах оборудования нормы и правила по установке, размещению, эксплуатации котлов, обвязке котлов и сосудов, прокладке трубопроводов пара и горячей воды, газа отвечают безопасности обслуживания оборудования, осмотра, ремонта, промывки и очистки.

Так, место установки котлов, а также сопутствующего ему оборудования (насосов, электрических щитов и т.д.) отделяется от остальной части помещения несгораемыми перегородками по всей высоте котла, но не ниже 2 метров. Расстояние от газовых котлов до противоположной стены котельной должно составлять не менее 3 метров, при этом расстояние от горелочных устройств до стены должно быть не менее 1 метра. Поверхности элементов оборудования с повышенной температурой, которые могут быть доступны для обслуживающего персонала, в обязательном порядке покрываются тепловой изоляцией [4].

Для безопасной эксплуатации котлов устанавливают системы трубопроводов:

- подвода питательной или сетевой воды; продувки котла и спуска воды при остановке котла; удаления воздуха из котла при заполнении его водой и растопке;
- продувки пароперегревателя и паропровода;
- отбора проб воды и пара;

- ввода в котловую воду корректирующих реагентов в период эксплуатации и моющих реагентов при химической очистке котла; отвода воды или пара при растопке и остановке;
- отвода рабочей среды от предохранительных клапанов при их срабатывании;
- подвода топлива к горелочным устройствам котла [5].

1.3.2 Требования, предъявляемые к оснащению арматурой, контрольно-измерительным приборам и автоматике безопасности (в том числе пожарная безопасность)

С целью обеспечения безопасной работы, а также своевременного выявления опасностей котлы, системы трубопроводов и котельные требуется оснащать соответствующей арматурой, контрольно-измерительными приборами и автоматикой безопасности.

К арматуре следует отнести предохранительные, обратные клапаны, вентили и задвижки, водоуказательные и продувочные устройства.

Элементы котла, ограниченные запорными клапанами, должны быть оборудованы предохранительными устройствами, с целью автоматического понижения давления, в случае необходимости, путем выпуска рабочей среды в атмосферу. Среди предохранительных клапанов необходимо отметить рычажно-грузовые предохранительные клапаны прямого действия, пружинные предохранительные клапаны прямого действия; выкидные предохранительные устройства (гидрозатворы, мембранные предохранительные устройства). Предохранительные клапаны должны предохранять котлы от превышения в них давления более чем на 10% разрешенного значения. С целью продувки котла, дренажа трубопроводов, паропроводов и конденсатопроводов в трубопроводах устанавливаются спускники – устройства для спуска воды, для выпуска воздуха – воздушники.

К контрольно-измерительным приборам следует отнести:

- манометры (для измерения давления, должны иметь класс точности не ниже 2,5 (допустимая ошибка не должна превышать 2,5% диапазона показаний));
- напорометры (манометры, измеряющие низкое давление);
- вакуумметры или тягомеры (для измерения разрежения, т.е. давления ниже атмосферного);
- термометры (измерения температуры);
- расходомеры, счетчики (измерения расхода воды и прочего);
- регуляторы давления газа [6].

Контрольно-измерительные приборы могут быть показывающие и регистрирующие в зависимости от требований завода-изготовителя котла.

Данные приборы предназначены для измерения:

- температуры воды на входе в котел после запорной арматуры (показывающий и регистрирующий);
- температуры воды на выходе из котла до запорной арматуры (показывающий и регистрирующий);
- температуры воздуха до и после воздухоподогревателя;
- температуры уходящих газов (показывающий и регистрирующий);
- давления воды на входе в котел после запорной арматуры и на выходе из котла до запорной арматуры;
- давления воздуха после дутьевого вентилятора и каждого регулирующего органа для котлов, имеющих зонное дутье, перед горелками за регулирующими органами и пневмозабрасывателем;
- давления жидкого и газообразного топлива перед горелками после регулирующего органа;
- разрежения в топке;
- разрежения перед дымососом;
- расхода воды через котел (показывающий и регистрирующий);
- расхода жидкого и газообразного топлива и прочее [7,8].

Что касается автоматики безопасности – для котлов требуется устанавливать устройства, автоматически прекращающие подачу топлива к горелкам при:

- повышении или понижении давления газообразного топлива перед горелками;
- понижении давления жидкого топлива перед горелками за регулирующей арматурой;
- понижении давления воздуха перед горелками с принудительной подачей воздуха;
- уменьшении разрежения и(или) повышении давления в топке;
- погасании факелов горелок, отключение которых при работе котла не допускается;
- повышении температуры воды на выходе из котла;
- повышении или понижении давления воды на выходе из котла;
- уменьшении установленного наименьшего расхода воды через котел;
- остановке ротора форсунки;
- неисправности цепей защиты [7].

В котельной требуется предусматривать технологическую защиту и светозвуковую сигнализацию остановки котла, наличия факела запального устройства, пожара в воздухоподогревателе, повышения температуры в газоходе перед системами газоочистки, повышения и понижения давления газообразного топлива в общем газопроводе к котлам, понижения давления воды в каждой питательной магистрали, понижения и повышения давления воды в обратном трубопроводе тепловой сети, повышения и понижения расхода воды к осветлителям, неисправности оборудования всех систем и установок котельных и т.д. [4].

Для устойчивой работы горелок котлов требуется предусматривать газорегуляторные установки, которые регулируют давление газа. В

газорегуляторных установках предусматривают две нитки редуцирования на 100% пропускной способности каждой, одна из которых резервная.

С целью контроля содержания окиси углерода в помещениях котельных требуется устанавливать газоанализаторы.

Помещения котельной требуется оборудовать автоматической установкой пожарной сигнализации и пожаротушения.

1.3.3. Требования, предъявляемые к техническому обслуживанию, ремонту оборудования и технологическим системам

Одно из важнейших требований к безопасности на газовых котельных – это своевременное техническое обслуживание оборудования, ремонт, замена изношенных деталей, поверка счетчиков, датчиков, приборов и т.п.

Оборудование, приборы котельных также подлежат государственной проверке и поверке.

Должностные лица Ростехнадзора проводят освидетельствование котлов, которое предусматривает внутренний и внешний осмотр для выявления состояния внутренних и внешних поверхностей и влияния среды на стенки – не реже 1 раза в 4 года; гидравлическое испытание с предварительным внутренним осмотром – не реже 1 раза в 8 лет [5].

Обслуживание и ремонт газоанализаторов проводятся в порядке и в сроки согласно технической документации завода-изготовителя. Газоанализаторы подвергаются государственной поверке 1 раз в год контрольными смесями на уровнях срабатывания.

Проверка исправности приборов автоматики безопасности должна производиться не реже одного раза в месяц.

Поверку манометров с их опломбированием производят не реже одного раза в 12 месяцев. Кроме того, не реже одного раза в 6 месяцев организация должна выполнить поверку рабочих манометров проверенным контрольным манометром, имеющим одинаковые с поверяемым манометром шкалу и класс точности [5].

Ответственные за обслуживание котельной лица обязаны проходить проверку знаний Правил технической эксплуатации тепловых энергоустановок не

реже, чем 1 раз в 3 года в экзаменационных комиссиях органа технадзора или в учреждениях образования с участием его представителя, а также не реже одного раза в 5 лет повышать свою квалификацию в учреждениях образования. Периодическая проверка знаний персонала, обслуживающего котлы и установки докотловой обработки воды (химводоочистки), должна проводиться не реже 1 раза в 12 месяцев в квалификационной комиссии организации [9].

1.3.4. Требования, предъявляемые к соблюдению чистоты и порядка

Помещение котельной, котлы и все оборудование следует содержать в исправном состоянии и чистоте. Проходы в котельном помещении и выходы из него должны быть всегда свободными. В помещении котельной запрещается хранить предметы, не относящиеся к обслуживанию котлов или вспомогательного оборудования, а также запасные части к ним.

2. Объект и методы исследования

2.1. Методология оценки риска чрезвычайных ситуаций на ОПО

Анализ опасностей и оценки риска ЧС на ОПО представляет собой систематизированный порядок применения информации для идентификации опасностей и оценки риска инцидентов и аварий на ОПО.

Анализ риска – это система научно-технических способов изучения и анализа опасностей формирования, развития и последствий возможных аварий. Часто этот инструмент становится фактически единственным способом, который позволяет рассмотреть, изучить проблемы безопасности современного технологического процесса, на которые невозможно ответить исходя из практического опыта.

2.1.1. Цель, порядок проведения анализа риска ЧС

Согласно Методическим основам по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах основной целью анализа риска является представление аргументированной информации о наиболее опасных технологических процессах, их составляющих, участках ОПО, включая расчет показателей допустимого риска, определения степени аварийной опасности ОПО с целью:

- заблаговременного предотвращения угроз причинения вреда жизни людей, животных, их здоровью, окружающей среде, а также угроз возникновения ЧС,
- разработки, внедрения рекомендаций по снижению риска, последствий аварий, размера ущерба [10].

Смысл методики анализа риска сводится к формированию всех реально возможных сценариев возникновения и развития аварий на ОПО, с дальнейшей проработкой и прогнозом вероятной периодичности возникновения и расчетом масштабов последствий сценариев аварий.

Таким образом, расчет и анализ рисков являются методологическим средством, с помощью которого можно дать количественную оценку потенциальной опасности.

Порядок выполнения анализа риска аварий включает следующие основные этапы:

- планирование и организация работ, сбор сведений – на этом этапе проводят анализ требований заказчика и нормативных документов относительно рассматриваемого объекта; определяют задачи и методы анализа риска аварий, показатели риска; формируют рабочую группу, прогнозируют сроки и трудозатраты анализа; осуществляют сбор информации об ОПО (характеристика зданий, оборудования, технологических процессов, места расположения, опасных веществах);
- идентификация опасностей – на этом этапе выявляют источники возникновения возможных аварий, их причины, последствия, влияние на соседние объекты; выделяют основные сценарии аварий.
- оценка риска аварий на ОПО или его составных частях – на этом этапе применяют методы количественной, качественной оценки риска аварий с целью оценки уровня воздействия на людей, имущество, окружающую среду.
- обобщение результатов оценок риска – на этом этапе осуществляют сравнительный анализ полученных результатов с допустимым, фоновым риском аварий, с показателями риска аварий на других составных частях ОПО, аналогичных ОПО и т.д.
- разработка мер по снижению риска аварий – на этом этапе разрабатывают предложения по уменьшению риска аварий, предлагают меры и способы предотвращения возникновения аварий на ОПО [10].

Краткая схема анализа опасностей и оценки риска аварий на ОПО представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Схема анализа опасностей и оценки риска аварий на ОПО

2.1.2. Виды рисков

Риск аварий принято считать важнейшим и ключевым показателем опасности на ОПО.

Риск аварии – представляет собой показатель опасности, определяющий вероятность возникновения аварии на ОПО и степень ее последствий. Данный показатель комплексно охватывает случайную вероятность перехода аварийной

ситуации на ОПО в аварию со следующими опасными последствиями: угроза жизни и здоровью людей, животных; вред растениям, окружающей среде, имуществу государства, физических и юридических лиц.

Основные виды рисков представлены на рисунке 3:



Рисунок 3 – Виды рисков

Для оценки риска аварий чаще всего прибегают к следующим показателям риска: индивидуальный риск $R_{инд}$, потенциальный риск $R_{пот}$, коллективный риск $R_{колл}$, социальный риск $F(x)$ [10].

2.1.3. Методы анализа риска аварий

Принимая решение о выборе метода проведения анализа важно учитывать период деятельности ОПО (строительство, модернизация и т.д.), необходимо проанализировать сам ОПО, его характеристики, особенности, опасности, критерии риска, а также рассмотреть доступность средств и сил проведения анализа.

Таким образом, выбирая метод анализа риска необходимо принимать во внимание следующие условия:

- метод должен быть научно обоснован и отвечать рассматриваемым опасностям;
- метод должен давать результат, который отразит все формы опасности и на основе которого можно будет разработать возможности снижения риска;
- метод должен быть повторяемым и проверяемым [11].

Рассмотрим основные методы анализа риска аварий (Таблица 2).

Таблица 2 – Основные методы анализа риска аварий

№	Метод	Суть метода	
		Преимущества	Недостатки
1	«Проверочного листа»	Качественный метод. Результатом метода является не только перечень информации о соответствии опасного объекта требованиям технической безопасности, но и рекомендации по их обеспечению. Данный метод эффективен после применения других методов с целью выявления новых опасностей	
	«Что будет, если...?»	Качественный метод. Результат метода – анализ ответов, который наглядно отражает воздействие отказов компонентов систем или методических ошибок персонала на возникновение факторов опасности	
		Несложный, анализ безопасности объектов с известной технологией	Субъективность полученных результатов
2	«Идентификация опасностей технологического объекта»	Качественный метод, выявляет опасные факторы (внешние – ЧС, внутренние – опасности технологического процесса, деятельность персонала – подбор, риск невыхода на работу) и события, которые повлекут за собой сбой в эксплуатации или вред всей технологической системе ОПО в целом	
		Систематическое и полное изучение системы, широкий диапазон применения	Долгий детальный анализ, высокая стоимость, в основе - экспертная оценка проектировщиков, которые могут ошибаться
3	«Анализ вида и последствий отказов»	Качественный метод, исследует технические устройства, их составные части, процессы на предмет вероятности отказа компонентов и последствий для системы в целом, предлагает пути реализации деятельности без отказов, либо меры по снижению последствий для системы	
	«Анализ вида, последствий и критичности отказа»	Качественный, смешанный или количественный. Руководствуется градацией событий по вероятности или частоте и тяжести последствий. Классификацию отказов по показателям вероятности – тяжести последствий проводят, опираясь на особенности каждого технического устройства	
		Может анализировать виды отказов, связанных с нарушениями регламента персоналом, с упадком работоспособности оборудования, а также программного обеспечения и процессов	Идентифицируют отдельные отказы, а не их сочетания, трудоемкие, длительные и высокая стоимость

Продолжение Таблицы – 2

№	Метод	Суть метода	
		Преимущества	Недостатки
4	«Анализ опасности и работоспособности технологической системы»	Качественный метод. Изучает опасности отклонений технологических параметров от регламентных значений. Анализирует вероятные отклонения, причины и меры по их недопущению для каждой части ОПО или ее технологической системы	
		Можно обнаружить ошибки или неточности в инструкциях по безопасности, помогает в выборе решения и способов обработки риска	Длительный, дорогостоящий, сложно применить к анализу комбинаций событий, ведущих к аварии
5	«Анализ дерева отказов»	Качественный, количественный. Дедуктивное логическое построение, использует концепцию одного финального события с целью нахождения всех возможных путей, при реализации которых оно может произойти. Анализ причин ЧС и их частоты	
		Нахождение отказов, показывает в явном виде ненадежные места, позволяет сосредотачиваться на отдельных конкретных отказах системы	Длительный, требует от специалиста полного понимания системы, сложно учесть частичный отказ элемента
6	«Анализ дерева событий»	Количественный или полуколичественный. Устанавливает последствия наступления нежелательного события, изучает развитие ЧС на ОПО, что даст возможность создать алгоритм взаимоисключающих последовательностей событий, исходящих от одного основного события и продолжающихся до конечного события	
		Подходит для полного анализа вариантов при изменении параметров эффективности системы, дает простые логические модели путей функционирования и отказа системы	Не дает полный анализ неисправностей, не работает со сложными стратегиями ремонта, технического обслуживания
7	«Анализ барьеров безопасности»	Качественный, количественный. Оценка эффективности мер безопасности с помощью барьеров (пассивные, активные, человеческие) – структуры элементов, разработанной и выполняющей одну или нескольких барьерных функций	
		Дает системность и наглядность анализируемых мер безопасности, непосредственно связанных со стадиями возникновения и развития аварийного процесса.	Сложность, длительность.

Методы анализа могут применяться отдельно или совместно друг с другом. В таблице 3 указаны рекомендации по выбору метода, учитывая деятельности ОПО и его жизненных циклов. Обозначения: *x* – не подходящий метод; *v* – подходящий метод; *VV* – наиболее подходящий метод [11].

Таблица 3 – Рекомендации по выбору методов анализа риска аварий

Метод	Фаза жизненного цикла				
	Размещение ОПО, предпроектные работы	Проектирование	Ввод/вывод из эксплуатации	Эксплуатация	Консервация
Проверочный лист	v	v	v	VV	v
Что будет, если...?	VV	v	v	v	v
Идентификация опасностей	VV	v	x	x	x
Анализ опасностей и работоспособности	v	VV	v	v	x
Анализ видов и последствий отказов	v	VV	v	v	x
Анализ деревьев отказов	x	VV	v	v	x
Анализ деревьев событий	v	VV	v	v	x
Анализ барьеров безопасности	v	VV	v	v	v
Количественная оценка риска аварий	VV	VV	v	v	v

2.3. Общая характеристика объекта исследования

АО «Аграрная Группа Мясопереработка» – это высокотехнологичное предприятие, осуществляющее убой животных и переработку продуктов убоя для пищевых, кормовых целей. Данное предприятие производит 300 наименований продукции: колбасы, деликатесы, пельмени, вареники, мясные полуфабрикаты. Мощность производства – 130 тонн колбас и полуфабрикатов в день. Численность – 1134 человек [16]. Предприятие расположено в г. Томске.

На территории АГ МП эксплуатируется ОПО (котельная), зарегистрированный в государственном реестре опасных производственных объектов (регистрационный номер А62-05681-0001).

Признаки опасности объекта: использование, транспортирование опасных веществ (воспламеняющиеся вещества), указанных в Приложении 1 к Федеральному закону от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

Котельная относится к III классу опасности, так как максимальный уровень значения давления природного газа в газовом оборудовании котельной составляет

0,6 МПа (условие отнесения к третьему классу опасности - транспортировка природного газа под давлением свыше 0,005 МПа до 1,2 МПа включительно).

Опасным веществом на объекте является природный газ.

По химическому составу основу природного газа преимущественно составляет метан (СН₄) – от 70 до 98%, с небольшими примесями других газов.

Физические свойства природного газа представлены в таблице 4 [17].

Таблица 4 – Физические свойства природного газа

Внешние признаки	Без цвета, запаха и вкуса (для облегчения определения утечек его одорируют)
Плотность, кг/м ³	Сухой газообразный от 0,68 до 0,85
	Жидкий 400
Температура самовозгорания, °С	650
Взрывоопасные концентрации смеси газа с воздухом, % объёмных	от 4,4 до 17
Удельная теплота сгорания, МДж/м	28–46
Удельная теплота сгорания, Мкал/м ³	6,7–11
Удельная теплота сгорания, кВт·ч/м ³	8–12
Октановое число при использовании в двигателях внутреннего сгорания	120–130
Легче воздуха в 1,8 раза. При утечке не собирается в низинах, а поднимается вверх	

В состав ОПО входит:

Газовая котельная (сеть газопотребления), которая обеспечивает предприятие горячей водой и паром для нужд технологического процесса, а также обогрева производственных и административно-бытовых помещений. Мощности котельной хватает обеспечить не только потребителей АГ МП, но и общежития, расположенного на улице Нижне-Луговая.

Данная котельная включает в себя:

- Надземный газопровод высокого давления ДУ=108мм, L=235м.
- Внутренний газопровод среднего давления:
 - ДУ=159мм, L=15м,
 - ДУ=108мм, L=36м,
 - ДУ=89мм, L=10м,
 - ДУ=25мм, L=36м,

- ДУ=22мм, L=3м.
- Газорегуляторный пункт (далее ГСГО) – комплекс технологического оборудования и устройств, служащий для очистки газа, снижения входного давления и поддержания его на заданных параметрах. ГСГО–5–0.2 №3120 состоит из: фильтр газовый сетчатый ФС–50 до 16Мпа, краны шаровые КШ-50, предохранительные сбросные клапаны ПСК–50С/20, клапан предохранительный запорный КПЗ–50Н 10, регулятор давления газа РДБК 1-50;
- Газоиспользующее оборудование, работающее на природном газе: котёл паровой марки HDK 3200 фирмы DNAL – стационарный № 1, № 2, мощностью по 3,2 тонны пара в час каждый и котел паровой КПЖ 2,5-0,8 ГМ мощностью 2,5 тонны пара в час, газовая горелка Weishaupt GL9/1-D мощностью 3600 кВт, комбинированная горелка Weishaupt GL9/1-D мощностью 3600 кВт.

3. Практическая часть

3.1. Моделирование вероятных сценариев возникновения и развития ЧС на газовой котельной

Для построения дерева отказов выявляем нежелательное финальное событие в рассматриваемой системе, а также отказы – сбой оборудования, ошибки персонала, влияние внешней среды и другие, которые вызывают финальное событие.

Далее, основываясь на численных значениях частоты (в год) каждого базового события, выполняем расчет значения для финального события. Для этого проводим вычисления начиная с подножия дерева отказов и продолжая в направлении вершины (рисунок 4). Численные значения частоты (в год) базовых событий были взяты автором из нормативных документов, статей, методических пособий [18,19,20,21].

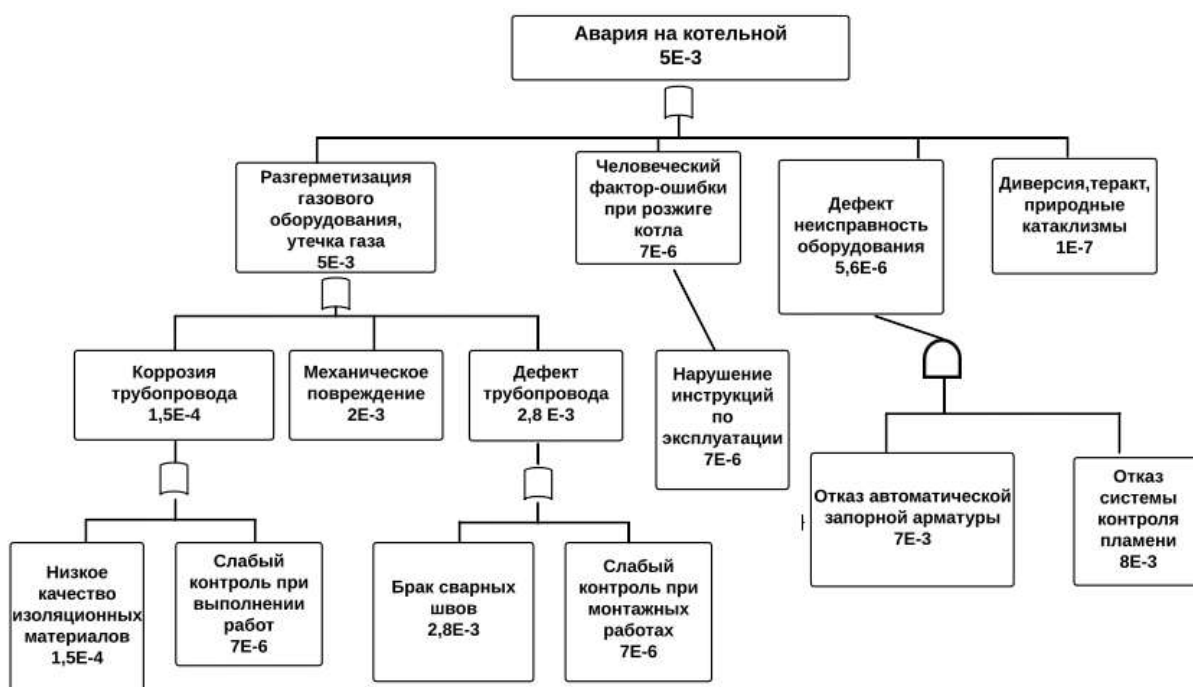


Рисунок 4 – Дерево отказов для газовой котельной

В соответствии с построенным деревом отказов к отказу системы приводят следующие причины: разгерметизация газового оборудования, утечка газа; человеческий фактор – ошибка при розжиге котла; дефект, неисправность оборудования; диверсия, теракт, природные катаклизмы. Все они могут стать причиной утечки газа, и как следствие, аварии.

Наименее вероятное событие – диверсии, теракты и природные катаклизмы - значение частоты в год: $1 \cdot 10^{-7}$, наиболее вероятное событие – разгерметизация оборудования, утечка газа – значение частоты в год: $5 \cdot 10^{-3}$.

Риск возникновения аварии на газовой котельной составит $5 \cdot 10^{-3}$.

Далее строим дерево событий для данной системы, выделяем и описываем сценарии развития событий, а также вычисляем их значение частоты (рисунок 5).

На рисунке отмечено значение частоты разгерметизации оборудования с выбросом газа, от нее строятся ветви, на которых отмечены числовые значения условной вероятности промежуточных событий (согласно табличным данным Методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах) и числовые значения частоты конечных событий. Числовое значение частоты возникновения отдельного события или сценария рассчитываем следующим образом: умножаем числовое значение частоты возникновения события на числовое значение условной вероятности развития события.



Рисунок 5 - Дерево событий аварии на газовой котельной

Таким образом, получаем два сценария развития аварии вследствие разгерметизации газового оборудования, утечки газа:

1. Разгерметизация газового оборудования, утечка газа – источник зажигания – мгновенное воспламенение – факельное горение.
2. Разгерметизация газового оборудования, утечка газа – накопление ГВС в помещении – возникновение источника зажигания – избыточное давление – взрыв

– взрыв может сопровождаться огненным шаром, от которого возникнет тепловое излучение и ударной волной.

Согласно полученным расчетам наиболее вероятно событие «Ликвидация аварии», посредством срабатывания контрольной аппаратуры (разгерметизация газового оборудования, утечка газа – накопление ГВС в помещении – срабатывание системы газоудаления, вентиляции. Числовое значение частоты возникновения события «Ликвидация аварии»: $4,5 \cdot 10^{-3}$.

Самый неблагоприятный сценарий аварии – сценарий 2 (разгерметизация газового оборудования, утечка газа – накопление ГВС в помещении – возникновение источника зажигания – избыточное давление – взрыв – огненный шар, тепловое излучение – ударная волна). Числовое значение частоты возникновения сценария 2: $3,9 \cdot 10^{-4}$.

3.2. Расчет параметров зоны поражения в результате взрыва на газовой котельной

3.2.1. Определение массы метана, участвующего в реакции

В данном случае произошла разгерметизация оборудования в газовой котельной с дальнейшим накоплением ГВС в помещении и появлением источника зажигания.

Допустим, что не сработает никакая контролирующая аппаратура и газ заполнит весь объем помещения, тем самым рассмотрим наихудший вариант развития аварийной ситуации.

Определяем массу вещества, участвующую в реакции по формуле 1:

$$M = \rho \cdot V , \quad (1)$$

где ρ – плотность метана, $0,66692 \text{ кг/м}^3$ (т.к. основную часть природного газа составляет метан),

$V_{\text{пом}}$ – объем помещения котельной – 1652 м^3 .

Найдем свободный объем помещения котельной. Он определяется как разность между объемом помещения и объемом, занимаемым технологическим оборудованием. Если свободный объем помещения определить невозможно, то

его допускается принимать условно, равным 80% геометрического объема помещения [23],

$$V_{\text{пом.своб.}} = 1652 \cdot 0,8 = 1322 \text{ м}^3.$$

$$M = 0,66692 \cdot 1322 = 882 \text{ кг} = 0,882 \text{ т.}$$

Определяем массу вещества при образовании огненного шара (2):

$$m = 0,6 \cdot M \tag{2}$$

$$m = 0,6 \cdot 0,882 = 0,53 \text{ т.}$$

3.2.2. Определение режима взрывного превращения облака ГВС

Согласно Методике определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах, утв. приказом МЧС от 10 июля 2009 г. №404, определяем:

- класс пространства, окружающего место аварии – 2 класс (сильно загроможденное пространство: наличие полузамкнутых объемов, высокая плотность размещения технологического оборудования, лес, большое количество повторяющихся препятствий);
- класс взрывоопасного вещества (метан) – 4 класс (слабочувствительные вещества (размер детонационной ячейки больше 40 см));
- вероятный режим взрывного превращения определяется в зависимости от класса горючего вещества и класса загроможденности окружающего пространства – 4 режим.

3.2.3. Определение радиусов зон разрушений

Таблица 5 – Вспомогательные коэффициенты при 4-ом режиме взрывного превращения

Степень разрушения	Промышленные здания	Жилые здания
Полная	1,52	1,62
Сильная	1,77	1,87
Средняя	1,97	2,17
Средняя	1,97	2,17
Слабая	2,32	2,52
Расстекление	2,62	

По таблице 4 определяем вспомогательные коэффициенты (a) для различных степеней разрушений зданий. Определяем радиусы зон разрушений и зоны расстекления по формуле 3:

$$R = 10^{(0,32lgM+a)} = 10^{R_1} \quad (3)$$

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

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

a – вспомогательный коэффициент;

R_1 – условный радиус зоны разрушения или расстекления.

Рассчитаем радиус зоны разрушения:

1. Для зоны полного разрушения производственных зданий ($R_{6п}$)

$$R_{6п} = 10^{(0,32lg,0,882+1,52)} = 10^{1,5} = 32 \text{ м.}$$

2. Для зоны сильного разрушения производственных зданий ($R_{5п}$)

$$R_{5п} = 10^{(0,32lg,0,882+1,77)} = 10^{1,753} = 57 \text{ м.}$$

3. Для зоны среднего разрушения производственных зданий ($R_{4п}$)

$$R_{4п} = 10^{(0,32lg,0,882+1,97)} = 10^{1,953} = 90 \text{ м.}$$

4. Для зоны слабого разрушения производственных зданий ($R_{3п}$)

$$R_{3п} = 10^{(0,32lg,0,882+2,32)} = 10^{2,303} = 201 \text{ м.}$$

5. Радиус жилой застройки – 180 м, в связи с этим рассчитываем зону среднего и слабого разрушения жилых зданий ($R_{4ж}$),

$$R_{4ж} = 10^{(0,32lg,0,882+2,17)} = 10^{2,153} = 142 \text{ м.}$$

$$R_{3ж} = 10^{(0,32lg,0,882+2,52)} = 10^{2,503} = 318 \text{ м.}$$

6. Радиус зоны расстекления ($R_{рас}$)

$$R_{рас} = 10^{(0,32lg,0,882+2,62)} = 10^{2,603} = 401 \text{ м.}$$

Результаты расчетов радиусов зон полных, сильных, средних и слабых разрушений для промышленных и административных зданий представлены в Таблице 6 и на рисунке 6. На рисунке 6 указан радиус огненного шара (25 м.)

Таблица 6 – Результаты расчетов радиусов зон полных, сильных, средних и слабых разрушений для промышленных и административных зданий

Степень разрушения	Тип зданий	Режим взрывного превращения	Радиус зон, в м.
		4	
Полная	П	1,52	32
Сильная	П	1,77	57
Средняя	П	1,97	90
	Ж	2,17	201
Слабая	П	2,32	142
	Ж	2,52	318
Расстекление		2,91	401



Рисунок 6 – Схема зон разрушений производственных, административных и жилых зданий

В зону полного разрушения зданий войдут близлежащие промышленные здания, административное здание попадает в зону средней степени разрушения.

Жилые здания расположены на расстоянии 180 метров и попадают в зону средней степени разрушения, но, необходимо учесть, что между котельной и жилой застройкой расположена плотная застройка промышленных, вспомогательных зданий, имеются деревья, поэтому, можно предположить, что степень разрушения снизится.

3.2.4. Определение числа людей, пораженных воздушной ударной волной на открытой местности

Вспомогательные коэффициенты (а) для определения размеров зон поражения людей воздушной ударной волной при 4-ом режиме взрывного превращения (Таблица 7):

Таблица 7 – Коэффициенты (а) для определения размеров зон поражения людей воздушной ударной волной при 4-ом режиме взрывного превращения

Номер зоны и вероятности поражения людей, %	Режим взрывного поражения - 4
99	1,38
90	1,44
50	1,49
10	1,59
1,0	1,68
Порог поражения	1,74

Рассчитаем радиусы зон поражения людей:

1. Для зоны поражения людей с вероятностью 99 %

$$R_6 = 10^{(0,32 \lg 0,882 + 1,38)} = 10^{1,363} = 23 \text{ м.}$$

2. Для зоны поражения людей с вероятностью 90 %

$$R_5 = 10^{(0,32 \lg 0,882 + 1,44)} = 10^{1,423} = 26 \text{ м.}$$

3. Для зоны поражения людей с вероятностью 50 %

$$R_4 = 10^{(0,32 \lg 0,882 + 1,49)} = 10^{1,473} = 30 \text{ м.}$$

4. Для зоны поражения людей с вероятностью 10 %

$$R_3 = 10^{(0,32 \lg 0,882 + 1,59)} = 10^{1,573} = 37 \text{ м.}$$

5. Для зоны поражения людей с вероятностью 1 %

$$R_2 = 10^{(0,32 \lg 0,882 + 1,68)} = 10^{1,663} = 46 \text{ м.}$$

6. Для зоны порог поражения коэффициент $a = 1,74$ тогда

$$R_1 = 10^{(0,32 \lg 0,882 + 1,74)} = 10^{1,723} = 53 \text{ м.}$$

Результаты расчетов размеров зон поражения людей от воздушной ударной волны представлены в Таблице 8.

Таблица 8 – Радиус зон поражения людей от воздушной ударной волны

Номер зоны и вероятность поражения людей, в %	Режим взрывного превращения	Радиус зон, в м.
	4	
99	1,51	23
90	1,6	26
50	1,66	30
10	1,72	37
1	1,79	46
Порог поражения	1,85	53

Найдем число пострадавших людей в 6-й зоне ($P_6 = 99 \%$).

Радиус зоны, в которой погибнет 99 % людей составляет $R_6 = 23 \text{ м}$.

Площадь зоны (формула 4):

$$S = \pi \cdot R^2, \quad (4)$$

$$S_6 = 3,14 \cdot 23^2 = 166 \text{ м}^2.$$

Число погибших в шестой зоне (формула 5)

$$N_6 = S_6 \cdot \rho_{\text{ом}} \cdot P_{6\text{м}} \quad (5)$$

$$N_6 = 166 \cdot 0,0004 \cdot 0,99 = 0,06 = 0 \text{ чел.}$$

где $\rho_{\text{ом}}$ – плотность персонала на открытой местности – 0,0004.

Число погибших в пятой зоне $P_5 = 90 \%$.

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

$$S_5 = S_{.5} - S_6, \quad (6)$$

где $S'_{.5}$ – суммарная площадь 5 и 6 зоны.

Радиус границы пятой зоны

$$R_5 = 26 \text{ м, тогда } S = 3,14 \cdot (26^2 - 23^2) = 46 \text{ м}^2.$$

Число погибших в пятой зоне:

$$N_5 = 46 \cdot 0,0004 \cdot 0,99 = 0,06 = 0 \text{ чел.}$$

Аналогично считаем для последующих зон. Общее число погибших людей от воздушной ударной волны на открытой местности составит 0 человек

3.2.5. Определение числа погибших людей, находящихся в промышленных административных зданиях

Промышленные здания попали в зону полных, сильных разрушений, а административное здание попало в зону средней степени разрушений.

Всего на предприятии работают 1134 человека, из них 65 в административном здании, 1069 работают по сменно, сутки через трое, таким образом на смене в день взрыва находятся 356 человек (больничные, отпуск - пренебречь).

Количество людей, находящихся в административном здании – 65 человек, примем, что количество людей, находящихся в промышленных зданиях: полное разрушение – 265 человек, сильное разрушение – 100 человек.

Вероятность выживания людей в зоне средних разрушений в административных зданиях = 94 %, в промышленных зданиях в зоне полных разрушений – 0, в зоне сильных разрушений 2%.

Число погибших людей в зданиях равно (формула 7):

$$N_3 = N_{п1} \cdot (1 - P_{п1}) + N_{п2} \cdot (1 - P_{п2}) + N_{п3} \cdot (1 - P_{п3}), \quad (7)$$

$$N_3 = 265 \cdot (1 - 0) + 100 \cdot (1 - 0,02) + 65 \cdot (1 - 0,94) = 277 \text{ чел.}$$

Общее число погибших, находящихся в промышленных и административных зданиях составило 277 чел.

Общее число погибших людей от воздушной ударной волны на открытой местности и находящихся в зданиях составит 277 чел.

3.2.6. Определение числа людей, пораженных тепловым воздействием.

Параметры огненного шара: радиус огненного шара (формула 8):

$$R_{ош} = 3,2 \cdot m^{0,325}, \quad (8)$$

$$R_{ош} = 3,2 \cdot 530^{0,325} = 25 \text{ м.}$$

Время существования огненного шара (формула 9):

$$t = 0.85 \cdot m^{0.26}, \quad (9)$$
$$t = 0.85 \cdot 530^{0.26} = 4 \text{ с.}$$

Тепловой поток на поверхности огненного шара (Q_0 для метана) составит 200 кВт/м²:

Площадь, покрываемая огненным шаром (формула 10):

$$S_{\text{ош}} = 3,14 \cdot R^2, \quad (10)$$
$$S_{\text{ош}} = 3,14 \cdot 25^2 = 196 \text{ м}^2.$$

Число погибших (формула 11):

$$N_{\text{ош}} = S_{\text{ош}} \cdot \rho_{\text{ом}}, \quad (11)$$
$$N_{\text{ош}} = 196 \cdot 0,0004 = 0,07 = 0 \text{ чел.}$$

Рассчитаем число погибших людей, находящихся в различных зонах теплового воздействия.

Число погибших людей, находящихся в зоне, где вероятность их гибели составляет более 95 %, индекс дозы теплового излучения – (J) $3,7 \cdot 10^3$ кВт/м².

Радиус зоны, где наблюдается данный тепловой индекс, равен (12):

$$X_{95\%} = R_{\text{ош}} \cdot Q_0^{0.5} \cdot (t / J)^{3/8}, \quad (12)$$
$$X_{95\%} = 25 \cdot 200^{0.5} \cdot (4/3700)^{3/8} = 27 \text{ м.}$$

Площадь зоны, где вероятность гибели людей более 95 %

$$S_{95\%} = 3,14 \cdot (27^2 - 25^2) = 327 \text{ м}^2.$$

Число пострадавших в данной зоне

$$N_{95\%} = 327 \cdot 0,975 \cdot 0,0004 = 0 \text{ чел.}$$

где $P_{97,5}$ – средняя вероятность гибели людей в зоне (на границе зоны вероятность гибели 95 %).

Число погибших людей, находящихся в зоне, где вероятность их гибели находится в пределах от 65 до 95 % (среднее значение – 80 %).

Индекс дозы теплового излучения для вероятности 65 % составляет 1500 (рис. 3).

Радиус зоны, где наблюдается данный индекс дозы теплового излучения

$$X_{65\%} = 25 \cdot 200^{0.5} \cdot \left(4/1500\right)^{\frac{3}{8}} = 38 \text{ м.}$$

Площадь зоны

$$S_{65\%} = 3,14 \cdot (38^2 - 27^2) = 2245 \text{ м}^2.$$

Число пострадавших в данной зоне

$$N_{65\%} = 2245 \cdot 0,8 \cdot 0,0004 = 0,7 = 1 \text{ чел.}$$

Число погибших людей, находящихся в зоне, где вероятность их гибели составляет от 25 до 65 % (среднее значение – 45 %).

Индекс дозы для данной зоны $J_{25} = 800$,

$$X_{25\%} = 25 \cdot 200^{0.5} \cdot \left(14,5/800\right)^{\frac{3}{8}} = 77 \text{ м.}$$

Площадь зоны

$$S_{25\%} = 3,14 \cdot (77^2 - 38^2) = 14083 \text{ м}^2.$$

Число пострадавших в данной зоне

$$N_{25\%} = 14083 \cdot 0,45 \cdot 0,0004 = 3 \text{ чел.}$$

Число погибших людей, находящихся в зоне, где вероятность их гибели составляет от 5 до 25 % (среднее значение – 15 %).

Индекс дозы для данной зоны $J_5 = 500$,

$$X_{5\%} = 25 \cdot 200^{0.5} \cdot \left(14,5/500\right)^{\frac{3}{8}} = 93 \text{ м.}$$

Площадь зоны

$$S_{5\%} = 3,14 \cdot (93^2 - 77^2) = 8540 \text{ м}^2.$$

Число пострадавших в данной зоне

$$N_5 = 8540 \cdot 0,15 \cdot 0,0004 = 1 \text{ чел.}$$

Таким образом, количество погибших от теплового потока составило 5 человек.

Вывод: в результате аварии на предприятии погибнет 282 человека, 5 из них от теплового потока, 0 – от ударной волны на открытой местности и 277 человек погибнет в промышленных и административных зданиях, так как они попадают в зону степени полного, сильного и среднего разрушения.

Жилой частный сектор находится на расстоянии 180 метров и попадает в зону средней степени разрушений. В радиусе 401 метр произойдет расстекление промышленных, административных и жилых зданий. Предприятие понесет колоссальный ущерб.

3.3. Разработка рекомендаций по снижению вероятности возникновения чрезвычайной ситуации на газовой котельной.

На основании дерева отказов было выявлено, что наиболее вероятным событием, ведущим к возникновению аварии, является разгерметизация газового оборудования котельной вследствие коррозии металла газового трубопровода или дефектов оборудования газового трубопровода.

С целью повышения надежности системы и уменьшения вероятности возникновения аварийных ситуаций рекомендуется:

- для снижения коррозионной усталости металла газового трубопровода регулярно проводить обработку металла современными покрытиями на полиуретановой основе. Данное покрытие обладает рядом защитных качеств – устойчив к кислотам, влаге, маслам и бензину. Создает хим-, масло-, бензостойкое долговечное антикоррозионное покрытие. Краска выдерживает температурный режим от -50 до $+155$. Недостаток – высокая цена;
- для проверки сварочных швов газового трубопровода использовать ультразвуковой дефектоскоп, например, УД4–76 (версия TOFD). Данный прибор обеспечивает точное определение размеров дефектов, скорость обработки информации, большую производительность.

В связи с тем, что на исследуемом объекте ни разу не было аварий можно сделать вывод, что требования безопасности, регламентируемые нормативными документами, исполняются в полном объеме.

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

Группа	ФИО
3-1E81	Сладкомедов Алексей Николаевич

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	Отделение контроля и диагностики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	20.03.01 «Техносферная безопасность»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад научного руководителя – 35100 руб.; Оклад инженера – 24300 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Дополнительная заработная плата 15%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 1,3%; Размер отчислений во внебюджетные фонды – 30 %.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Расчет инновационного потенциала НИ</i>	Технология QuaD; SWOT-анализ; Оценка научного уровня исследования.
2. <i>Расчет сметы затрат на выполнение проекта</i>	Расчет материальных затрат; Расчет основной и дополнительной заработной платы; Расчет отчислений во внебюджетные фонды; Расчет бюджета проекта.
3. <i>Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности НИ и потенциальных рисков</i>	Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценочная карта конкурентных технических решений</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>График проведения НИ</i>
4. <i>Расчет бюджета затрат НИ</i>
5. <i>Эффективность разработки</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская Марина Витальевна	К.Э.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1E81	Сладкомедов Алексей Николаевич		

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Основной задачей данного раздела является оценка перспективности разработки и планирование финансовой и коммерческой ценности конечного продукта, предлагаемого в рамках НИ.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель работы – оценка полных денежных затрат необходимых для исследования оценки риска чрезвычайных ситуаций на территории предприятия агропромышленного комплекса. Исследование посвящено оценке риска чрезвычайных ситуаций на газовой котельной, так как именно она является самым опасным объектом, находящимся на территориях предприятий агропромышленного комплекса.

4.1 Технология QuaD

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

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты. Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100

– наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле 13:

$$P_{cp} = \sum V_i \cdot B_i, \quad (13)$$

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

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений представлена в Таблице 9.

Таблица 9 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы (максимум 100)			Средневзвешенное значение показателя		
					Относительное значение		
		B_1	B_2	B_3	P_{cp1}	P_{cp2}	P_{cp3}
Показатели оценки качества разработки							
1. Энергоэффективность	0,14	90	70	80	12,6	9,8	11,2
					0,9	0,7	0,8
2. Надежность	0,11	90	80	70	9,9	8,8	7,7
					0,9	0,8	0,7
3. Безопасность	0,18	100	100	90	18	18	16,2
					1	1	0,9
4. Удобство в эксплуатации	0,13	90	90	100	11,7	11,7	13
					0,9	0,9	1
5. Визуализация полученных результатов	0,09	90	80	70	8,1	7,2	6,3
					0,9	0,8	0,7
6. Универсальность метода	0,09	90	80	90	8,1	7,2	8,1
					0,9	0,8	0,9
7. Актуальность продукта	0,12	100	90	60	12	10,8	7,2
					1	0,9	1
Экономические критерии оценки							
8. Цена	0,07	90	100	70	6,3	7	4,9
					0,9	1	0,7

Продолжение Таблицы 9

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы (максимум 100)			Средневзвешенное значение показателя		
					Относительное значение		
		В ₁	В ₂	В ₃	П _{ср1}	П _{ср2}	П _{ср3}
9.Конкурентоспособность	0,07	100	80	90	7	5,6	6,3
					1	0,8	0,9
Итого:	1	840	770	720	93,7	86,1	80,9
					8,4	7,7	7,6

Значение $P_{ср}$ позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя $P_{ср}$ получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной.

По результатам проведенного анализа $P_{ср} = 93,7$, соответственно, работа по оценке риска имеет высокие шансы занять лидирующие позиции на рынке.

4.2 SWOT-анализ

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

SWOT -анализ позволят оценить факторы и явления, способствующие или препятствующие продвижению проекта на рынок.

Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта.

Слабая сторона – это недостаток, упущение или ограниченность проекта, который препятствуют достижению его целей.

Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта,

например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию.

Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем.

Результаты проведенного первого этапа SWOT-анализа представлены в Таблице 10.

Таблица 10 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Выявление, прогноз и предотвращение опасностей; С2. Разработка мероприятий на основе расчета и анализа оценки рисков при ЧС; С3. Доступность оборудования; С4. Наличие финансирования; С5. Разработка, проектирование и внедрение на этапе строительства.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Требуется квалифицированные специалисты; Сл2. Высокая конкурентность; Сл.3 Результат исследования индивидуален и нацелен на определенный объект; Сл.4 Внедрение в производство; Сл.5 Слабый маркетинг</p>
<p>Возможности: В1. Возникновение новых предприятий или увеличение мощностей существующих – рост потребности; В2. Применение на объектах тепловой энергетики; В3. Появление дополнительного спроса (в связи с требованиями контролирующих органов).</p>		

Продолжение Таблицы 10

В4. Отсутствие зависимости от кредитных организаций В5. Внедрение программного обеспечения		
Угрозы: У1. Изменение нормативных требований контролирующих органов; У2. Развитие конкуренции; У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны предприятия. У4. Снижение количества заказчиков У5. Ошибки в расчетах		

После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа. В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT.

Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Интерактивная матрица проекта представлена в Таблице 11.

Таблица 11 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны					Слабые стороны				
		С1	С2	С3	С4	С5	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Возможности проекта	В1	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
	В2	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-
	В3	-	+	+	+	-	+	-	-	+	+

Продолжение Таблицы 11

		Сильные стороны					Слабые стороны				
		С1	С2	С3	С4	С5	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Возможности проекта	В4	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+
	В5	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-
		Сильные стороны					Слабые стороны				
		С1	С2	С3	С4	С5	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Угрозы проекта	У1	+	+	+	-	+	-	-	-	+	-
	У2	-	-	-	+	+	+	+	-	+	+
	У3	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-
	У4	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+
	У5	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей, или слабых сторон и возможностей и т.д.:

Возможности сильных сторон: В1В2С1С2С3С4С5; В3С2С3С4;
В5С1С2С3С4С5.

Возможности слабых сторон: В1В2В3Сл1Сл4;

Угрозы сильных сторон: У1С1С2С3С5;

Угрозы слабых сторон: У2Сл1Сл2Сл5Сл; У4Сл3Сл4Сл5.

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в Таблице 12.

Таблица 12 - Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Выявление, прогноз и предотвращение опасностей; С2. Разработка мероприятий на основе расчета и анализа оценки рисков при ЧС;</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Требуется квалифицированные специалисты. Сл2. Высокая конкурентность</p>
--	---	---

Продолжение Таблицы 12

	<p>С3. Доступность оборудования; С4. Наличие финансирования; С5. Разработка, проектирование и внедрение на этапе строительства.</p>	<p>Сл.3 Результат исследования индивидуален и нацелен на определенный объект Сл.4 Внедрение в производство Сл.5 Слабый маркетинг</p>
<p>Возможности: В1. Возникновение новых предприятий или увеличение мощностей существующих – рост потребности. В2. Применение на объектах тепловой энергетики В3. Появление дополнительного спроса (в связи с требованиями контролирующих органов) В4. Отсутствие зависимости от кредитных организаций В5. Внедрение программного обеспечения</p>	<p>В1В2С1С2С3С4С5 В связи с развитием, ростом промышленности возникает потребность в мощностях, а как следствие в тепловой энергетике, что повлечет за собой необходимость соблюдения требований безопасности и контроля. В5С1С2С3С4С5 Разработка и внедрение программного обеспечения приведет к сокращению времени и трудовых затрат, увеличению объема заказов</p>	<p>В1В2В3Сл1Сл4 Рост промышленности требует квалифицированный персонал, а также способствует внедрению разработки в производство.</p>
<p>Угрозы: У1. Изменение нормативных требований контролирующих органов У2. Развитие конкуренции У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны предприятия У4. Снижение количества заказчиков У5. Ошибки в расчетах</p>	<p>У1С1С2С3С5 Изменение законодательной базы влечет за собой изменение требований, норм и правил, соответственно потребует корректировок в расчетах рисков, либо перерасчет и анализ полностью.</p>	<p>У2Сл1Сл2Сл4 Рост конкуренции влечет за собой дефицит квалифицированных специалистов и как следствие возникают сложности с внедрением в производство. У4Сл3Сл4Сл5 Снижение заказов в связи с ограниченным количеством ОПО</p>

4.3 Структура работ в рамках научного исследования

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки

проведения отдельных работ. В данном пункте составлен полный перечень проводимых работ и определены их исполнители.

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в Таблице 13.

Таблица 13 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор направления исследований	1	Выбор направления исследований	Инженер
	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, Инженер
Разработка технического задания	4	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение исследования, выполнение поставленных научным руководителем задач. Выполнение практической части	Научный руководитель, Инженер
	6	Согласование результатов исследования с научным руководителем	Научный руководитель, Инженер
Обобщение и оценка результатов	7	Анализ и оценка полученных результатов	Инженер
Оформление отчета по НИР	8	Подведение итогов. Выводы. Оформление работы	Инженер

4.4 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования. Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожi}$ используется формула 14:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{мини} + 2t_{маxi}}{5}, \quad (14)$$

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

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

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

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 1-й работы для Инженера составило:

$$t_{ож1И} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8 \text{ чел.-дн.}$$

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

$$t_{ож2И} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 6}{5} = 4,2 \text{ чел.-дн.}$$

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

$$t_{ож3И} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 3}{5} = 2,4 \text{ чел.-дн.}$$

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

$$t_{ож3НР} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \text{ чел.-дн.}$$

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

$$t_{ож4НР} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 5}{5} = 3,2 \text{ чел.-дн.}$$

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

$$t_{ож5И} = \frac{3 \cdot 7 + 2 \cdot 21}{5} = 12,6 \text{ чел.-дн.}$$

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

$$t_{ож5НР} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8 \text{ чел.-дн.}$$

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

$$t_{ож6И} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 10}{5} = 7 \text{ чел.-дн.}$$

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

$$t_{ож6НР} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 3}{5} = 2,4 \text{ чел.-дн.}$$

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

$$t_{ож7И} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 7}{5} = 5,2 \text{ чел.-дн.}$$

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

$$t_{ож8И} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 6}{5} = 4,2 \text{ чел.-дн.}$$

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями (формула 15). Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (15)$$

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

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

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

Продолжительность 1-ой работы:

$$T_{p1и} = \frac{3,8}{1} = 4 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 2-ой работы:

$$T_{p2и} = \frac{4,2}{1} = 4 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 3-ей работы:

$$T_{p3и} = \frac{2,4}{2} = 1 \text{ раб. дн.}$$

$$T_{p3нр} = \frac{1,4}{2} = 1 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 4-ой работы:

$$T_{p4нр} = \frac{3,2}{1} = 3 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 5-ой работы:

$$T_{p5и} = \frac{12,6}{2} = 6 \text{ раб. дн.}$$

$$T_{p5нр} = \frac{2,8}{2} = 1 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 6-ой работы:

$$T_{p6И} = \frac{7}{2} = 4 \text{ раб. дн.}$$

$$T_{p6НР} = \frac{2,4}{2} = 1 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 7-ой работы:

$$T_{p7И} = \frac{5,2}{1} = 5 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 8-ой работы:

$$T_{p8И} = \frac{4,2}{1} = 4 \text{ раб. дн.}$$

Из проведенных расчетов видно, что наибольшую трудоемкость и продолжительность будут иметь 1,2,5,6,7 и 8 работы.

4.5 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта является наиболее удобным и наглядным способом представления графика проведения работ.

Диаграмма Ганта представляет собой отрезки, размещенные на горизонтальной шкале времени. Каждый отрезок соответствует отдельной задаче или подзадаче. Начало, конец и длина отрезка на шкале времени соответствуют началу, концу и длительности задачи.

Для построения графика Ганта, следует, длительность каждой из выполняемых работ из рабочих дней перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться формулой 16, для каждого исполнителя расчеты производятся индивидуально:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (16)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по формуле 17:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (17)$$

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

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

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

Коэффициент календарности в 2023 году составит:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48$$

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

Продолжительность выполнения 1-й работы в календарных днях:

$$T_{k1и} = 4 \cdot 1,48 = 6$$

Продолжительность выполнения 2-й работы в календарных днях:

$$T_{k2и} = 4 \cdot 1,48 = 6$$

Продолжительность выполнения 3-й работы в календарных днях:

$$T_{k3и} = 1 \cdot 1,48 = 1$$

$$T_{k3нр} = 1 \cdot 1,48 = 1$$

Продолжительность выполнения 4-й работы в календарных днях:

$$T_{k4и} = 3 \cdot 1,48 = 4$$

Продолжительность выполнения 5-й работы в календарных днях:

$$T_{k5и} = 6 \cdot 1,48 = 9$$

$$T_{kнр6} = 1 \cdot 1,48 = 1$$

Продолжительность выполнения 6-й работы в календарных днях:

$$T_{k6и} = 4 \cdot 1,48 = 6$$

$$T_{k6нр} = 1 \cdot 1,48 = 1$$

Продолжительность выполнения 7-й работы в календарных днях:

$$T_{k7и} = 5 \cdot 1,48 = 7$$

Продолжительность выполнения 8-й работы в календарных днях:

$$T_{k8и} = 4 \cdot 1,48 = 6$$

Все значения, полученные при расчетах по вышеприведенным формулам, были сведены в Таблице 14.

Таблица 14 – Временные показатели проведенного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожi}$, чел-дни					
	И	НР	И	НР	И	НР	И	НР	И	НР
1. Выбор направления исследования	3	–	5	–	3,8	–	4	–	6	–
2. Подбор и изучение материалов по теме	3	–	6	–	4,2	–	4	–	6	–
3. Календарное планирование работ по теме	2	1	3	2	2,4	1,4	1	1	1	1
4. Составление и утверждение технического задания	–	2	–	5	–	3,2	–	3	–	4
5. Проведение исследования, выполнение поставленных научным руководителем задач. Выполнение практической части	7	2	21	4	12,6	2,8	6	1	9	1
6. Согласование результатов исследования с научным руководителем	5	2	10	3	7	2,4	4	1	6	1
7. Анализ и оценка полученных результатов	4	–	7	–	5,2	–	5	–	7	–
8. Подведение итогов. Выводы. Оформление работы	3	–	6	–	4,2	–	4	–	6	–

На основании Таблицы 14 построен календарный план-график. График (Таблица 15) был построен для максимального по длительности исполнения работ

в рамках научно-исследовательского проекта на основе таблицы с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы Инженера и Научного руководителя выделены черным и синим цветом.

Таблица 15 – Календарный план-график

№	Вид работ	Исполнители	Т _{кi} , кал. дн	Продолжительность работ																
				февраль		март		апрель		май										
1	Выбор направления исследования	И	6	■																
2	Подбор и изучение материалов по теме	И	6		■															
3	Календарное планирование работ по теме	И, НР	2				■													
4	Составление и утверждение технического задания	И	4				■													
5	Проведение исследования, выполнение поставленных научным руководителем задач. Выполнение практической части	И, НР	10				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6	Согласование результатов исследования с научным руководителем	И, НР	7					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
7	Анализ и оценка полученных результатов	И	7										■	■	■	■	■	■	■	■
8	Подведение итогов. Выводы. Оформление работы	И	6																■	■

И - ■

НР - ■

4.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

1. Материальные затраты.
2. Основная и дополнительная ЗП.
3. Социальные отчисления.
4. Прямые затраты.
5. Накладные расходы.

4.6.1 Расчет материальных затрат НТИ

При планировании бюджета научно-техническое исследование должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле 18:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расх\ i}, \quad (18)$$

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 16 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед., руб.		Затраты на материалы, руб.	
		НР	И	НР	И	НР	И
Блокнот	шт.	1	1	165	165	165	165
Бумага А 4	лист	30	180	3	3	90	540
Картридж	шт.	0	1	0	670	0	670
Ручка	шт.	1	1	56	56	56	56
Карандаш	шт.	1	1	23	23	23	23
Ластик	шт.	1	1	20	20	20	20
Итого:						354	1474

Допустим, что коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы составляет 20 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом коэффициента равны:

$$Z_{мНР} = 1,2 \cdot 354 = 424,8 \text{ руб.}$$

$$Z_{мИ} = 1,2 \cdot 1474 = 1768,8 \text{ руб.}$$

4.6.2 Расчет основной заработной платы исполнителей темы

Заработная плата Научного руководителя и Инженера включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату, формула 19

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (19)$$

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

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

Основная заработная плата ($З_{осн}$) Научного руководителя и Инженера рассчитана по формуле 20

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (20)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн;

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 21

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} \quad (21)$$

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 17 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочего времени (выходные и праздничные дни)	67	118
Потери рабочего времени		
-отпуск	48	24
-невыходы по болезни	0	10
Действительный годовой фонд рабочего времени	250	213

Месячный должностной оклад Научного руководителя, формула 22:

$$Z_M = Z_{\text{окл}} \cdot k_p, \quad (22)$$

где $Z_{\text{окл}}$ – оклад, 35100руб.;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Месячный должностной оклад Научного руководителя темы, руб.:

$$Z_{\text{МНР}} = 35100 \cdot 1,3 = 45630 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад Инженера, руб.:

$$Z_{\text{МИ}} = 24300 \cdot 1,3 = 31590 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата Научного руководителя, руб.:

$$Z_{\text{днНР}} = \frac{45630 \cdot 10,4}{250} = 1898,20 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата Инженера, руб.:

$$Z_{\text{днИ}} = \frac{31590 \cdot 11,2}{213} = 1661,07 \text{ руб.}$$

Рассчитаем рабочее время:

Руководитель: $T_{\text{рНР}} = 7$ раб.дней

Инженер: $T_{\text{рИ}} = 41$ раб.дней

Основная заработная плата Научного руководителя составила:

$$Z_{\text{оснНР}} = 1898,20 \cdot 7 = 13287,40 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата Инженера составила:

$$Z_{\text{оснИ}} = 1661,07 \cdot 41 = 68103,87 \text{ руб.}$$

Расчет основной заработной платы представлен в Таблице 18.

Таблица 18 – Расчет основной заработной платы Научного руководителя и Инженера

Исполнители	З _{гс} , руб.	к _{пр}	к _р	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	Т _р , раб. дни	З _{осн} , руб.
Научный руководитель	35100	–	1,3	45630	1898,20	7	13287,40
Инженер	24300	–	1,3	31590	1661,07	41	68103,87
ИТОГО З _{осн} :							81391,27

4.6.3 Расчет дополнительной заработной платы

Дополнительная заработная плата учитывает величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы рассчитывается по формуле 23:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (23)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы - 0,15.

Дополнительная заработная плата Научного руководителя составила:

$$Z_{\text{допНР}} = 0,15 \cdot 13287,40 = 1993,11 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата Инженера составила:

$$Z_{\text{допИ}} = 0,15 \cdot 38103,87 = 5715,58 \text{ руб.}$$

Таблица 19 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	к _{доп}	З _{осн} , руб.	З _{доп} , руб.
Научный руководитель	0,15	13287,40	1993,11
Инженер	0,15	38103,87	5715,58
ИТОГО:			7708,69

4.6.4 Амортизация основных фондов

В элементе «Амортизация основных фондов» отражаются суммарные амортизационные отчисления на полное восстановление основных производственных фондов.

В процессе работы используется ноутбук Aser, стоимостью 55000 рублей, принтер струйный Epson, стоимостью 6300 руб. Общая стоимость оборудования составляет: 61300 руб. формула амортизации основных фондов 24.

$$Z_{ам} = (T_{исп} / T_{год}) \cdot N_a \cdot \Phi, \quad (24)$$

где $T_{исп}$ – период пользования техникой, $T_{ис} = 60$ дней;

$T_{год}$ – количество дней в году, $T_{год} = 365$ дней;

$T_{сл}$ срок службы оборудования = 5 лет;

N_a – норма амортизации, $N_a = 1/T_{сл} = 1/5 = 0,2$

Φ – стоимость оборудования, тыс/руб.

$$Z_{ам} = (41 / 365) \cdot 0,2 \cdot 55000 = 1235,62 \text{ руб. (ноутбук)}$$

$$Z_{ам} = (5 / 365) \cdot 0,2 \cdot 6300 = 17,26 \text{ руб. (принтер)}$$

Таблица 20 – Расчет амортизации оборудования

Наименование оборудования	Количество	Φ , руб.	N_a	$T_{исп}$	$Z_{ам}$, руб.
Ноутбук Aser	1	55000	0,2	41	1235,62
Принтер струйный Epson	1	6300	0,2	5	17,26
Итого:					1252,88

4.6.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы 25:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (25)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.), с 2023 года установлен в размере 30%. (Федеральный закон от 14 июля 2022 г. № 239-ФЗ).

$$Z_{внебНР} = 0,3 \cdot (13287,40 + 1993,11) = 4584,15 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{внебИ}} = 0,3 \cdot (38103,87 + 5715,58) = 13145,83 \text{ руб.}$$

Таблица 21 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Научный руководитель	Инженер
Основная заработная плата, руб.	13287,40	38103,87
Дополнительная заработная плата, руб.	1993,11	5715,58
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Сумма отчислений, руб.	4584,15	13145,83
ИТОГО:	17729,98	

4.6.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: оплата услуг связи, электроэнергии т.д. Их величина определяется по формуле 26:

$$З_{\text{нак}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (26)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,16.

$$З_{\text{нак НР}} = (424,8 + 13287,40 + 1993,11 + 0 + 4584,15) \cdot 0,16 = 3246,31 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{нак И}} = (1768,8 + 38103,87 + 5715,58 + 1252,88 + 13145,83) \cdot 0,16 = 9597,91 \text{ руб.}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НТИ по форме, приведенной в Таблице 22.

Таблица 22 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	НР	И
1. Материальные затраты НТИ, руб.	424,8	1768,8
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы, руб.	13287,40	38103,87
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы, руб.	1993,11	5715,58
4. Отчисления во внебюджетные фонды, руб.	4584,15	13145,83
5. Накладные расходы, руб.	3246,31	9597,91
6. Бюджет затрат НТИ, руб.	23535,77	68331,99
7. Итого общие затраты (НР+И):	91867,76	

4.7 Определение ресурсоэффективности исследования

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (Таблица 26). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения. Интегральный финансовый показатель разработки определяется как (27):

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (27)$$

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

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

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

$$I_{\text{финр}}^1 = \frac{\Phi_1}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{91867,76}{106823} = 0,86$$

$$I_{\text{финр}}^2 = \frac{\Phi_2}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{83321,94}{106823} = 0,78$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

4.7.1 Интегральный показатель ресурсоэффективности

В данном разделе необходимо произвести оценку ресурсоэффективности проекта, определяемую посредством расчета интегрального критерия, по следующей формуле 28:

$$I_{ri} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (28)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 = 4,8$$

$$I_{p2} = 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 = 3,45$$

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в форме таблицы (Таблица 23).

Таблица 23 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Проект 1	Проект 2
Рост производительности труда	0,2	5	5
Надежность	0,15	5	4
Быстрота проведения контроля	0,1	4	3
Безопасность	0,2	5	4
Экологичность	0,15	5	5
Простота эксплуатации	0,1	4	4
Энергосбережение	0,1	5	5
Итого:	1	4,8	3,45

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.1}$ и $I_{исп.2}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле 29:

$$I = \frac{I_p}{I_{фин}}, \quad (29)$$

$$I_{p1} = \frac{4,8}{0,86} = 5,58$$

$$I_{pHP} = \frac{3,45}{0,78} = 4,42$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (Таблица

24) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$), формула 30:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп1}}}{I_{\text{исп2}}}, \quad (30)$$

Таблица 24 – Эффективность разработки

№	Показатели	Проект 1	Проект 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,86	0,78
2	Интегральный показатель ресурсоэффективной разработки	4,8	3,45
3	Интегральный показатель эффективности	5,58	4,42
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,87

В результате выполнения изначально сформулированных целей раздела, можно сделать следующие выводы:

1. При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для Научного руководителя и Инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Были определены: общее количество календарных дней, в течение которых работал Инженер – 41 и общее количество календарных дней, в течение которых работал Научный руководитель – 7;
2. Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 91867,76 руб;
3. По факту оценки эффективности разработки, можно сделать выводы:
 - Значение интегрального финансового показателя составляет 0,86, что является показателем того, что работа является финансово выгодной, по сравнению с аналогами;
 - Значение интегрального показателя ресурсоэффективности составляет 4,8, по сравнению с 3,45;
 - Значение интегрального показателя эффективности составляет 5,58 по сравнению с 4,42 и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в работе, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-1E81	Сладкомедов Алексей Николаевич

Школа	ИШНКБ	Отделение (НОЦ)	Отделение контроля и диагностики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	20.03.01 «Техносферная безопасность»

«Оценка риска чрезвычайных ситуаций на территории предприятия агропромышленного комплекса» (на примере газовой котельной)

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: газовая котельная мясоперерабатывающего предприятия в г. Томске. Рабочее место оператора газовой котельной
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов</p> <ul style="list-style-type: none"> • Природа воздействия • Действие на организм человека • Нормы воздействия и нормативные документы (для вредных факторов) • СЗ коллективные и индивидуальные <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Термические источники опасности • Электробезопасность • Пожаробезопасности 	<p>1. Вредные факторы:</p> <p>1.1 Нарушения микроклимата, оптимальные и допустимые параметры;</p> <p>1.2 Шум, ПДУ, СКЗ, СИЗ;</p> <p>1.3 Повышенный уровень электромагнитного излучения, ПДУ, СКЗ, СИЗ;</p> <p>1.4 Недостаточная освещенность. Проведен расчет освещения рабочего места; представлен рисунок размещения светильников на потолке с размерами в системе СИ;</p> <p>2. Опасные факторы:</p> <p>2.1. Электроопасность; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы I, U, R_{заземления}, СКЗ, СИЗ;</p> <p>2.2 Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения.</p>
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Выбросы в окружающую среду • Решения по обеспечению экологической безопасности 	<p>Наличие промышленных отходов (бумага-черновики, вторцвет- и чермет, пластмасса, перегоревшие люминесцентные лампы, оргтехника) и способы их утилизации;</p>

<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <p>1.перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</p> <p>2.разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</p> <p>3.разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</p>	<p>Рассмотрены 2 ситуации ЧС:</p> <p>1. природная – сильные морозы зимой, (аварии на электро-, тепло-коммуникациях, водоканале, транспорте);</p> <p>2. техногенная – несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (возможны проявления вандализма, диверсии, промышленного шпионажа), представлены мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае.</p>
<p>4. Перечень нормативно-технической документации.</p>	<p>– ГОСТы, СанПиНы, СНИПы</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	20.04.2023 г.
--	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Федорчук Ю.М.	д.т.н.		20.04.2023 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1E81	Сладкомедов Алексей Николаевич		20.04.2023 г.

5. Социальная ответственность

Введение

Социальная ответственность – это осознанное отношение субъекта социальной деятельности к требованиям социальной необходимости, гражданского долга, социальных задач, норм и ценностей, понимание последствий осуществляемой деятельности для определенных социальных групп и личностей, для социального прогресса общества.

Иными словами, социальная ответственность предприятия – это ответственность перед своими сотрудниками не только в получении прибыли, развитии и усовершенствовании производства, но и ответственное отношение к персоналу, сохранению жизни и здоровья, а также уменьшения негативных последствий для человека занятого трудовой деятельностью. В том числе это ответственное применение современных технологий по очистке, переработке, учёту, нейтрализации отходов производства или побочной продукции, повышение экологической эффективности производства.

В ходе работы была рассмотрена котельная мясоперерабатывающего предприятия в г. Томске, произведены оценка условий труда на рабочем месте оператора котельной и анализ вредных и опасных факторов труда, а также разработаны меры защиты от них.

Производственная безопасность

Оператор котельной в процессе работы может подвергаться влиянию следующих вредных и опасных факторов:

- Вредные факторы: неудовлетворительный микроклимат; превышение уровней шума; повышенный уровень электромагнитного излучения; недостаточное освещение;
- Опасные факторы: поражение электрическим током; пожароопасность

5.1. Вредные факторы

5.1.1. Отклонение показателей микроклимата в помещении

Проанализируем микроклимат в помещении, где находится рабочее место.

Санитарные правила устанавливают гигиенические требования к показателям микроклимата рабочих мест производственных помещений с учетом интенсивности энергозатрат работающих, времени выполнения работы, периодов года. Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения

Все это влияет на организм человека, определяя его самочувствие.

Оптимальные и допустимые значения параметров микроклимата приведены в таблицах 25 и 26.

Таблица 25 – Оптимальные нормы микроклимата

Период года	Температура воздуха, С°	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	19–23	40-60	0.1
Теплый	23–25		0.2

Таблица 26 – Допустимые нормы микроклимата

Период года	Температура воздуха, С°		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
	Нижняя допустимая граница	Верхняя допустимая граница		
Холодный	15	24	20–80	<0.5
Теплый	22	28	20–80	<0.5

Общая площадь рабочего помещения составляет $12,5 \text{ м}^2$, объем составляет $41,25 \text{ м}^3$. По СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 санитарные нормы составляют $6,5 \text{ м}^2$ и 20 м^3 объема на одного человека. Исходя из приведенных выше данных, можно сказать, что количество рабочих мест соответствует размерам помещения по санитарным нормам.

После анализа габаритных размеров рассмотрим микроклимат в этой комнате. В качестве параметров микроклимата рассмотрим температуру, влажность воздуха, скорость движения воздуха.

В помещении осуществляется естественная вентиляция посредством наличия легко открываемых оконных проемов (форточки), а также дверного проема. По зоне действия такая вентиляция является общеобменной. Основным недостатком - приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания.

Согласно нормам СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 объем воздуха необходимый на одного человека в помещении без дополнительной вентиляции должен быть более 40 м^3 . В нашем случае объем воздуха на одного человека составляет $41,25 \text{ м}^3$, что входит в норму. Следовательно, дополнительная вентиляция не требуется.

Параметры микроклимата поддерживаются в холодное время года за счет систем водяного отопления с нагревом воды до 100°C , а в теплое время года – за счет кондиционирования, с параметрами согласно таблице 2. Нормируемые параметры микроклимата, ионного состава воздуха, содержания вредных веществ должны соответствовать требованиям ГН 2.2.5.1313–03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата в рабочем помещении оператора газовой котельной соответствуют нормам.

5.1.2. Превышение уровней шума

Одним из наиболее распространенных в производстве вредных факторов является шум. Он создается вентиляционным и рабочим оборудованием, преобразователями напряжения, рабочими лампами дневного света, а также

проникает снаружи. Шум вызывает головную боль, усталость, бессонницу или сонливость, ослабляет внимание, память ухудшается, реакция уменьшается.

Источники шума в котельной - это котел, вентилятор горелки, горелочное устройство, насосное оборудование, работа предохранительных клапанов, дымосос, движение воды и пара в трубопроводах. Шум в котельной является постоянным широкополосным. В помещении операторской источниками шума является персональный компьютер и кондиционер.

Согласно СанПиН 2.2.2 / 2.4.1340–03, при выполнении основных работ на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 80 дБА.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть средства индивидуальной защиты (СИЗ) и средства коллективной защиты (СКЗ) от шума.

Средства коллективной защиты:

1. устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;
2. изоляция источников шума от окружающей среды (применение глушителей, экранов, звукопоглощающих строительных материалов, например любой пористый материал – шамотный кирпич, микропористая резина, поролон и др.);
3. применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения;

Средства индивидуальной защиты;

1. применение спецодежды и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

Допустимые уровни шума на рабочем месте оператора газовой котельной соответствуют нормам.

5.1.3.Повышенный уровень электромагнитных излучений

Источником электромагнитных излучений в нашем случае являются дисплеи ПЭВМ. Монитор компьютера включает в себя излучения рентгеновской,

ультрафиолетовой и инфракрасной области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50 см вокруг ВДТ не должна превышать 25В/м в диапазоне от 5Гц до 2кГц, 2,5В/м в диапазоне от 2 до 400кГц [1]. Плотность магнитного потока не должна превышать в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц 250нТл, и 25нТл в диапазоне от 2 до 400кГц. Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500В [1]. В ходе работы использовалась ПЭВМ типа Acer VN7 – 791 со следующими характеристиками: напряженность электромагнитного поля 2,5В/м; поверхностный потенциал составляет 450 В (основы противопожарной защиты предприятий ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010–76.).

При длительном постоянном воздействии электромагнитного поля (ЭМП) радиочастотного диапазона при работе на ПЭВМ у человеческого организма сердечно-сосудистые, респираторные и нервные расстройства, головные боли, усталость, ухудшение состояния здоровья, гипотония, изменения сердечной мышцы проводимости. Тепловой эффект ЭМП характеризуется увеличением температуры тела, локальным селективным нагревом тканей, органов, клеток за счет перехода ЭМП на теплую энергию.

Предельно допустимые уровни облучения (по ГОСТ 54 30013–83):

- а) до 10 мкВт/см², время работы (8 часов);
- б) от 10 до 100 мкВт/см², время работы не более 2 часов;
- в) от 100 до 1000 мкВт/см², время работы не более 20 мин. при условии пользования защитными очками;
- г) для населения в целом ППМ не должен превышать 1 мкВт/см².

Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения осуществляется следующими способами:

Средства коллективной защиты:

1. защита временем;
2. защита расстоянием;

3. снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения;

4. заземление экрана вокруг источника;

5. защита рабочего места от излучения;

Средства индивидуальной защиты:

1. Очки и специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани (кольчуга). При этом следует отметить, что использование СИЗ возможно при кратковременных работах и является мерой аварийного характера. Ежедневная защита обслуживающего персонала должна обеспечиваться другими средствами.

2. Вместо обычных стекол используют стекла, покрытые тонким слоем золота или диоксида олова (SnO_2).

5.1.4. Недостаточная освещенность.

Для обеспечения требуемой освещенности необходимо использовать совмещенное освещение, создаваемое сочетанием естественного и искусственного освещения. При данном этапе развития осветительной техники целесообразно использовать люминесцентные лампы, которые по сравнению с лампами накаливания имеют большую светоотдачу на ватт потребляемой мощности и более естественный спектр.

Минимальный уровень средней освещенности на рабочих местах с постоянным пребыванием людей должен быть не менее 200 лк.

В расчётном задании должны быть решены следующие вопросы:

- выбор системы освещения;
- выбор источников света;
- выбор светильников и их размещение;
- выбор нормируемой освещённости;
- расчёт освещения методом светового потока.

В данном расчётном задании для помещения рассчитывается общее равномерное освещение. Данные для расчета приведены в Таблице 27.

Таблица 27 - Габариты помещения

Параметр	Обозначение	Значение, м
Длина	A	5,45
Ширина	B	2,3
Высота помещения	H	3,3

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен.

Световой поток лампы определяется по формуле 31:

$$\Phi_{\text{рас}} = E_{\text{н}} \cdot S \cdot K_3 \cdot Z / N \cdot \eta \quad (31)$$

Где $E_{\text{н}}$ – нормируемая минимальная освещённость по СНиП 23–05–95 лк;

S – площадь освещаемого помещения, 12,5 м²;

K_3 – коэффициент запаса люминесцентных ламп, учитывающий загрязнение светильника (источника света, свето-технической арматуры, стен и пр., т. е. отражающих поверхностей), наличие в атмосфере дыма, пыли;

Z – коэффициент неравномерности освещения, отношение $E_{\text{ср}}/E_{\text{мин}}$. Для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным 1,1;

N – число ламп в помещении;

η – коэффициент использования светового потока.

Коэффициент использования светового потока показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Он зависит от индекса помещения i , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью h и коэффициентов отражения стен ρ_c и потолка ρ_n .

Индекс помещения определяется по формуле 32:

$$i = S / h \cdot (A + B) \quad (32)$$

Проведем расчет индекса помещения:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)} = \frac{12,5}{2,1 \cdot (5,45 + 2,3)} = 0,77$$

Согласно этим данным коэффициент использования светового потока будет равен 0,38.

Коэффициенты отражения оцениваются субъективно [БЖД Практикум 2009–2020].

Выбираем тип источника света. Наиболее подходящим вариантом является 65 ваттная лампа ЛБ, у которой $\Phi=4600$ лм. Для выбранного типа лампы подходит светильник ОД–2–80 с размерами: длина = 1531 мм, ширина = 266 мм, высота – 198 мм.

Находим количество ламп для помещения (формула 33)

$$N = E_n \cdot S \cdot K_z \cdot Z / \Phi \cdot \eta$$

$$N = 200 \cdot 12,5 \cdot 1,3 \cdot 1,1 / 4600 \cdot 0,38 = 2,045 \quad (33)$$

Принимаем $N = 2$ лампы или 1 светильник.

Определим световой поток расчетный (формула 34):

$$\Phi = E_n \cdot S \cdot K_z \cdot Z / N \cdot \eta \quad (34)$$

$$\Phi = 200 \cdot 12,5 \cdot 1,3 \cdot 1,1 / 2 \cdot 0,38 = 4703 \text{ лм};$$

Проведем проверку выполнения условия соответствия:

$$- 10\% \leq ((\Phi_{\text{расч}} - \Phi_{\text{станд}}) / \Phi_{\text{расч}}) \cdot 100\% \leq + 20\%$$

Подставляя численные значения получаем:

$$- 10\% \leq (4703 - 4600) / 4703 \cdot 100\% \leq + 20\%$$

$$- 10\% \leq 0,02\% \leq + 20\%$$

Результат расчета укладывается в допустимые пределы.

Определим мощность осветительной установки по формуле 35:

$$P = N \cdot P_i = 2 \cdot 65 \text{ Вт} = 130 \text{ Вт}. \quad (35)$$

Определим расстояние между 2 лампами: $L = \lambda \cdot h = 1,3 \cdot 1,8 = 2,34$ м, таким образом, на потолок длиной 5,45 м и шириной 2,3 м поместится две лампы.

Размещаем светильник посередине помещения: определим расстояния между светильниками по длине и ширине помещения.

$$L_A = (5450 - 1531) / 2 = 1959 \text{ мм};$$

$$L_B = (2300 - 266) / 2 = 1,019 \text{ м};$$

Расстояние от стен не считаю, так как оно уже включено в L_A , L_B

Рисуем схему размещения светильников на потолке для обеспечения общего равномерного освещения (рисунок 7).

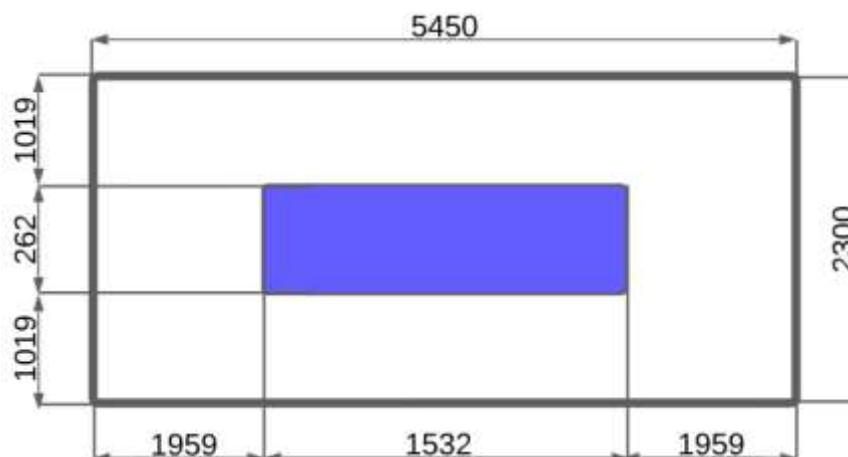


Рисунок 7 – План размещения светильника на потолке

Что касается рабочего места оператора котельной – уровень средней освещенности рабочего места соответствует требованиям, в операторной установлен светильник с двумя лампами требуемой мощности.

5.2. Опасные факторы

5.2.1. Электробезопасность. Поражение электрическим током

К опасным факторам можно отнести наличие в помещении большого количества аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50Гц. По опасности электропоражения операторная котельной относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствует повышенная влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения токоведущих элементов с заземленными металлическими корпусами оборудования [6].

Операторная относится к помещению без повышенной опасности поражения электрическим током. Безопасными номиналами являются: $I < 0,1 \text{ А}$; $U < (2-36) \text{ В}$; $R_{\text{зазем}} < 4 \text{ Ом}$.

Для защиты от поражения электрическим током используют:

Средства коллективной защиты:

1. защитное заземление, зануление;
2. малое напряжение;

3. электрическое разделение сетей;
4. защитное отключение;
5. изоляция токоведущих частей;
6. оградительные устройства.
7. использование щитов, барьеров, клеток, ширм, а также заземляющих и шунтирующих штанг, специальных знаков и плакатов.

Средства индивидуальной защиты:

1. Использование диэлектрических перчаток, изолирующих клещей и штанг, слесарных инструментов с изолированными рукоятками, указатели величины напряжения, калоши, боты, подставки и коврики.

5.2.2. Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1-В4, Г и Д.

Согласно НПБ 105–03 операторная газовой котельной относится к категории В – горючие и трудно горючие жидкости, твердые горючие и трудно горючие вещества и материалы, вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых находится, не относятся к категории наиболее опасных А или Б.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02–85 (выполнено из кирпича, которое относится к трудносгораемым материалам).

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера: халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП–10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ–2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000В. Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например, ОП–5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Для предупреждения пожара и взрыва необходимо предусмотреть:

1. первичные средства пожаротушения на производственных участках (передвижные углекислые огнетушители ГОСТ 9230–77, пенные огнетушители ТУ 22–4720–80, ящики с песком, войлок, кошма или асбестовое полотно);
2. автоматические сигнализаторы (типа СВК–3 М 1) для сигнализации о присутствии в воздухе помещений предвзрывных концентраций горючих паров растворителей и их смесей.

В связи с тем, что в котельной с постоянными рабочими местами находятся менее 10 человек план эвакуации не требуется (Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 N 1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации»).

Согласно проведенному анализу на котельной выполняются требования пожарной безопасности, а именно наличие охранно-пожарной сигнализации,

порошковых огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу.

5.2.3. Экологическая безопасность

Согласно Федеральному закону от 21.07.1997 № 116–ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» газовая котельная относится к категории ОПО. Рассматриваемая котельная относится к III классу опасности **Ошибка! Источник ссылки не найден..**

Объем и состав загрязняющих веществ существенно зависят от типа используемого топлива, способа и качества его сгорания, конструктивных особенностей котла и горелки.

Так, основными вредными веществами, загрязняющими атмосферу в результате сгорания топлива, являются:

- летучие углеводороды – на всех видах топлива;
- окись углерода – на всех видах топлива;
- оксиды серы – при сжигании твердого и жидкого топлива;
- оксиды азота – на всех видах топлива;
- зола – на всех видах топлива, кроме газообразного;
- окислы ванадия – только при сжигании жидкого топлива;
- бензопирен – только при сжигании газообразного и жидкого топлива.

Производственные процессы котельных состоят из многочисленных процессов, в результате которых образуются отбросы, т.е. промышленные отходы.

Промышленные отходы сохраняют, накапливают, вывозят и сдают на специализированные предприятия, которые перерабатывают отходы или утилизируют их (захоронение согласно требованиям). Предварительно проводят их обеззараживание.

Так, например, отделяют металлические детали от неметаллов; разделяют углеродистые металлы от цветмета; пластмассовые изделия (крупногабаритные) измельчают для уменьшения объема; копир-порошок упаковывают в отдельную

упаковку, точно также, как и все проклассифицированные и измельченные компоненты оргтехники; люминесцентные лампы упаковывают в картонную коробку, бумагу или тонкий мягкий картон, предохраняющий лампы от взаимного соприкосновения и случайного механического повреждения. Недопустимо выбрасывать отработанные энергосберегающие лампы вместе с обычным мусором, превращая его в ртутьсодержащие отходы, которые загрязняют ртутными парами.

Таким образом, на рассматриваемой котельной применяются специальные комплексные методы утилизации. Накапливанию до объема одной машины и передаче специализированным предприятиям (например, ООО "Утилитсервис" – г. Томск, ул. Пушкина, 61, «ЭкоАрхитектура» Томск пр. Ленина, 110, оф. 465 и др.) подлежат бумага, люминесцентные лампы, черный и цветные металлы, пластик, детали или части оргтехники и т.д.

5.2.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация – это совокупность условий и обстоятельств, создающих опасную для жизнедеятельности человека обстановку на конкретном объекте, территории, возникших в результате совершившейся аварии или катастрофы, опасного природного явления.

По общему характеру источников возникновения чрезвычайные ситуации делятся на:

- природные – опасные природные явления и процессы (геологические, гидрологические и метеорологические, а также природные пожары);
- техногенные – промышленные аварии и катастрофы, пожары, взрывы, опасные происшествия на транспорте или транспортные аварии.

Котельная входит в состав мясоперерабатывающего предприятия г.Томск, здесь континентально-циклонический климат – переходная стадия от умеренного к резко-континентальному климату. Зима суровая, бывают морозы до 30–45 градусов ниже нуля.

Поэтому причиной ЧС природного характера могут быть морозы. Сильные морозы и резкие перепады температуры вызывают разрывы труб теплосетей, из-за чего перестают работать котельные.

Подготовку котельного оборудования к холодам рекомендуется проводить задолго до их наступления. Своевременное выявление и устранение поломок и недочетов позволит избежать аварийных ситуаций осенью и зимой, когда бесперебойная работа котельной жизненно необходима.

При подготовке к зиме следует предусмотреть:

- газобаллонные калориферы (запасные обогреватели),
- дизель или бензоэлектрогенераторы;
- запасы питьевой и технической воды на складе (не менее 30 л на 1 человека);
- теплый транспорт для доставки работников на работу и с работы домой в случае отказа муниципального транспорта.

Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

Причиной техногенных аварии может стать человеческий фактор (ошибки обслуживающего персонала), нарушений герметичности газопровода и его соединений, утечка газа, взрыв котла и т.д.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии на предприятии есть круглосуточная охрана, система видеонаблюдения, действует строгий пропускной режим, а также исключены распространение информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве.

Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

5.2.5. Перечень НТД

1. ГОСТ 12.4.154–85 “ССБТ. Устройства, экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты”

2. ГН 2.2.5.1313–03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны
3. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055–96 "Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)".
4. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
5. ГОСТ Р 12.1.019–2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
6. ГОСТ 12.1.030–81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
7. ГОСТ 12.1.004–91. Пожарная безопасность. Общие требования.
8. ГОСТ 12.2.037–78. Техника пожарная. Требования безопасности
9. СанПиН 2.1.6.1032–01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха
10. ГОСТ 30775–2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.
11. СНиП 21–01–97. Противопожарные нормы.
12. Правила противопожарного режима в Российской Федерации (Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 № 1479)
13. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116–ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

Заключение

В ходе работы на основе статистических данных было выявлено, что самыми опасными авариями на предприятиях АПК является аварии на газовых котельных.

Была изучена и проанализирована нормативно-правовая база в области обеспечения промышленной безопасности при эксплуатации газовых котельных.

Был проанализирован исследуемый объект, построены «дерево отказов», «дерево событий», на основе которых определен риск аварии на газовой котельной, который составит $5 \cdot 10^{-3}$. Указанные методы анализа наглядно показали, что самой вероятной аварийной ситуацией на газовой котельной является разгерметизация газового трубопровода, утечка газа. Самый неблагоприятный сценарий аварии – сценарий 2: разгерметизация газового оборудования, утечка газа – накопление ГВС в помещении – возникновение источника зажигания – избыточное давление – взрыв – огненный шар, тепловое излучение – ударная волна.

Для расчета параметров зон поражения в результате взрыва на газовой котельной и пострадавших людей был выбран наихудший вариант развития аварии – несрабатывания контрольной аппаратуры, заполнение всего помещения котельной ГВС с последующим взрывом. Согласно расчетам, промышленные здания предприятия попадут в зону полной и сильной степени разрушения, административное в зону средней степени разрушения. Погибнет 282 человека. Жилые здания (частный сектор) расположены на расстоянии 180 метров и попадают в зону средней степени разрушения, но, важно отметить, что между зданием котельной и жилым массивом частного сектора находится плотная застройка промышленных, вспомогательных зданий, имеются деревья, поэтому, можно предположить, что степень разрушения снизится.

Даны рекомендации по снижению вероятности возникновения ЧС на газовой котельной: использовать краски на полиуретановой основе для покрытия металла газовых трубопроводов, для проверки сварочных швов газового трубопровода использовать ультразвуковой дефектоскоп.

Список литературы

1. Словари и энциклопедии на Академике : электронная библиотека [Электронный ресурс]: сайт. - URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/236487?ysclid=ligbvvu044238248316>, (дата обращения: 01.05.2023).
2. Ежегодные отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, Ростехнадзор: официальный сайт/ URL: https://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/?ysclid=li8v28jnrc257080307 (дата обращения: 10.05.2023).
3. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116–ФЗ (ред. от 11.06.2021) «О промышленной безопасности опасных производственных процессов».
4. СНиП II–35–76 «Котельные установки».
5. «Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением» (приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 года № 536).
6. ПБ 10–574–03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов».
7. Общие требования к системам автоматики безопасности, регулирования, контроля и управления оборудованием котельных [Электронный ресурс]: Энциклопедия теплоснабжения «Ростепло» сайт/URL: https://www.rosteplo.ru/w/Общие_требования_к_системам_автоматики_безопасности_регулирования_контроля_и_управления_оборудованием_котельных, (дата обращения: 25.05.2023).
8. ГОСТ 34741–2021. Межгосударственный стандарт. Системы газораспределительные. Требования к эксплуатации сетей газораспределения природного газа.
9. «Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок» (приказ Министерства энергетики РФ от 24.03.2003 № 115).

10. Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах», утв. Приказом Ростехнадзора от 11.04.2016 №144.
11. Безбородова О. Е., под редакцией Вершининой В.В. «Анализ риска опасных производственных объектов», [Электронный ресурс]/ Методические указания к практическим занятиям по курсу «Управление техносферной безопасностью» 2014, С–21/ URL: https://eco.pnzgu.ru/files/eco.pnzgu.ru/mu_k_przananaliz_riska.pdf?ysclid=li3d1oh5uо912200175/, (дата обращения: 15.05.2023).
12. Никитенко Ю.В, «Особенности применения метода построения деревьев отказов для оценки техногенного риска предприятий оборонно-промышленного комплекса» [Электронный ресурс]/журнал «Современные проблемы науки и образования», Выпуск 2 (часть2), 2015 год/ URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=21831&ysclid=li4hbsedc410747903/>, (дата обращения: 15.05.2023).
13. ГОСТ Р МЭК 62502–2014 «Менеджмент риска. Анализ дерева событий»
14. Бурлуцкий В.С., Бушнев Г.В., Производственной безопасности. Часть1. Опасные производственные факторы. Учеб. Пособие. Под ред. С.В. Ефремова.- / СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 177 с.
15. Галеев А. Д. Анализ риска аварий на опасных производственных объектах : учебное пособие / А. Д. Галеев, С. И. Поникаров; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2017. – С. 15
16. Мясокомбинат «Томский» [Электронный ресурс]/сайт СИБАГРО/ URL: <https://sibagrogroup.ru/holding/companies/myasokombinat-tomskiy/> (дата обращения: 20.05.2023).
17. Природный газ, свойства, химический состав, добыча и применение Природный газ, свойства, химический состав, добыча и применение [Электронный ресурс]/сайт «Вторая индустриализация России»/ URL: <https://xn--80aaaf1tebbc3auk2aepkhr3ewjpa.xn--p1ai/> (дата обращения: 25.05.2023).

18. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах, утв. приказом МЧС от 10 июля 2009 г. №404.
19. Храмова Н.Н., Учебно-методический комплекс по дисциплине «Надежность оборудования ТЭС» для студентов специальности 140101 «Тепловые электрические станции». – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2007. – 65 с.
20. Емельянова В.А., Соколова Е.В., Исследование риска аварий на объекте теплоснабжения и разработка комплекса мероприятий по повышению безопасности его функционирования [Электронный ресурс]/журнал Проблемы анализа риска, том 17, 2020 № 3/ URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-riska-avariy-na-obekte-teplosnabzh>, (дата обращения: 15.05.2023).
21. Интенсивность отказов элементов системы газоснабжения [Электронный ресурс]/ статья на сайте helpiks.org (Хелпикс.Орг) URL: <https://helpiks.org/5-8263.html?ysclid=lid6rtvnj8946270710>, (дата обращения: 15.05.2023)
22. ГОСТ 30319.2–2015 «Газ природный. Методы расчета физических свойств. Вычисление физических свойств на основе данных о плотности при стандартных условиях и содержании азота и диоксида углерода».
23. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности