

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

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Анализ территориальных рисков промышленной площадки на основе методики анализа риска

УДК 614.8:005.334-047.44:658.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е31	Овчинникова Ирина Сергеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин Александр Иванович	Д.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Шулинина Юлия Игоревна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов Игорь Иванович	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ПРОГРАММЕ

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P1	Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы, применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности.
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информационных технологий в развитии современного общества и для ведения практической инновационной инженерной деятельности в области техносферной безопасности
P3	Способность эффективно работать самостоятельно, в качестве члена и руководителя интернационального коллектива при решении междисциплинарных инженерных задач с осознанием необходимости интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования
P4	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.
Универсальные компетенции	
P5	Способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования с целью выбора и оптимизации устройств, систем и методов защиты человека и природной среды от опасностей.
P6	Уметь выбирать, применять, оптимизировать и обслуживать современные системы обеспечения техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов
P7	Уметь организовать деятельность по обеспечению техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателя, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов
P8	Уметь оценивать механизм, характер и риск воздействия техносферных опасностей на человека и природную среду
P9	Применять методы и средства мониторинга техносферных опасностей с составлением прогноза возможного развития ситуации

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



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

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

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
1Е31	Овчинниковой Ирине Сергеевне

Тема работы:

Современные методы анализа риска аварий и пожаров на опасных химических объектах	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Промышленная площадка (газораспределительный пункт) Томской государственной районной электростанции – 2. Режим работы непрерывный, так как работа осуществляется круглосуточно. В качестве сырья на промышленной площадке используется природный газ.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Провести аналитический обзор по литературным источникам с целью набора материала по опасным производственным объектам.; обсуждение результатов выполненной работы. Составление вариационной модели развития ЧС на исследуемом объекте (за верхнее событие принять взрыв ГРП). Проведение расчетов с целью определения масштаба последствий в результате взрыва ГРП. Предложение инженерно-технических мероприятий направленных на предупреждение ЧС.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Таблицы, рисунки
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Романцов Игорь Иванович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Шулинина Юлия Игоревна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин Александр Иванович	д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E31	Овчинникова Ирина Сергеевна		

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

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки (специальность) 20.03.01 «Техносферная безопасность»
Уровень образования бакалавриат
Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности
Период выполнения (осенний / весенний семестр 2016/2017 учебного года)

Форма представления работы:

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
1.03.17	Сбор материалов и изучение функционирования ГРП Томской ГРЭС–2	10
27.04.17	Разработка вариационной модели развития ЧС на исследуемом объекте, подбор литературы, проведение теоретических и расчетных обоснований	35
8.05.17	Предложение инженерно-технических мероприятий. Выбор методов, технологий для организации защиты объекта, определение величин параметров защиты	35
20.05.17	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». Произвести оценку коммерческого потенциала для предложенных видов молниезащиты.	10
5.06.17	Раздел «Социальная ответственность». Рассмотреть опасные и вредные производственные факторы, способы защиты работающего персонала	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин Александр Иванович	д.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

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

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Е31	Овчинниковой Ирине Сергеевне

Институт	ИНК	Кафедра	ЭБЖ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя - 36800 руб. Оклад инженера - 17000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Премияльный коэффициент руководителя 30%; Премияльный коэффициент инженера 20%; Доплаты и надбавки руководителя 30%; Доплаты и надбавки инженера 30%; Дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта конкурентных технических решений
2. График Ганта
3. Расчет бюджета затрат НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Шулинина Ю.И.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е31	Овчинникова И.С.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Е31	Овчинниковой Ирине Сергеевне

Институт	ИНК	Кафедра	ЭБЖ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Сидячая работа, с периодическими физическими нагрузками для выполнения снятия показаний с приборов учета и осмотра оборудования на предмет утечек на ГРП.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности. 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности.	Рассмотреть воздействие на оператора ГРП физических факторов таких как, производственный шум, освещение рабочей зоны, микроклимат, электробезопасность повышенный уровень опасности взрыва и пожара, возможные опасные природные явления. Привести допустимые нормы с необходимой размерностью. Предложить средства защиты.
2. Экологическая безопасность.	Рассмотреть воздействие на окружающую среду в результате разгерметизации оборудования. Разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	Рассмотреть развитие ЧС в результате удара молнии, ошибки оператора или самопроизвольной разгерметизации оборудования. Описание наиболее вероятного развития ЧС. Разработка действий направленных в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации последствий
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	СП 1.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы» Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 25 сентября 2007 г. N 74 «О введении в действие новой редакции санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов»

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Романцов Игорь Иванович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е31	Овчинникова Ирина Сергеевна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 93 страницы, 15 рисунков, 18 таблиц, 28 источников.

Ключевые слова: АНАЛИЗ, РИСК, ВЗРЫВ, ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЙ РИСК, ГРП, ПРИРОДНЫЙ ГАЗ, УТЕЧКА ГАЗА, МОЛНИЕЗАЩИТА.

Объектом исследования является Томская государственная районная электростанция–2, в качестве предмета исследования выбран – газораспределительный пункт.

Цель работы – анализ территориальных рисков промышленной площадки Томской государственной районной электростанции–2.

В ходе выполнения работы исследуемый объект был проанализирован на возможные потенциальные опасности, которые способны привести к взрыву на предприятии. На основании проведенного анализа была построена вариационная модель развития сценариев, которые способны привести к возникновению ЧС. Для случаев частичной и полной разгерметизации газового оборудования были определены зоны полных, сильных, средних и слабых разрушений, а так же определена интенсивность теплового излучения на расстоянии расположения жилых объектов и время действия огненного шара.

Проделанные этапы позволили составить универсальных блок-схему, в котором отражен алгоритм и методология проведения анализа территориальных рисков.

В конечном итоге были предложены мероприятия направленные на предупреждение возникновения ЧС и повышения уровня безопасности исследуемого объекта

Предложенные мероприятия позволят минимизировать риск возникновения ЧС на объекте, и ему функционировать на наиболее безопасном уровне.

Список сокращений

АСДНР – аварийно-спасательные и другие неотложные работы;

АСР – Аварийно-спасательные работы;

ГРП – Газораспределительный пункт;

ГРЭС – Государственная районная электростанция;

КПД – Коэффициент полезного действия;

РД – Руководящий документ;

ТВС – Топливо-воздушная смесь;

ЧС – Чрезвычайная ситуация.

Нормативные ссылки

1. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. N 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с изм. 07.08.00г., 10.01.03г., 22.08.04г., 09.05.05г., 18.12.06г., 30.12.08г., 30.12.08г., 27.12.09г.);
2. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (вступил в силу с 01.05.2009 г.);
3. ПБ 12-529-03 «Правила безопасности систем газораспределения и газопотребления»;
4. ГОСТ Р 12.3.047-2012 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля»;
5. СП 42-101-2003 «Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб»;
6. Постановление Правительства РФ от 25.04.2012 N 390 «О противопожарном режиме»;
7. ГОСТ 12.1.003-2014 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности»;
8. ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»;
9. ГОСТ Р 12.3.047-2012 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля».

Оглавление

Введение	14
1 Опасные производственные объекты.....	16
1.1 Опасные производственные объекты III класса опасности.....	17
1.2 Газораспределительная сеть.....	17
1.3 Аварии на газораспределительных пунктах.....	18
2 Анализ методологии оценки территориального риска	20
2.1 Основы методологии оценки риска	20
2.2 Классификация рисков	21
2.3 Оценка территориального риска	22
3 Разработка вариационной модели взрыва на промышленной площадке эксплуатирующей природный газ	25
3.1 Описание объекта исследования.....	25
3.2 Построение и анализ вариационной модели	26
3.3 Распределение потенциального территориального риска	29
3.4. Расчет параметров поражения в результате взрыва ТВС	31
3.4.1 Обоснования выбора развития аварийной ситуации	31
3.4.2 Расчет количества опасного вещества участвующего в аварии	32
3.4.3 Расчет интенсивности теплового излучения и времени существования огненного шара	34
3.5 Определение зон очага взрыва природного газа	36
3.6 Сравнительный анализ выполненных расчетов	40
3.7 Разработка методологии анализа территориальных рисков.....	42
4 Разработка мероприятий направленных на предупреждение ЧС и повышение безопасности объекта.....	46
4.1 Выбор и обоснование защитных мероприятий	46
4.2 Принцип действия активной молниезащиты.....	47
4.3 Определение интенсивности грозовой деятельности и грозопоражаемости здания ГРП	50

4.4 Расчет радиуса защиты активного молниеприемника	50
4.5 Расчет радиуса защиты пассивного молниеприемника	52
4.6 Сравнение эффективности предложенных мероприятий по уменьшению значения риска и повышению уровня безопасности объекта	54
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	56
5.1.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	56
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений	57
5.1.3 SWOT-анализ	59
5.2.1 Планирование научно-исследовательских работ структура работ в рамках научного исследования	61
5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	62
5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования	65
5.3.1 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	69
5.3.2 Расчет материальных затрат НТИ	69
5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы	69
5.3.4 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала	72
5.3.5 Отчисления на социальные нужды	72
5.3.6 Накладные расходы.....	72
5.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	73
5.4 Оценка эффективности исследования	73
6 Социальная ответственность	75
6.1 Производственная безопасность	75
6.2 Экологическая безопасность	80
6.2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.....	80
6.2.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.....	81
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	82

6.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований	82
6.3.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.....	83
6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	85
6.4.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства	85
6.4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	86
Заключение	87
Список литературы	90

Введение

Практически любое производство включает в себя использование тех или иных веществ, представляющих потенциальную опасность для развития ЧС. Основное обращение таких веществ происходит на так называемых площадках ОПО. Например, одной из промышленных площадок, представляющих потенциальную угрозу, может быть газораспределительный пункт, который осуществляет повышение или понижение давления природного газа в производственных целях.

Как источник энергии природный газ является одним из главных на Земле, уступая лишь нефти. Это связано с преимуществами природного газа над другими видами топлива. Теплота сгорания очень высока, его подачу в печь легко регулировать, он не оставляет золы и является самым экологически чистым топливом, вот почему сейчас природный газ как источник энергии используется чаще чем каменный уголь, хоть и имеет меньший КПД.

Однако с увеличением использования такого источника энергии прямо пропорционально растет и риск появления ЧС. Одной из причин этой потенциальной угрозы являются утечки газа, которые в последствие могут привести не только к отравлению персонала и населения, но и к развитию чрезвычайной ситуации, таких как взрыв или пожар.

Поэтому представляется актуальным изучить условия и варианты развития чрезвычайной ситуации на промышленной площадке с целью определения масштаба предполагаемых последствий.

Целью работы является анализ территориальных рисков промышленной площадки Томской государственной районной электростанции–2.

В связи с тем, что данный объект находится в непосредственной черте города и имеет потенциальную угрозу для населения в случае развития чрезвычайной ситуации, было принято решение провести скрытый аудит данного объекта.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить **следующие задачи:**

- произвести анализ опасностей действующего производства ГРЭС–2 города Томска;
- произвести расчеты зон поражения в случае возникновения ЧС на промышленной площадке;
- произвести расчеты и анализ территориальных рисков промышленной площадки;
- предложить мероприятия по предупреждению ЧС и увеличению уровня безопасности объекта исследования.

Вышеизложенные задачи помогут оценить масштаб последствий в случае развития ЧС на промышленной площадке ГРЭС–2.

1 Опасные производственные объекты

Опасными производственными объектами являются предприятия, производственные цеха, площадки, участки, а также иные производственные объекты, при эксплуатации которых могут возникнуть аварии способные причинить серьезный ущерб предприятиям и здоровью рабочего персонала, а так же находящемуся в зоне аварии имуществу коммерческих организаций, жителям близлежащих территорий [1].

Все опасные производственные объекты подразделяются в соответствии с критериями на четыре вида класса опасности, в зависимости от уровня потенциальной опасности, это:

- I класс опасности – опасные производственные объекты чрезвычайно высокой опасности;
- II класс опасности – опасные производственные объекты высокой опасности;
- III класс опасности – опасные производственные объекты средней опасности;
- IV класс опасности – опасные производственные объекты низкой опасности [1].

Для отнесения такого объекта к той или иной категории ОПО проводят идентификацию объекта, результаты которой используют для регистрации объекта в Государственном реестре, где уже анализируется и хранится информация о зарегистрированном объекте. Надо отметить, что при идентификации, рассматривается не отдельная емкость, оборудование или механизм, а определенная площадка, где эксплуатируются такого рода вещества или технические устройства [1].

Данная процедура обязательна, т.к. руководитель организации, которая осуществляет деятельность эксплуатации незарегистрированного опасного производственного объекта, несет уголовную ответственность.

На каждом производстве может быть несколько таких опасных объектов, которые также подлежат обязательной регистрации в установленном порядке.

1.1 Опасные производственные объекты III класса опасности

К опасным производственным объектам III класса опасности относится большое количество промышленных объектов, в том числе и газораспределительные станции, сети газопотребления, согласно ФЗ №116 от 21.07.1997.

Сюда относятся газораспределительные станции, которые эксплуатируют или транспортируют природный газ под давлением от 0,005 до 1,2 МПа включительно [1].

Основная опасность при эксплуатации такого объекта – это утечка природного газа, которая может повлечь за собой развитие чрезвычайной ситуации. Так как природный газ поставляется на газораспределительную станцию под высоким давлением, то ущерб, в случае развития чрезвычайной ситуации, очень велик, несмотря на то, что III класс относится к категории средней опасности.

1.2 Газораспределительная сеть

Газораспределительные станции предназначены для очищения и понижения давления газа, так как прокладка труб с высоким давлением, которые транспортируют природный газ с места его добычи, запрещена по территории населенного пункта.

Газораспределительные станции устанавливаются вблизи границы населенного пункта. Здесь давление газа понижается как правило до 1,2 МПа.

Однако, для конечного потребителя давление транспортируемого газа понижается еще раз уже на газораспределительных пунктах до необходимой величины. Такие пункты служат еще для дополнительной очистки газа и поддержания давления на заданной величине для последующей безаварийной и бесперебойной подачи потребителю.

Газораспределительные пункты могут быть среднего и высокого давления (до 0,3 МПа и 0,3–1,2 МПа соответственно) в зависимости от избыточного давления природного газа на входе ГРП [1].

1.3 Аварии на газораспределительных пунктах

Главный вид аварии на ГРП – утечка транспортируемого газа с последующим развитием ЧС.

Основной причиной является нарушение режима работы газотранспортной сети. Так как на компрессорных станциях, откуда подается газ в магистральные газопроводы, не всегда возможна бесперебойная транспортировка газа, из-за насосов, которые работают под переменным напряжением, вследствие чего наблюдаются скачки напряжения в электросети.

Разгерметизация оборудования порождает истечение природного газа до срабатывания запорных клапанов и отсекающих на газораспределительном оборудовании.

При истечении природного газа компоненты, которые легче воздуха, поднимаются вверх, а более тяжелые оседают, в результате чего происходит смешивание природного газа с воздухом и образование взрывоопасной смеси.

Поэтому самые главные и основные последствия разгерметизации оборудования – это накопление концентрации газа с возможностью возникновения взрыва или пожара.

Пожар – это одна из опасных аварий, в результате которой существует возможность распространения пламени на помещение ГРП с последующим возгоранием оборудования. Главная причина – значительная утечка газа с

газопровода или другого газового оборудования, возгорание электропроводки или других материалов [2].

Другой вариант развития аварийной ситуации – это возникновение взрыва на ГРП. При взрыве ТВС процесс протекает «мгновенно», завершается в доли секунды во всем объеме смеси. Нагретые до высокой температуры продукты горения также «мгновенно» расширяются, образуют ударную волну, которая с большой скоростью распространяется во все стороны и производит механические разрушения.

Из самых незначительных последствий можно выделить отравление природным газом. Отравления классифицируются по четырем степеням тяжести. Каждая имеет свои симптомы. Зависит от концентрации метана в воздухе и времени воздействия на организм. Последствия могут быть как легкими (головокружение, слабость сонливость и т.д.), так и летальными (сильнейшая интоксикация с последующей потерей сознания и наступлением смерти) [2].

2 Анализ методологии оценки территориального риска

2.1 Основы методологии оценки риска

В решении различных комплексных вопросов в сфере безопасности достаточно широко применяют методологию риска, в основе которой лежит определение различных вероятностей и последствий нежелательных событий.

Риск – это сочетание частоты или вероятности и последствий определенного опасного события. Риск, как правило, включает в себя два элемента: это частота, с которой реализуется опасное событие и последствия этого событий. Чтобы измерить потенциальную опасность, можно использовать количественные показатели риска. В качестве показателей опасности в основном берут социальный или индивидуальный риск гибели людей. Такое количественное выражение опасности позволяет сделать выводы о приемлемости опасности или необходимости принятия мер по ее снижению.

Однако следует сказать, что добиться «абсолютной» безопасности какого-либо объекта защиты в реальном мире практически невозможно. Риск можно лишь только попытаться уменьшить до определенного уровня, который не превышает допустимого значения. Тогда в соответствии со статьей 6 Технического регламента о требованиях пожарной безопасности пожарная безопасность объекта защиты будет считаться выполненной [3].

Анализ риска, подразумевает собой выявление опасности и оценки последствий нежелательного событий. В качестве опасности понимается некий источник, который будет способен нанести вред или ущерб, или некая ситуация, которая так же способна оказывать негативное воздействие. В результате применения такого понятия, как риск, понятие опасности можно перевести в разряд измеряемой категории.

Оценка риска выполняет следующие функции:

I функция – оценка степени опасности производства;

II функция – сравнение исследуемых объектов по однотипным параметрам;

III функция – по результатам сравнения выбор объекта исследования представляющего наибольшую опасность;

IV функция –выполнение качественного и количественного анализа и принятие мер, направленных на снижение риска.

Каждая из функций имеет свое практическое значение [4].

2.2 Классификация рисков

Провести классификацию рисков можно по различным признакам. Как один из способов классификации – это определение видового признака. Например, риски можно классифицировать по количеству пострадавших людей в результате неблагоприятного события: индивидуальные и социальные риски. Или классифицировать риски по виду поражения: пожарные, экологические риски и т.д.

Основные виды рисков применяемые для оценки вероятности возникновения неблагоприятных событий на промышленном объекте – индивидуальный, коллективный, социальный и потенциальный территориальный риск [5].

Индивидуальный риск – частота поражения отдельного индивидуума в результате воздействия исследуемых факторов опасности.

Коллективный риск – ожидаемое количество смертельно травмированных людей в результате возможных аварий за определенный период времени.

Социальный риск – зависимость частоты событий, в которых пострадало на том или ином уровне число людей, больше определенного, чем на предыдущем уровне.

Потенциальный территориальный риск – пространственное распределение частоты реализации негативного воздействия определенного уровня [5].

2.3 Оценка территориального риска

Территориальный, или как его еще называют потенциальный, риск является комплексной мерой риска, которая характеризует опасный объект с точки зрения пространственного распределения частоты реализации негативных воздействий различного уровня.

Мера территориального риска не зависит от фактора нахождения объекта защиты или воздействия в данном месте пространства, так как для выполнения анализа территориального риска предполагается, что вероятность нахождения объекта воздействия равна 1. Поэтому потенциальный территориальный риск представляет собой вероятность опасности в определенной точке пространства [6].

Потенциалы (вероятности) событий территориального риска отображают в графическом виде с помощью топографической карты риска, которому будет подвергаться человек, оказавшийся в зоне опасного объекта.

На такой топографической карте зоны риска разделяются с помощью замкнутой кривой, которая по своей сути является множеством точек, имеющих одинаковое потенциально значение опасности, ограничивающей зону или территорию равного риска.

В случае возникновения ЧС самая большая угроза, которая носит необратимый характер – это угроза здоровью и жизни человека. Поэтому «здоровье и жизнь человека» является ключевым параметром в определении потенциального территориального риска. Однако величина территориального риска не зависит от качественной характеристики места, в которой находится источник опасности, т.е. территориальный риск определяется без учета свойств и жизненных интересов объекта защиты (человека).

При определении потенциального риска источник опасности рассматривается без учета жизненных интересов и своих свойств. Однако с помощью территориального риска можно рассматривать уровень опасности для любых объектов, будь то, население или материальные ресурсы. При этом вероятность поражения объекта защиты будет зависеть лишь от его степени уязвимости [7].

Построенное поле территориального риска отражает общую картину опасности. На рисунке 1 приведен пример построение зон территориального риска. Замкнутые кривые – это изолинии равного значения риска. Такой способ отображения риска называется методом картирования зон потенциального территориального риска. Такой метод используется для проведения анализа риска. Он позволяет наглядно продемонстрировать величину риска и зоны, на которые он распространяется [7].

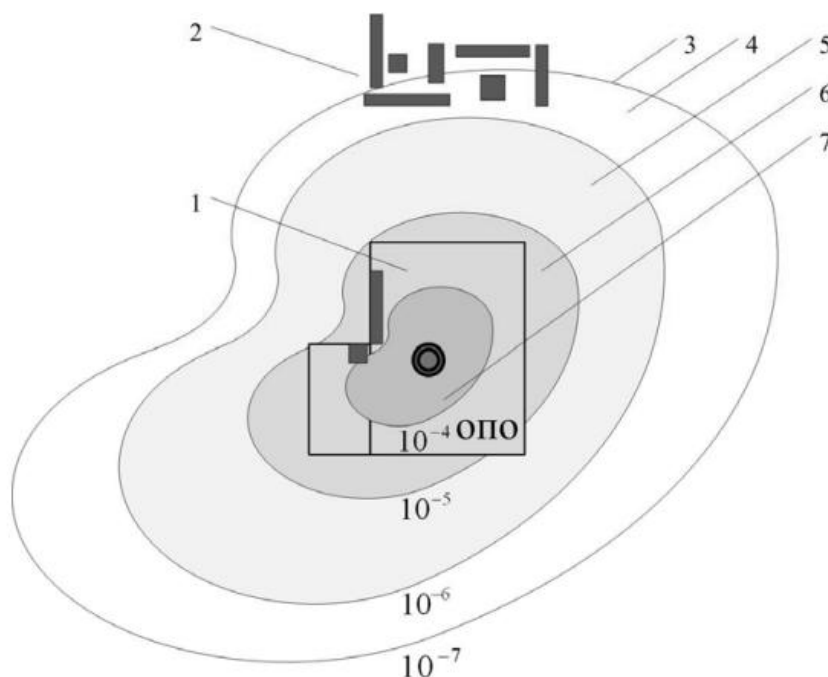


Рисунок 1 – ОПО; 2 – территория жилой зоны; 3 – изолинии равного риска; 4-7 – зоны различной степени риска

С помощью картирования территориального риска можно выделить зоны недопустимого, повышенного, условного приемлемого и приемлемого риска.

Зона недопустимого риска – это территория, на которой риск больше значение 10^{-6} . В такой зоне не допускается строительство жилых зданий, а для

производства располагающегося в этой зоне необходимо применение дополнительных мер защиты, укрепление зданий и инженерных сооружений, организация мероприятий, описывающих правила и порядок поведения людей в случае возникновения ЧС.

Зона повышенного риска – это территория, на которой риск не значительно превышает допустимое значение. На такой территории новая жилищная застройка допускается лишь в исключительных случаях по решению органов исполнительной власти субъекта. Жилые здания, застройка которых попала до возникновения зоны повышенного риска, в плановом порядке подлежат переселению жильцов в безопасные районы.

Зона условно приемлемого риска – это территория, на которой риск приближен к допустимому значению риска. На такой территории допускается застройка жилых зданий и социальных сооружений.

Зона приемлемого риска – это территория, значение риска на которой равен или меньше 10^{-6} , на которой разрешается беспрепятственная застройка жилых зданий, социально-значимых объектов.

Такой способ картирования применяется в программах по построению потенциального территориального риска при графическом отображении результатов на топографической карте, где расположен объект исследования.

При отсутствии наличия программы, допускается картирование значений территориального риска с помощью построения зон разрушения (зона полных, сильных, средних и слабых разрушений). В результате зоны распределения территориального риска будут отображены в виде окружностей, соответствующих величине избыточного давления определенного радиуса соответственно [7].

3 Разработка вариационной модели взрыва на промышленной площадке эксплуатирующей природный газ

3.1 Описание объекта исследования

В качестве объекта исследования была выбрана промышленная площадка Томской государственной районной электростанции – 2, на которой в качестве топлива используется природный газ (ГРП).

Томская ГРЭС–2 эксплуатируется с 1945 года. Обеспечивает производство и поставку электроэнергии по городу Томску, и обеспечивает теплоснабжение Советского и Кировского района.

Краткие характеристики объекта [8]:

- Установленная тепловая мощность – 815 Гкал/ч
- Установленная электрическая мощность – 331 МВт
- КИУМ на электрическую энергию – 52,4%
- КИУМ на тепловую энергию – 31,1%
- Штатная численность ГРЭС-2 на 01.04.15 составляет 553 чел.

На рассматриваемой промышленной площадке расположен газораспределительный пункт, к которому осуществлен подвод газопровода высокого давления (0,6 МПа). Данный ГРП предназначен для понижения давления газа в производственных целях: подача природного газа в качестве топлива в печи котлов.

Расположена электростанция в непосредственной черте города, занимая обширную территорию на юго-востоке (рисунок 2). С севера и запада от территории ГРЭС–2 располагается жилая зона, на востоке, юго-востоке и юге от территории ГРЭС–2 располагается промышленно-хозяйственная зона. Так же стоит отметить, что в непосредственной близости от объекта исследования с южной, западной и северной стороны располагаются четыре авто-заправочные

станции, которые в случае аварии на территории ГРЭС–2, будут представлять угрозу возникновения вторичной опасности.

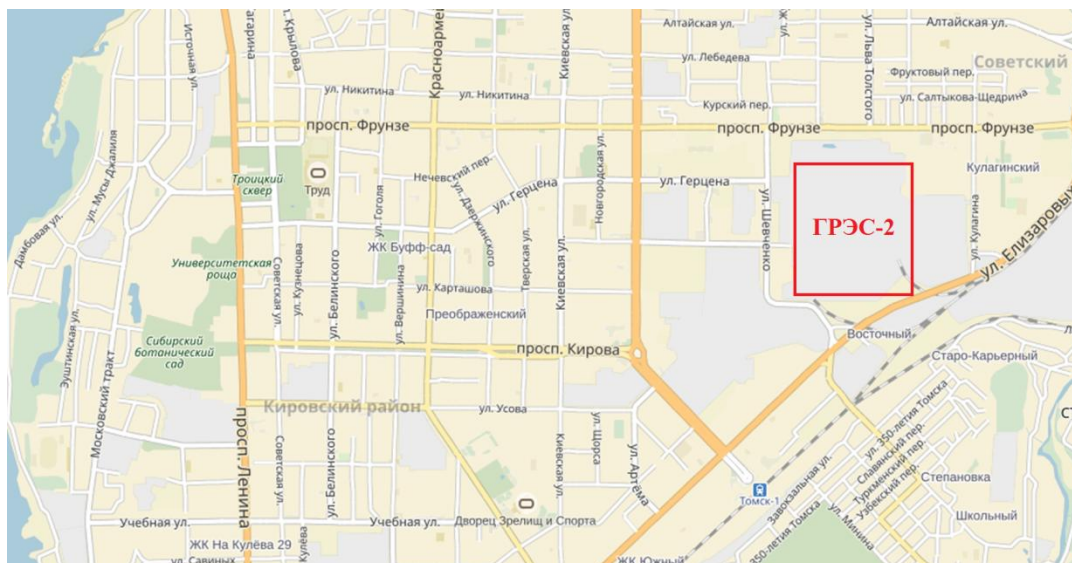


Рисунок 2 – карта г.Томска с обозначением периметра территории Томской ГРЭС–2

3.2 Построение и анализ вариационной модели

Вариационную модель развития ЧС на рассматриваемом объекте строим на основе «дерева событий», где за главное (основное) событие принимаем взрыв природного газа в здании газораспределительного пункта (рисунок 3).

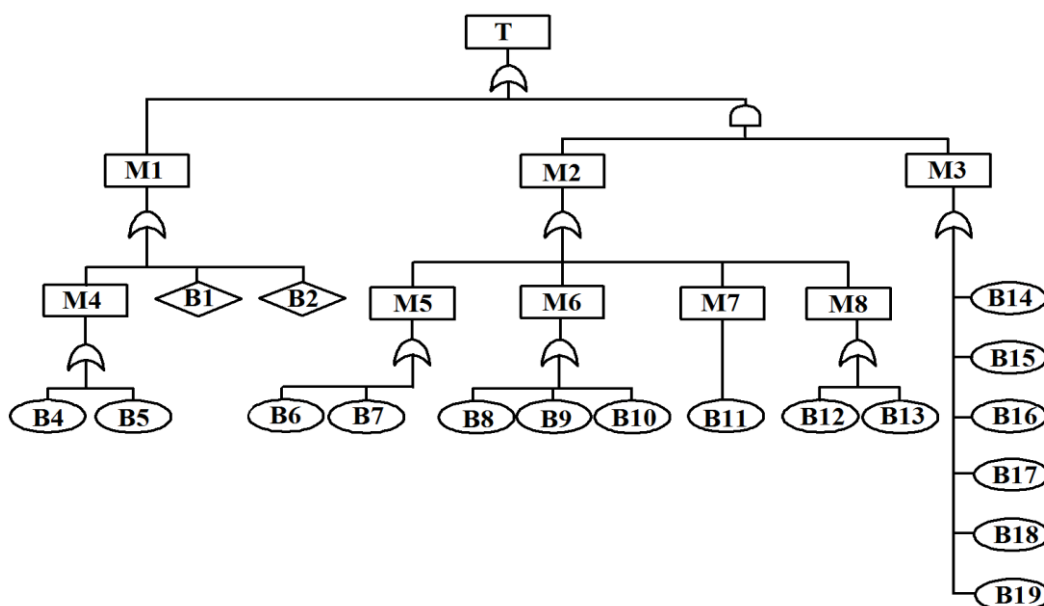


Рисунок 3 – Вариационная модель взрыва на ГРП

Таблица 1– Разработка вариационной модели взрыва на ГРП

Обозначение	Характеристика события	Вероятность (частота) события
T	Взрыв на ГРП	$1,36 \times 10^{-4}$ /год
M1	Внешние факторы	$6,01 \times 10^{-6}$ /год
M4	Чрезвычайная ситуация на данной территории	$1,2 \times 10^{-3}$ /год
B4	Антропогенное воздействие	$1,1 \times 10^{-6}$ /год
B5	Природное воздействие	12×10^{-4} /год
B1	Нарушение коммунальных энергосистем	$0,47 \times 10^{-5}$ /год
B2	Террористический акт	$0,9 \times 10^{-7}$ /год
M5	Ненадлежащее техническое обслуживание оборудования	$1,15 \times 10^{-6}$ /год
B6	Брак в оборудовании	2×10^{-6} /год
B7	Несвоевременное техническое обслуживание	1×10^{-4} /год
M6	Искра от электропроводки	$0,6 \times 10^{-5}$ /год
B8	Заводской брак в изоляции электропроводки	1×10^{-7} /год
B9	Короткое замыкание	$1,91 \times 10^{-6}$ /год
B10	Нарушение изоляции электропроводки	$0,9 \times 10^{-5}$ /год
M7	Статическое электричество	$0,5 \times 10^{-4}$ /год
B11	Отсутствие заземления оборудования	$0,5 \times 10^{-7}$ /год
M8	Нарушение техники безопасности	$2,1 \times 10^{-6}$ /год
B12	Незнание техники безопасности	$1,9 \times 10^{-6}$ /год
B13	Халатность	$1,2 \times 10^{-6}$ /год

Продолжение таблицы 1

M3	Разгерметизация газового оборудования	$2,4 \times 10^{-4}$ /год
B14	Некачественное сырье	1×10^{-3} /год
B15	Неисправность датчиков	1×10^{-2} /год
B16	Усталость металла	1×10^{-6} /год
B17	Человеческий фактор	1×10^{-1} /год
B18	Механическое воздействие	1×10^{-7} /год
B19	Неправильный режим эксплуатации	16×10^{-6} /год

На рисунке 3 указаны варианты событий, которые могут привести к возникновению взрыва. Для события M3 (разгерметизация газового оборудования) указаны причины и виды воздействия, которые могут привести к разгерметизации. Однако разгерметизация может быть двух видов: частичная (B20) и полная (B21) (рисунок 4).

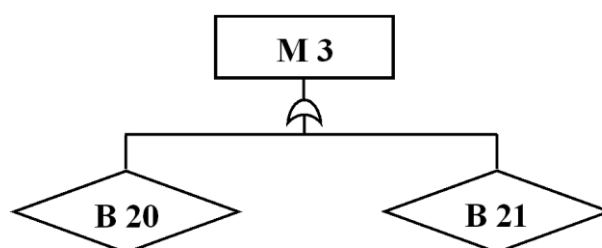


Рисунок 4 – Вариационная модель видов разгерметизации

Проведем расчет вероятности развития сценариев возникновения взрыва.

$$P(M4) = B4 + B5 = 1,1 \times 10^{-6} + 12 \times 10^{-4} = 1201,1 \times 10^{-6}$$

$$P(M1) = M4 + B1 + B2 = 1,22 \times 10^{-6} + 0,47 \times 10^{-5} + 0,9 \times 10^{-7} = 6,01 \times 10^{-6}$$

$$P(M5) = B6 + B7 = 2 \times 10^{-6} + 1 \times 10^{-4} = 102 \times 10^{-6}$$

$$P(M6) = B8 + B9 + B10 = 1 \times 10^{-7} + 1,91 \times 10^{-6} + 0,9 \times 10^{-5} = 11,01 \times 10^{-6}$$

$$P(M7) = P(B11) = 0,5 \times 10^{-7}$$

$$P(M8) = B12 + B13 = 1,9 \times 10^{-6} + 1,2 \times 10^{-6} = 2,1 \times 10^{-6}$$

$$P(M3)=B14+B15+B16+B17+B18=1\times10^{-3}+1\times10^{-2}+1\times10^{-6}+1\times10^{-1}+1\times10^{-7}+16\times10^{-6}=10,11\times10^{-1}$$

$$P(M2)=M5+M6+M7+M8=102\times10^{-6}+11,01\times10^{-6}+5\times10^{-6}+2,1\times10^{-6}=120,11\times10^{-6}$$

$$P(T)=M1+M2\times M3=6,01\times10^{-6}+120,11\times10^{-6}+10,11\times10^{-1}=136,23\times10^{-6}$$

3.3 Распределение потенциального территориального риска

Томская ГРЭС–2 находится в черте города и по всему периметру окружена жилой, торговой и промышленной зоной (рисунок 5). В случае возникновения ЧС облако с концентрацией метана, достаточного для возникновения взрыва, может пойти в следующие стороны:

- жилая и торговая зона находящаяся северо-западнее ГРЭС-2;
- жилая зона находящаяся западнее ГРЭС–2;
- промышленная зона восточнее ГРЭС–2;
- торгово-промышленная зона южнее ГРЭС–2.

В случае возникновения взрыва на газораспределительном пункте, основному воздействию подвергнется жилая и торговая зона, так же под воздействие могут попасть места массового скопления людей – это автобусные остановки, располагающиеся западнее и севернее объекта.

Так же следует отметить, что в непосредственной близости от территории ГРЭС–2 с запада, юга и севера располагаются автозаправочные станции. В случае развития ЧС негативные последствия и дополнительная потенциальная опасность резко возрастают.

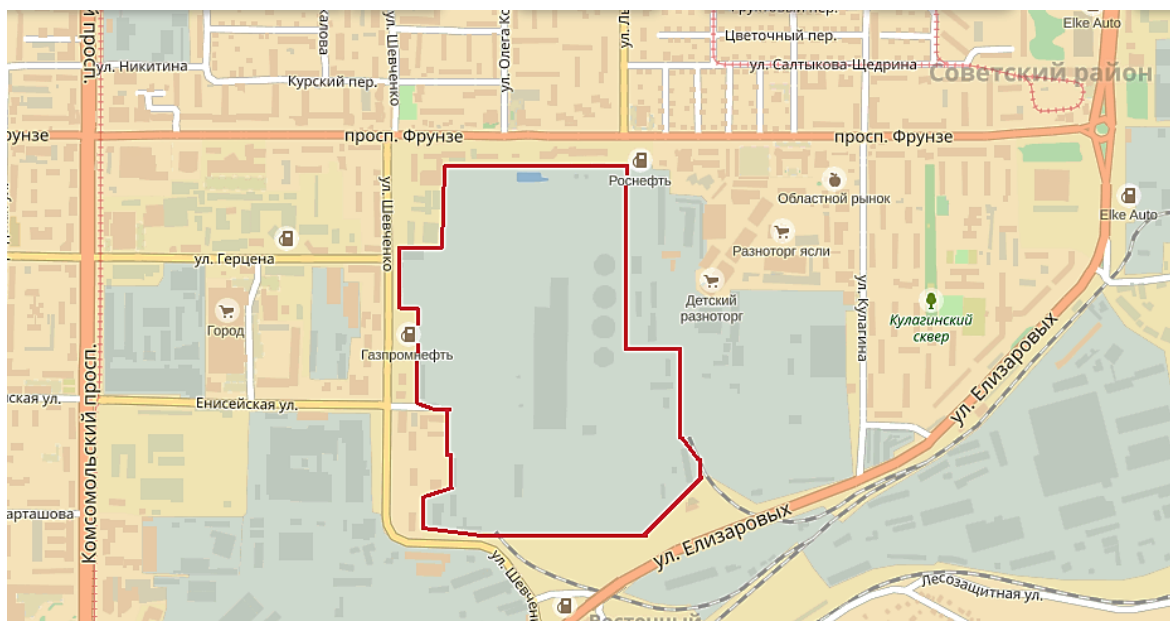


Рисунок 5 – Периметр территории Томской ГРЭС–2

Учитывая годовую розу ветров по городу Томску основные направления ветра это южные и юго-западные (рисунок 6). В направлении ветра расположена промышленная зона, а так же имеется АЗС [9].

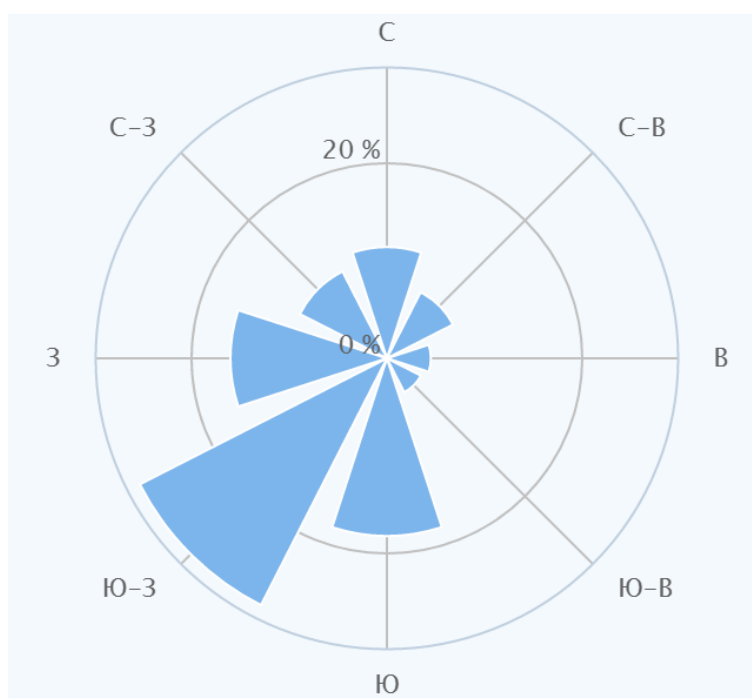


Рисунок 6 – Годовая роза ветров для г. Томска

Так как средний радиус от места взрыва до жилой зоны, и зоны с наибольшей потенциальной опасностью в плане развития вторичных факторов составляет 500 м, то наиболее значимым является рассмотрение параметров взрыва на данном расстоянии.

3.4. Расчет параметров поражения в результате взрыва ТВС

3.4.1 Обоснования выбора развития аварийной ситуации

При выполнении расчетов принято рассматривать наиболее худший сценарий. Самым худшим сценарием будет являться полная разгерметизация оборудования, а наименее опасным – частичная разгерметизация оборудования.

При полной разгерметизации оборудования будет происходить неконтролируемая утечка газа в больших объемах, так как к пункту ГРП примыкает газопровод высокого давления 0,6 МПа, то опираясь на теоретические аспекты, последствия такого варианта развития аварии будут наиболее опасны. При частичной разгерметизации в основном образуется отверстие размером в 1 дюйм.

Расчетное время отключения трубопроводов определяют в каждом конкретном случае исходя из реальной обстановки, и оно должно быть минимальным с учетом паспортных данных на запорные устройства, характера технологического процесса и вида расчетной аварии.

Расчетное время отключения трубопроводов следует принимать равным:

- времени срабатывания системы автоматики отключения трубопроводов согласно паспортным данным установки, если вероятность отказа системы автоматики не превышает 10^{-6} в год или обеспечено резервирование ее элементов;
- 120 с, если вероятность отказа системы автоматики превышает 10^{-6} в год и не обеспечено резервирование ее элементов;
- 300 с при ручном отключении [10].

При отсутствии реальной информации о типе оборудования и его характеристик, то необходимо выбирать наиболее худший вариант сценария – отсутствие автоматического отключения трубопровода. Следовательно, для расчетов будет использоваться время ручного отключения – 300 с.

3.4.2 Расчет количества опасного вещества участвующего в аварии

Сценарий 1. Частичная разгерметизация оборудования

При частичной разгерметизации более вероятно образование отверстия диаметром в 1 дюйм.

Количество взрываемого вещества – это масса газа, которая вышла в результате разгерметизации оборудования за 300 с. Для расчета массы сначала необходимо определить расход газа Q .

$$Q = \frac{3600 \times \mu \times S \times k_0}{\rho_0} \times \sqrt{0,44 \times (P_a + P_0) \times \rho_a} \quad (1)$$

где,

Q – расход газа, м³/ч

μ – коэффициент расхода отверстия (см. таблицу 2);

S – площадь аварийного отверстия в трубе газопровода и/ или техническом устройстве, м²

k_0 – коэффициент, учитывающий сопротивление грунта выходу газа из аварийного отверстия в трубе подземного или подводного газопровода. Значение коэффициента при отсутствии утвержденных методик для его определения принимают равным 1;

ρ_0 – плотность газа при стандартных условиях, кг/м³;

P_a – давление газа в газопроводе и/или техническом устройстве в месте аварии, Па;

P_0 – атмосферное давление, Па;

ρ_a – плотность газа в газопроводе и/или техническом устройстве в месте аварии, кг/м³

Таблица 2 – Значения коэффициента расхода отверстия

$\frac{S}{S_{\text{вн}}}$	Менее 0,1	От 0,1 до 0,2	От 0,2 до 0,3	От 0,3 до 0,4	От 0,4 до 0,5	От 0,5 до 0,6	От 0,6 до 0,7	От 0,7 до 0,8	От 0,8 до 0,9	От 0,9
μ	0,611	0,614	0,622	0,634	0,65	0,678	0,724	0,787	0,888	1,09

$S_{\text{вн}}$ – площадь внутреннего сечения газопровода

Диаметр примыкаемого газопровода к установке ГРУ равен 0,53 м. Входное давление 0,6 МПа. Отсюда следует, что расход газа составит 7776 м³/ч. Таким образом за 300 с выделится 453,6 кг.

Сценарий 2. Полная разгерметизация оборудования

При полной разгерметизации оборудования наиболее худшим вариантом развития аварии – бесконтрольный выход газа из газопровода высокого давления 0,6 МПа.

Для расчета массы горючего вещества воспользуемся следующей формулой:

$$m = (V_a + V_T) \times \rho_g \quad (2)$$

V_a – объем газа, вышедшего из аппарата;

V_T – объем газа вышедший из трубопровода

$$V_a = 0.01 \times p_1 \times V \quad (3)$$

$$V_T = V_{1T} + V_{2T} \quad (4)$$

V_{1T} – объем газа, вышедшего из трубопровода до его отключения;

V_{2T} – объем газа, вышедшего из трубопровода после его отключения[11].

$$V_{1T} = \frac{1}{4} \times \vartheta \times t \times \pi \times D^2 \quad (5)$$

ϑ – скорость движения газа в трубопроводе;

t – время с момента утечки до отключения трубопровода

D – диаметр трубопровода.

Согласно пункту 3.38 СП 42-101-2003 «Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из

металлических и полиэтиленовых труб» скорость движения газа в газопроводе высокого давления составляет 25 м/с [12].

Для расчетов возьмем наиболее худший вариант – ручное отключение газопровода. Следовательно, за 300 с, с момента начала утечки до отключения газопровода выделится газ в объеме:

$$V_{1т} = \frac{1}{4} \times 29 \text{ м/с} \times 300 \text{ с} \times \pi \times 0,53^2 = 1653,8 \text{ м}^3.$$

Предположим, что запорные клапаны располагаются на входе газопровода в здание ГРП, тогда $V_{2т}=0$.

Для расчета объема газа, выделившегося из аппарата, воспользуемся условием, что свободный объем помещения с учетом оборудования равен 80% от объема помещения, тогда 20% остается на объем аппарата. Размеры здания ГРП 3х13х24м.

Так как после ГРП давление газа равно 0,1 МПа, то примем, что давление газа в аппарате так же равным 0,1 МПа

$$V_a = 0,01 \times 0,1 \times 10^6 \times 0,2 \times 3 \times 13 \times 24 = 187200 \text{ м}^3.$$

$$\text{Тогда, } m = (187200 + 1653,8) \times 0,7168 = 135370 \text{ кг}$$

3.4.3 Расчет интенсивности теплового излучения и времени существования огненного шара

Для рассмотрения параметров взрыва рассчитаем интенсивность теплового излучения на расстоянии 500 м (в это расстояние попадают первые жилые дома, торговые павильоны и другие места скопления людей) и время существования огненного шара.

$$q = E_f \times F_q \times \tau \quad (6)$$

где,

E_f – средняя поверхностная плотность теплового излучения пламени;

F_q – угловой коэффициент облученности;

τ – коэффициент пропускания атмосферы

Для расчета F_q используется формула 2

$$F_q = \frac{\frac{H}{D_s} + 0,5}{4 \times \left[\left(\frac{H}{D_s} + 0,5 \right)^2 + \left(\frac{r}{D_s} \right)^2 \right]^{1,5}} \quad (7)$$

где:

H – высота центра огненного шара;

D_s – эффективный диаметр огненного шара;

r – расстояние от облучаемого объекта до точки на поверхности земли непосредственно под центром огненного шара.

Высота центра огненного шара и эффективный диаметр рассчитываются по следующим формулам:

$$H = \frac{D_s}{2} \quad (8)$$

$$D_s = 5,33 \times m^{0,327} \quad (9)$$

где m – это масса горючего вещества.

Коэффициент пропускания атмосферы τ рассчитывается по формуле 5.

$$\tau = e^{[-0,0007 \times (\sqrt{r^2 + H^2} - \frac{D_s}{2})]} \quad (10)$$

Имея массу можем рассчитать интенсивность теплового излучения по формуле 6, тогда интенсивность теплового излучения для частичной разгерметизации составит 0,039 кВт/м², при полной разгерметизации 7.9 кВт/м².

Для расчета времени существования огненного шара воспользуемся формулой 10.

$$t_s = 0,92 \times m^{0,303} \quad (11)$$

Тогда t_s частичной разгерметизации составит 5,87 с, а при полной разгерметизации 33 с.

Из полученных значений видно, что интенсивность теплового излучения огненного шара на расстоянии 500 м, где расположены жилая зона, АЗС и промышленные зоны, при частичной разгерметизации будет полностью безопасна для человека. А в результате полной разгерметизации в радиусе 500 м будет происходить разложение деревянных конструкций, обугливание ткани,

резины. Для людей через 20–30 с наступят непереносимые болевые ощущения, при более длительном воздействии ожоги 1, 2 степеней.

3.5 Определение зон очага взрыва природного газа

Для определения зон очага взрыва необходимо провести оценку воздействия ударной волны.

При взрыве выделяют следующие зоны:

- зона бризантного действия;
- зона действия огненного шара;
- зона воздушной ударной волны [13]

А так же выделяют:

1. зону полных разрушений ($\Delta P_{\phi} = 50$ кПа);
2. зону сильных разрушений ($\Delta P_{\phi} = 30$ кПа);
3. зону средних разрушений ($\Delta P_{\phi} = 20$ кПа);
4. зону слабых разрушений ($\Delta P_{\phi} = 10$ кПа).

Для определения зон очага взрыва необходимо расчетным путем найти радиусы зон разрушений.

В предыдущем разделе был произведен расчет массы взрываемого вещества, которая составила 453,6 и 135370 кг для двух видов разгерметизации оборудования.

Тогда радиус зоны детонационной волны составит:

$$R_1 = 1,75 \sqrt[3]{M} \quad (12)$$

Где M – масса взрываемого вещества.

Согласно формуле 12 радиус зоны детонационной волны будет равен 90 м. Величина избыточного давления в зоне детонационной волны постоянна $\Delta P_{\phi 1} = 1750$ кПа.

Радиус зоны продуктов взрыва:

$$R_2 = 1,7 \times R_1 \quad (13)$$

Избыточное давление на границе зоны действия продуктов взрыва:

$$\Delta P_{\phi 2} = \frac{233}{\sqrt{1 + 0,41 \times \left(\frac{R_3}{R_1}\right)^3 - 1}} \quad (14)$$

Для определения радиусов зон полных, сильных, средних и слабых разрушений необходимо использовать значение относительной величины Ψ , а полученные результаты свести в таблицу для построения графика.

$$\Psi = 0,24 \times \frac{R_3}{R_1} \quad (15)$$

$$\text{При } \Psi \leq 2, \Delta P_{\phi 3} = \frac{700}{3 \times (\sqrt{1 + 29,8 \times (\Psi)^3} - 1)} \quad (16)$$

$$\text{При } \Psi \geq 2, \Delta P_{\phi 3} = \frac{22}{\Psi \times \sqrt{\log \Psi + 0,158}} \quad (17)$$

1 сценарий. Частичная разгерметизация

При взрыве 453,6 кг метана будут следующие величины избыточного давления (таблица 3).

Таблица 3 – зависимость избыточного давления от радиуса при частичной разгерметизации

Радиус, м	5	10	15	20	25	30
Величина избыточного давления, Па	22170	2868	920,2	436,6	256,6	171,5

Для определения зон полных, сильных, средних и слабых разрушений составим график, по которому определим радиусы зон (рисунок 7).

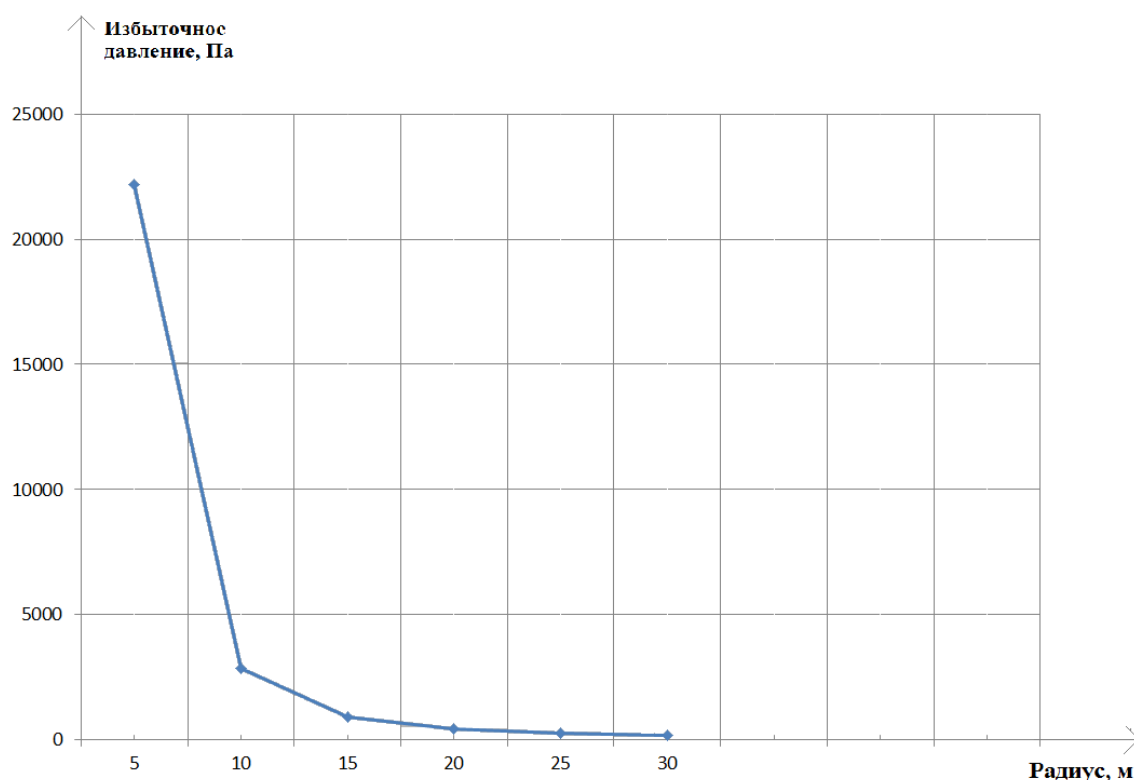


Рисунок 7 – графическая зависимость избыточного давления от радиуса при частичной разгерметизации.

Из рисунка видно, что зоны полных и сильных разрушений будут отсутствовать.

Радиус зоны средних разрушений – 5,5 м

Радиус зоны слабых разрушений – 8 м.

2 сценарий. Полная разгерметизация

При взрыве 135370 кг метана будут следующие величины избыточного давления (таблица 4).

Таблица 4 – зависимость избыточного давления от радиуса при полной разгерметизации

Радиус, м	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Величина избыточного давления, кПа	172,9	76,9	45,8	31,3	23,1	18	14,8	12,5	10,8

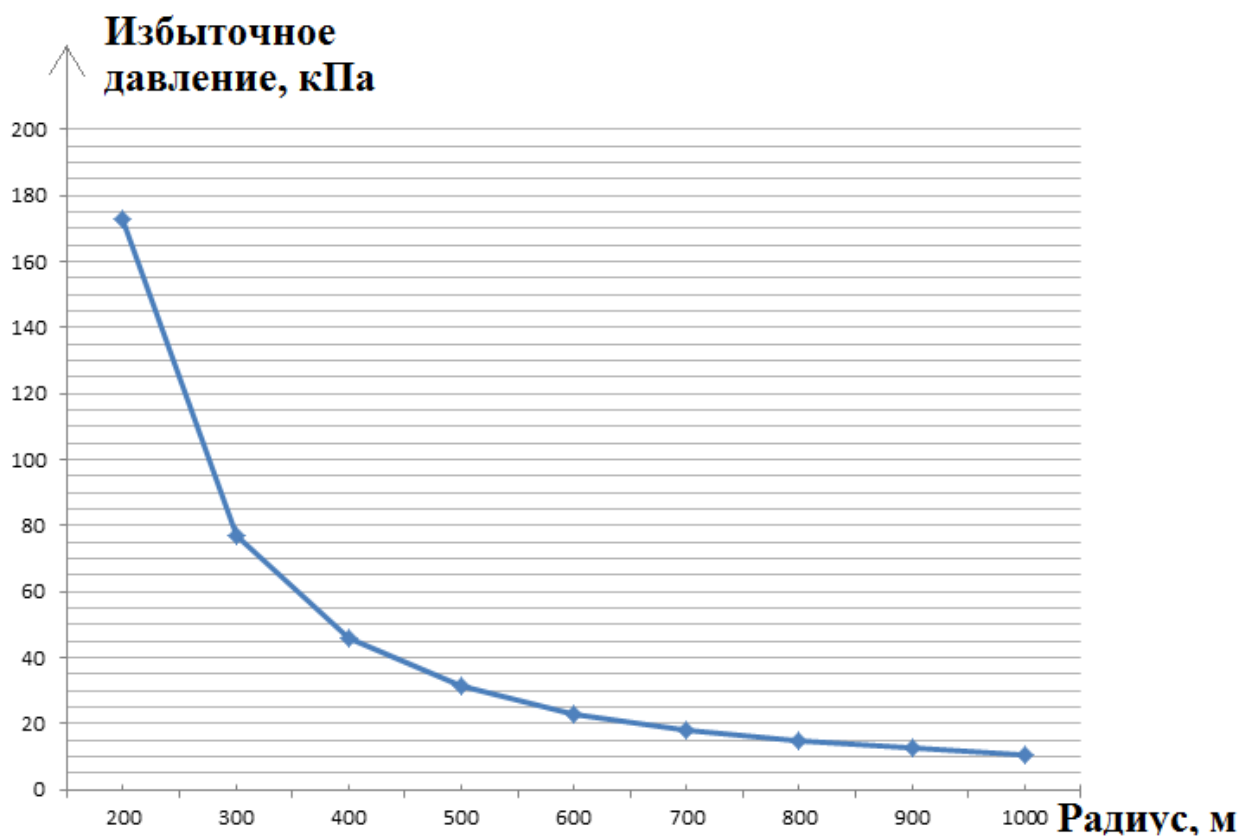


Рисунок 8 – зависимость избыточного давления от радиуса при полной разгерметизации

По полученному графику определяем радиусы для зон полных (50 кПа), сильных (30 кПа), средних (20 кПа) и слабых (10 кПа) разрушений.

Радиус зоны полных разрушение – 338 м;

Радиус зоны сильных разрушений – 462 м;

Радиус зоны средних разрушений – 610 м;

Радиус зоны слабых разрушений – 1010 м.

Для наглядности отобразим полученные радиусы на топографической карте (рисунок 9).

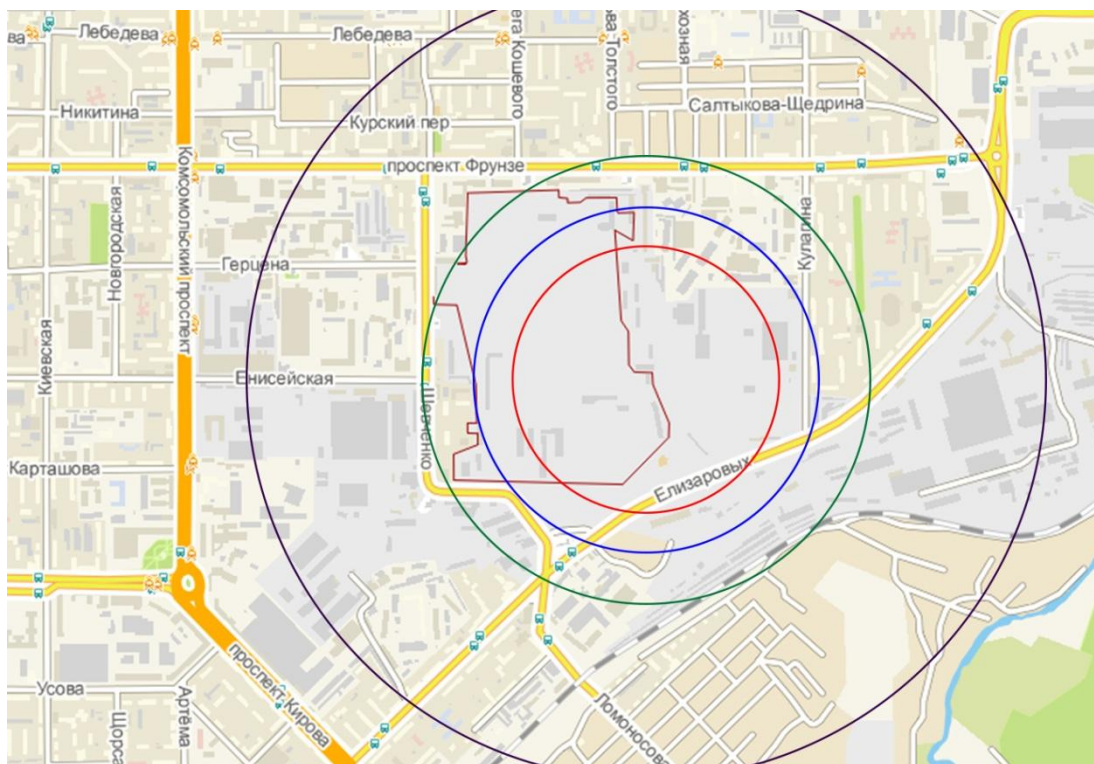


Рисунок 9— зоны разрушений

Значение изолиний на рисунке 9:

- красный – зоны полных разрушений;
- синий – зоны сильных разрушений;
- зеленый – зоны средних разрушений;
- фиолетовый – зоны слабых разрушений.

Данные изолинии отображают границу радиуса соответствующей зоны разрушений.

Из полученного рисунка видно, что в зоны полных, сильных и средних разрушений попадают важные объекты инфраструктуры города (автодорога, автозаправочные станции, железная дорога, и т.д.).

3.6 Сравнительный анализ выполненных расчетов

Для наглядного отображения параметров взрыва при самом опасном и малоопасном развитие сценария аварийной ситуации на ГРП сведем полученные данные в таблицу 5.

Таблица 5 – сравнение значений параметров при разных сценариях развития аварийной ситуации

	Частичная разгерметизация	Полная разгерметизация
Масса ТВС, кг	453,6	135370
Интенсивность теплового излучения q , кВт/м ²	0,039	7,9
Время действия огненного шара	5,87	33
Радиус зоны полных разрушений, м	Отсутствуют	338
Радиус зоны сильных разрушений, м	Отсутствуют	462
Радиус зоны средних разрушений, м	5,5	610
Радиус зоны слабых разрушений, м	8	1010

Проанализировав результаты видно, что при частичной разгерметизации разрушения получит лишь само здание ГРП и расположенное в нем оборудование, у близлежащих строений возможно выбивание стекол, разрушение слабых конструкций, возгорание деревянных конструкций и сооружений. Угроза жизни здоровью людей возможна лишь при нахождении в радиусе меньшим, чем 110 м.

При полной разгерметизации последствия взрыва колоссальны. В зону полных и сильных разрушений попадает половина территории ГРЭС–2, а также другие площадки ОПО, расположенные на данном производственном объекте, которые гарантированно повлекут за собой развитие вторичных взрывов. В зону полных разрушений попадают две крупные площадки с открытыми распределительными устройствами ГРЭС–2, а именно трансформаторы под напряжением для охлаждения которых используется

масло. Так как из-за промышленных целей участок с открытыми распределительными устройствами имеет большую площадь, то для охлаждения трансформаторов используются несколько тонн масла, которое нагрето до высоких температур. Поэтому при возникновении взрыва на ГРП площадки ОРУ будут представлять большую угрозу в возникновении вторичных взрывов. Так же существует высокая вероятность травмирования и угрозы жизни людей и сотрудников предприятия. Из рисунка 9 видно, что в зону средних разрушений попадают четыре автозаправочные станции, которые будут в свою очередь представлять угрозу возникновения вторичных опасностей, а так же участок дороги, по которому в дневное время проходит большой поток машин, и участок железной дороги. Большая часть жилых зданий попадает в зону слабых разрушений: возможны разрушения окон, дверей, легких перегородок, завалов не образуется.

3.7 Разработка методологии анализа территориальных рисков

В ходе проделанной работы удалось разработать методологию анализа территориальных рисков.

Первым этапом необходимо дать климатогеографическую характеристику района расположения объекта исследования. Это необходимо для того, чтобы понять каким стихийным бедствиям подвержен объект, с целью выявления природных факторов, которые способны привести к развитию ЧС. Обязательным в этом пункте является рассмотрение годовой розы ветров, чтобы определить наиболее вероятное движение продуктов взрыва или движение облака ТВС, которое при встрече с источником зажигания может повлечь за собой развитие ЧС за пределами объекта утечки.

Следующим этапом провести технологопроизводственную характеристику объекта.

На следующем этапе – технологопроизводственная характеристика объекта, рассматривают область производства, в которой работает объект

исследования, специфику технологического процесса и производимые им услуги. В результате данный этап позволяет выделить опасные производственные площадки объекта, нарушение технологического процесса на которых может привести к возникновению аварийной ситуации и развитию ЧС. Далее для работы исследователю необходимо выбрать одну из наиболее представляющих интерес площадок ОПО для проведения анализа территориального риска.

Следующим этапом – построение и анализ вариационной модели. Иными словами для объекта исследования необходимо построить дерево отказов, которое позволит наглядно отразить варианты сценария развития аварии на объекте, которые в последствие приведут к развитию ЧС. За верхнее (головное событие) следует принимать Вид ЧС, который необходимо изучить. В ходе анализа вариационной модели проводят расчет частот событий всех выявленных сценариев развития ЧС. Расчет необходимо производить с подножья дерева отказов направляясь к вершине (верхнему событию). Такой вид анализа позволяет получить вероятность развития той или иной ЧС, учитывая особенности и специфику технологического процесса объекта исследования.

После определения сценариев и вероятности развития ЧС необходимо приступить к самой затратной по времени части – расчет и определение параметров взрыва. Данная часть состоит из двух этапов: расчет интенсивности теплового излучения, времени существования огненного шара и построение потенциального территориального риска (определение зон очага взрыва).

Финальный этап – разработка мероприятий направленных на предупреждение развития ЧС. Для выбора мероприятия направленных на повышение безопасности потенциально опасного объекта необходимо отталкиваться от вероятности событий, описанных в вариационной модели. К примеру, если наиболее вероятным событие, которое влечет за собой возникновение ЧС ситуации, является удар молнии, то наиболее целесообразным будет разработка мероприятий направленных на уменьшение

риска развитие ЧС в случае удара молнии, а именно применение молниезащиты. Если наиболее вероятное событие – замыкание электропроводки, то необходимо предложить мероприятия по улучшение электробезопасности.

Вышеизложенные этапы можно представить в виде схематичной блок-схемы, которой можно пользоваться при проведении анализа территориальных рисков промышленной площадки на основе методики анализа риска (рисунок 10).

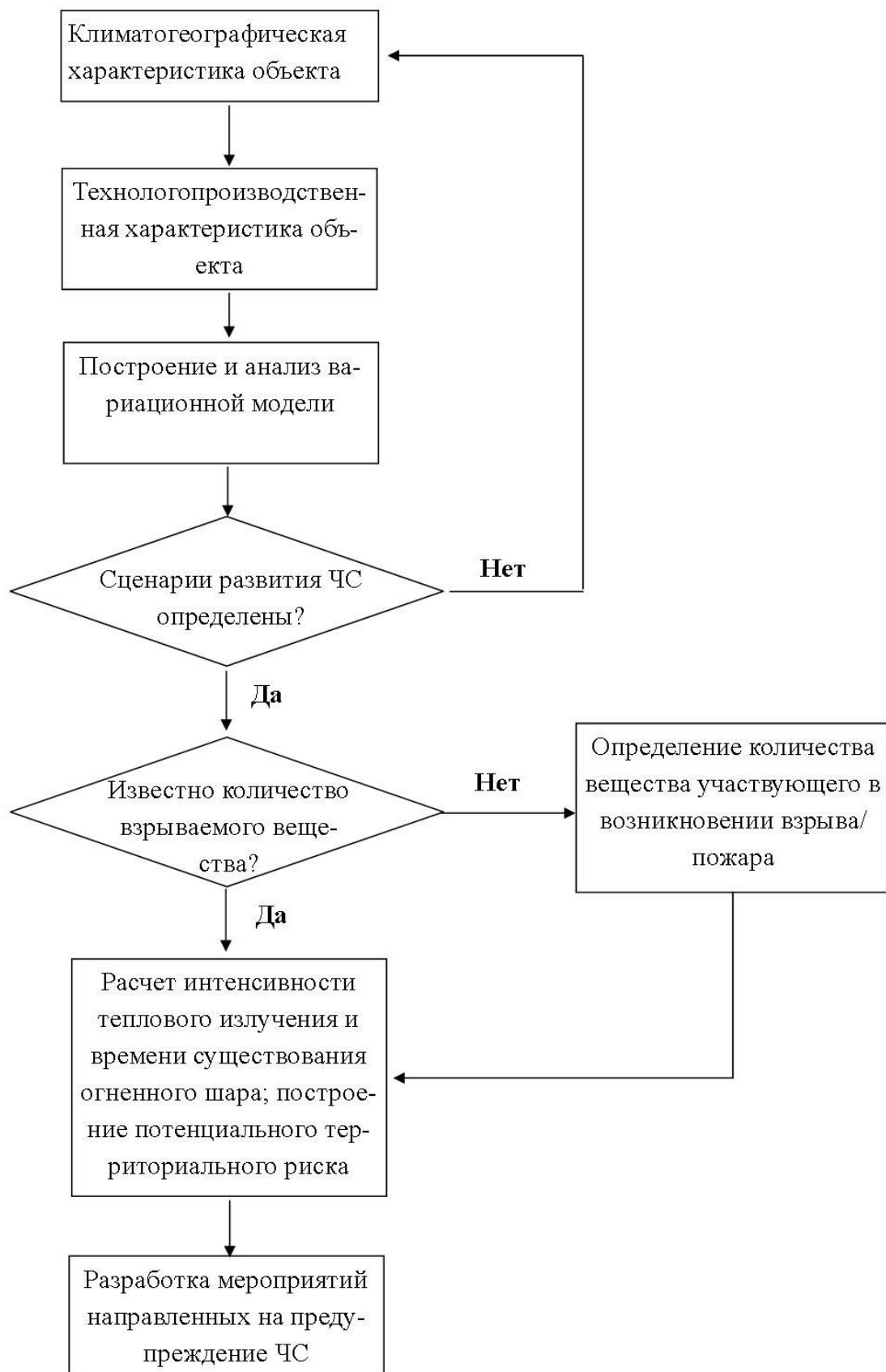


Рисунок 10 – Алгоритм методологии анализа территориальных рисков промышленной площадки

4 Разработка мероприятий направленных на предупреждение ЧС и повышение безопасности объекта

4.1 Выбор и обоснование защитных мероприятий

На основании предыдущего раздела можно выделить главный, наиболее вероятный фактор, приводящий к развитию ЧС на промышленном объекте – удар молнии. Согласно статье 50 главы 13 ФЗ №123 от 22 июля 2008 г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» одним из способов пожаровзрывобезопасности является исключение источника зажиганий с помощью применения молниезащиты.

Удар молнии можно трактовать как атмосферное электричество, поэтому применение молниезащиты необходимо с целью защиты зданий и сооружений, для сохранности их целостности и стойкости от возможных загораний, взрыва или разрушений технологических установок, находящихся в здании, так же для защиты от гибели и травмирования людей.

Существует два типа молниезащиты – пассивная и активная. Принципиальное их отличие лишь в виде молниеприемника и размере защищаемой территории.

Пассивная молниезащита существует уже не одно столетие. Основные виды пассивной молниезащиты это – стержневой молниеприемник, молниеприемная сетка, тросовый молниеприемник. Стержневой молниеприемник представляет собой металлический штырь, возвышающийся над объектом защиты. Молниеприемная сетка представляет собой металлическую сетку в ячейках которой установлены небольшие молниеприемники. Тросовый молниеприемник – это трос натянутый между двух вертикальных опор [14].

Активная молниезащита представляет собой мачту с молниеприемником, который имеет принципиальное отличие от

молниеприемника пассивной молниезащиты. На острие молниеприемника активной молниезащиты происходит концентрация сильного напряжения, в результате чего образуется коронный разряд.

В результате на объекте защиты не создаются индуцированные электроразряды, которые способны привести к удару молнии. Если все же произошел удар молнии, то молниезащита срабатывает по классической схеме: полученная энергия от разряда молнии направляется по молниеотводу в землю [15].

Анализ отечественных и иностранных источников показал, что активная молниезащита более эффективна по сравнению с пассивной. Так как один молниеприемник способен защитить территорию в 4-5 раз больше, тем самым позволяет защитить сам объект защиты и примыкающую к нему территории вместе с застройками. Тогда как пассивная молниезащита способна защитить лишь отдельное здание [16].

Так же стоит отметить, что активная молниезащита полностью автономна, она независима от источников питания. Зону защиты можно расширить путем установки активной молниезащиты с более высокими параметрами защиты. В этом случае зона защиты варьирует лишь от цены. В разделе 6 данной ВКР рассмотрено, то, что несмотря на высокую себестоимость, активная молниезащита будет более эффективна, чем пассивная.

Поэтому для здания ГРП Томской ГРЭС–2 рекомендуется установить активную молниезащиту, так как это позволит максимально исключить наиболее вероятный фактор развития ЧС – удар молнии.

4.2 Принцип действия активной молниезащиты

Как уже описывалось ранее активная молниезащита представляет собой технологию в области систем внешней молниезащиты. Основное отличие

активной молниезащиты от пассивной – это наличие активного молниеприемника (рисунок 11).



Рисунок 11 – Пример активного молниеприемника (FOREND)

Система молниезащиты устроена так, чтобы отвести электрический ток, образуемый в результате удара молнии, к земле по пути наименьшего сопротивления для защиты сооружений [17].

Принцип действия такого молниеприемника основан на создании восходящего лидера, т.е. опережающего разряда, в сторону приближающейся молнии, которая представляет собой нисходящий лидер (рисунок 12). В результате достижения критического значения напряженности электрического поля, происходит передача тока молнии по образовавшемуся каналу через токоотводы в землю. В результате такого «захвата» молнии увеличивается область защиты. Классифицируются молниеприемники по времени образования восходящего лидера и размера зоны защиты[18].

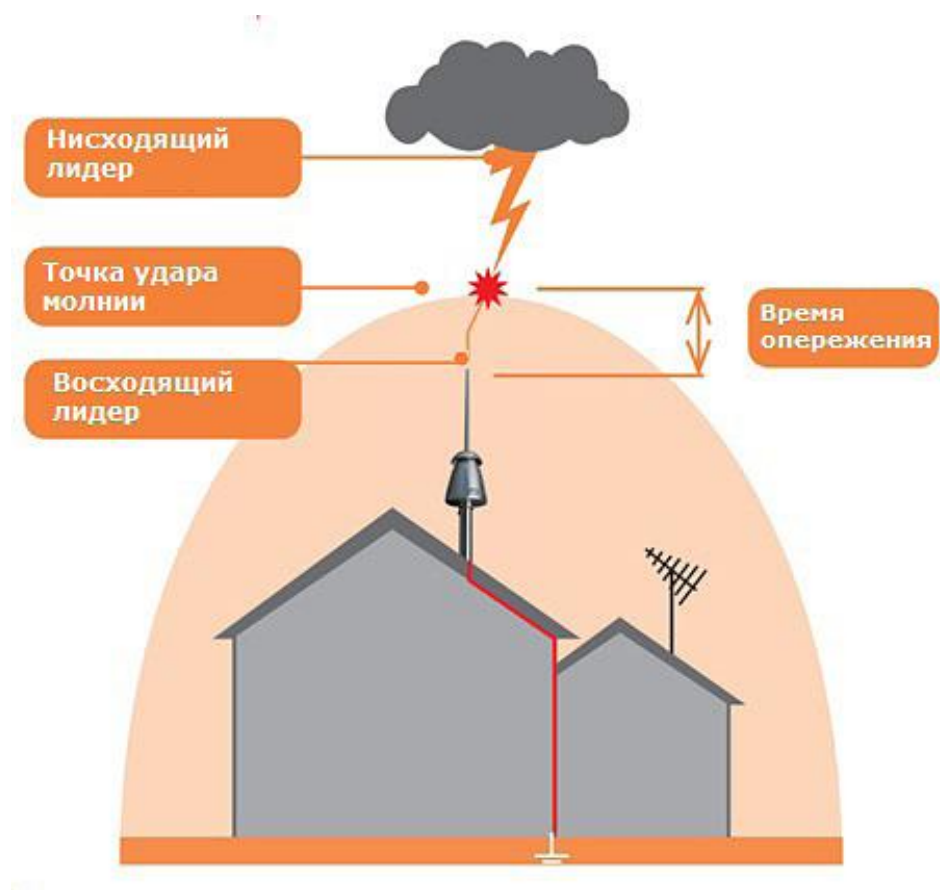


Рисунок 12 – Образование восходящего лидера активного молниеприемника
Конструкция.

Все элементы молниеотвода располагаются внутри герметичной трубы из нержавеющей стали. На внутренней поверхности трубы имеется изолирующая конструкция, которая предохраняет молниеотвод при разряде молнии. На верхнем фланце молниеотвода расположен молниеприемный стержень. По бокам молниеприемника имеются вспомогательные электроды, с помощью них происходит усиление ионизации воздуха перед разрядом молнии[19].

4.3 Определение интенсивности грозовой деятельности и грозопоражаемости здания ГРП

Среднегодовая продолжительность гроз в часах определяется по утвержденным для некоторых областей региональными картами продолжительности гроз, или по средним многолетним (порядка 10 лет) данным метеостанций, ближайшей от места нахождения здания и сооружения [20].

Ожидаемое количество поражений в год определяют по формуле:

$$N = [(S+6h) (L+6h) - 7,7 \times h^2] \times n \times 10 \quad (18)$$

где S – ширина защищаемого здания = 13 м;

h – наибольшая высота здания или сооружения = 5,5 м;

L – длина защищаемого здания = 24 м;

n – среднегодовое число ударов молнии в 1 км² земной поверхности в месте расположения здания.

Ожидаемое количество поражений молнией в год для здания АГЗС прямоугольной формы длиной 24 м, шириной 13 м, высотой 5,5 м определяют:

$$N = [(13+6 \times 5,5) \times (24+6 \times 5,5) - 7,7 \times 5,5^2] \times 4 \times 10^{-6} = 0,00956$$

Полученное значение показывает, что удар молнии по ГРП может быть 1 раз в 105 лет. Поэтому принято решение, провести расчет зоны молниезащиты для объекта исследования.

4.4 Расчет радиуса защиты активного молниеприемника

Радиус зоны защиты активного молниеприемника рассчитывается согласно Французскому Стандарту NF С 17-102 и Казахстанскому стандарту

СН РК 2.04-29-2005 "Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений" [21] по формуле

$$R_p = \sqrt{h_x(2D - h_x) + \Delta L(2D + \Delta L)}, \quad (19)$$

где R_p – радиус защиты молниеприемника на определенной высоте, м;

h_x – наибольшая высота защищаемого сооружения, м;

D – дистанция удара равна 20, 30, 45 или 60, в зависимости от требуемого уровня защиты (I, II, III или IV) в данном месте установки согласно Инструкции по оценке риска разрядов молнии (NFC 17-102, СН РК 2.04-29);

ΔL – инициация верхнего лидера, м.

Величину ΔL можно определить согласно формуле:

$$\Delta L \text{ (м)} = V \Delta T \quad (20)$$

где,

V – скорость инициации верхнего лидера, м/мкс;

ΔT – время его инициации, мкс.

Для расчета радиуса защиты здания ГРП необходимо для начала определить уровень защиты. Согласно NFC 17-102, СН РК 2.04–29 для подобных сооружений применяется II уровень защиты, так как образование взрывоопасной концентрации на рассматриваемом объекте возможно лишь при нарушении режима технологического процесса. Для такого объекта возникает высокая вероятность взрыва в результате удара молнии лишь при совпадении с аварийной ситуацией.

Таблица 6 – Уровни молниезащиты

Уровень защиты	Надежность защиты от ПУМ
I	0,98
II	0,95
III	0,90
IV	0,80

Для расчета воспользуемся характеристиками молниеприемника PREVECTRON S6.60 $\Delta T=60$ мкс, $V=1$ м/мкс, по формуле (20) находим величину инициации верхнего лидера

$$\Delta L = 1 \times 60 = 60$$

Наибольшая высота защищаемого сооружения с учетом высоты кровли составляет 5,5 м. Тогда по формуле 19 радиус защиты молниеприемника составит 86,6 м.

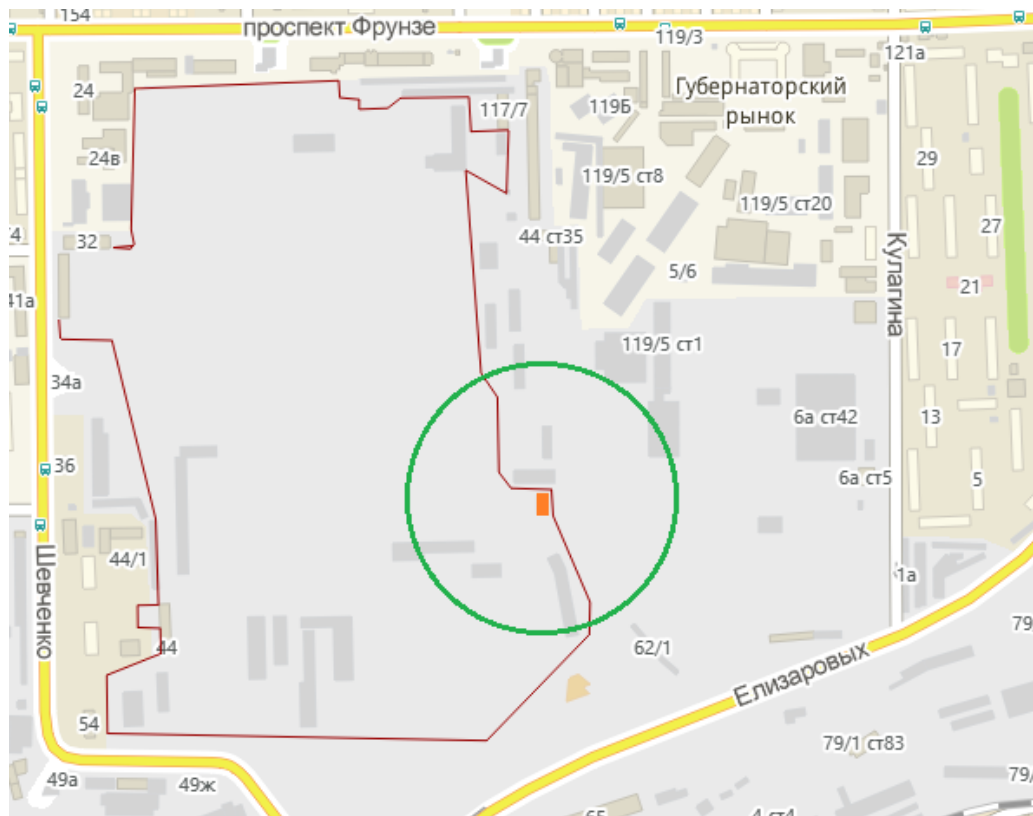


Рисунок 13 – Радиус зоны защиты активного молниеприемника

Из рисунка 13 видно, что в эту зону полностью попадает здание ГРП, следовательно, одного молниеприемника будет достаточно для надежной защиты от удара молнии площадки ОПО.

4.5 Расчет радиуса защиты пассивного молниеприемника

Для наглядности эффективности активного молниеприемника проведем расчет радиуса зоны защиты при использовании пассивного молниеприемника. Выше описывалось, что при использовании пассивной молниезащиты не

происходит образование восходящего (опережающего) лидера, в результате которого разряд молнии приходится точно в молниеприемник.

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой h представляет собой круговой конус (рисунок 14), вершина которого находится на высоте $h_0 < h$. На уровне земли зона защиты образует круг радиусом r_0 . Горизонтальное сечение зоны защиты на высоте защищаемого сооружения h_x представляет собой круг радиусом r_x [20].

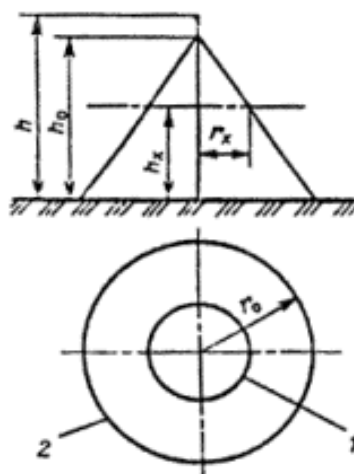


Рисунок 14 - Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода. 1—граница зоны защиты на уровне h_x . 2—то же на уровне земли.

Зоны защиты одиночных стержневых молниеотводов высотой $h \leq 150$ м имеют следующие габаритные размеры.

$$h_0 = 0,92h \quad (21)$$

$$r_0 = 1,7h \quad (22)$$

$$r_x = S/2 \quad (23)$$

$$h = (r_x + 1,63h_x)/1,5 \quad (24)$$

Для зоны Б высота $h \leq 150$ м одиночного стержневого молниеотвода при известных значениях h_x и r_x может быть определена по формуле:

$$h = (r_x + 1,63h_x)/1,5 \quad (25)$$

Горизонтальное сечение зоны защиты на высоте защищаемого сооружения представляет собой круг радиусом r_x .

$$r_x = S/2 = 13/2 = 6,5 \text{ м}$$

Высоту молниеотвода определяем по формуле 25, тогда $h = 8,68$ м.

Отсюда следует, что зона защиты на уровне земли образует круг радиусом $r_0 = 14,8$ м.

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой $h=8,68$ м. представляет собой круговой конус (рисунок 14), вершина которого находится на высоте $h_0 < h$.

$$h_0 = 0,92h = 7,99 \text{ м}$$

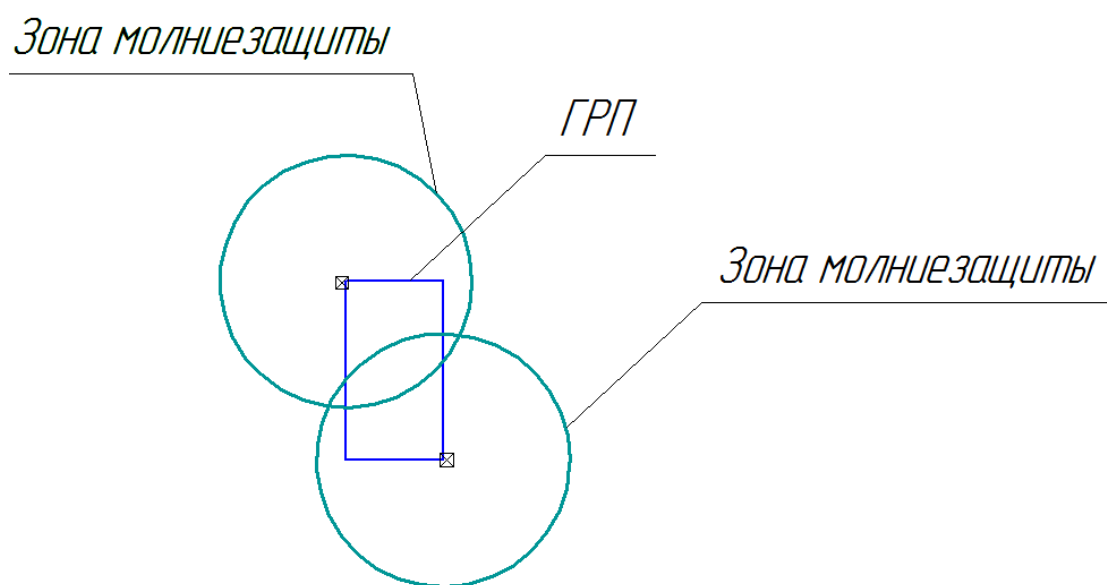


Рисунок 15 – Схема расстановки одиночных стержневых молниеотводов

В схеме (рисунок 15) наглядно показано, что для молниезащиты здания ГРП при использовании пассивного молниеприемника необходимо установить как минимум два одиночных стержневых молниеотвода, для эффективной защиты ГРП от грозопоражения.

4.6 Сравнение эффективности предложенных мероприятий по уменьшению значения риска и повышению уровня безопасности объекта

В качестве мероприятия направленных на снижение риска и повышение уровня безопасности объекта выше были изложены предложения по применению активной и пассивной молниезащиты.

Расчет зоны защиты и наглядные графические результаты (рисунки 13, 15) показывают, что наибольшей эффективностью обладает активная молниезащита. Установка одного активного молниеприемника позволяет надежно защитить от удара молнии не только ГРП, но и примыкающие к нему территории. Тогда как, пассивная молниезащита способна лишь защитить только ГРП, и для надежной защиты требуется установка двух таких молниеприемников.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

Суть выпускной квалификационной работы по теме: «Анализ территориальных рисков промышленной площадки на основе методики анализа риска» заключается в изучении территориального риска аварий, взрывов или пожаров на промышленной площадке, относящейся к одной из категорий опасных производственных объектов – газораспределительный пункт на территории Томской ГРЭС–2. Для этого в выпускной квалификационной работе проводится расчёт риска аварий и взрывов на объекте, расчёт активной молниезащиты для объекта и дерево событий, которые могут привести в чрезвычайной ситуации на объекте исследования.

Основная цель экономической части ВКР – это оценка экономической ценности предлагаемого инженерно-технического мероприятия, направленного на повышение уровня безопасности исследуемого объекта. Для достижения поставленной цели необходимо провести анализ ресурсоэффективности активной молниезащиты.

Задачи:

- определить потенциальных потребителей результатов исследования;
- провести анализ конкурентных технических решений;
- провести SWOT-анализ;
- планирование исследовательской работы;
- определение эффективности исследования.

Полученные данные могут представлять большой интерес для Главного управления МЧС России по Томской области. Поэтому представляется актуальным произвести анализ-сравнение активной и пассивной молниезащиты.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

На рассматриваемом рынке имеется два конкурирующих технических решения – это установка активной (А) и пассивной молниезащиты (П).

Для проведения данного анализа составим оценочную карту сравнения конкурентных технических решений (таблица 7), где:

- 1 – слабая позиция;
- 2 – позиция ниже среднего;
- 3 – средняя позиция;
- 4 – позиция выше среднего;
- 5 – сильная позиция

Таблица 7 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентноспособность	
		Б _А	Б _П	К _А	К _П
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Простота эксплуатации	0,06	4	4	0,24	0,24
2. Зона защиты	0,09	5	2	0,45	0,18
3. Геометрия зоны защиты	0,09	5	1	0,45	0,09
4. Устойчивость к климатическому воздействию	0,07	4	4	0,32	0,32

Продолжение таблицы 7

5. Надежность	0,07	3	4	0,21	0,28
6. Огнеустойчивость	0,06	3	3	0,18	0,18
7. Безопасность (электро-магнитное воздействие)	0,08	4	2	0,32	0,16
8. Монтаж	0,07	4	3	0,28	0,21
9. Заземлители (длина контура)	0,04	5	3	0,20	0,12
10. Внешний облик	0,03	4	2	0,12	0,06
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособ- ность продукта	0,06	5	3	0,30	0,18
2. Послепродажное обслуживание	0,07	3	4	0,21	0,28
3. Цена	0,09	2	4	0,18	0,36
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,08	4	4	0,32	0,32
5. Срок выхода на рынок	0,04	4	4	0,16	0,16
Итого	1			3,94	3,14

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \times B_i \quad (26)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Из анализа полученных данных можно сделать вывод о том, что наиболее конкурентоспособной разработкой является устройство с активной молниезащитой. Такой вид молниезащиты имеет более широкую зону защиты, по сравнению с ее пассивным аналогом, обладает низким уровнем электро-

магнитного воздействия, а так же для ее разработки потребуется меньший расход материалов для изготовления молниеотвода.

5.1.3 SWOT-анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT- анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Для нахождения сильных и слабых сторон применения активной молниезащиты, проведем SWOT–анализ (таблица 8)

Таблица 8 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1.Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии. С2.Повышение уровня безопасности труда и технологического процесса. С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологическими решениями. С4.Снижение воздействия на окружающую среду С5. Актуальность проекта.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Высокие цены на оборудование. Сл2.Вероятность появления новых технологий Сл3.Отсутствие финансирования для реализации проекта. Сл4.Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца. Сл5. Отсутствие опыта в проектировании.
Возможности: В1.Широкая область применения. В2.Финансирование и реализация проекта.	-Возможность применения данного проекта для других опасных производственных	-отсутствие альтернативных аналогов оборудования имеющих более низкую себестоимость;

Продолжение таблицы 8

В3.Возможность дополнительного спроса на данный проект в целях минимизации последствий в случае возникновения ЧС и повышения уровня	объектов, возникновение ЧС на которых носит масштабный характер для жизни людей и хозяйственно-экономической деятельности;	-отсутствие развития данного проекта в имеющихся условиях, из-за отсутствия проведения дополнительных испытаний
безопасности; В4. Поддержание проекта со стороны органов исполнительной власти Томской области	-Возможность обязательной реализации проекта, благодаря введению нормативных актов и документов исполнительной властью, обязывающих предприятия имеющие площадки ОПО минимизировать риски и последствия в случае возникновения ЧС	-отсутствие спроса некоммерческих организаций с целью реализации проекта.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии. У2.Повышение конкуренции на данном рынке; У3.Изменение нормативно-технической базы для подобных объектов; У4.Непредвиденные затраты для реализации проекта	-возникновение угрозы неприменимости данного проекта в новых условиях; -выведение на рынок аналогов проекта более низких по себестоимости.	-более медленный и вывод данного проекта на рынок позволит минимизировать негативные последствия

5.2.1 Планирование научно-исследовательских работ структура работ в рамках научного исследования

Структура работы в рамках научного исследования по теме «Анализ территориальных рисков промышленной площадки на основе методики анализа риска» для опасного производственного объекта Томской ГРЭС–2 состоит из 10 этапов, представленных в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Подготовительный этап	1	Выбор направления исследования	Научный руководитель, студент
	2	Составление и утверждение темы ВКР	Научный руководитель, студент
	3	Составление календарного плана-графика выполнения ВКР	Научный руководитель
Основной этап	4	Изучение литературы по теме ВКР (нормативные источники, учебники, учебные пособие, периодика, электронные источники)	Студент
	5	Сбор, анализ, систематизация информации по теме ВКР	Студент
	6	Написание теоретической части ВКР	Студент
	7	Подведение промежуточных итогов	Научный руководитель, студент
	8	Выполнение практической части ВКР	Студент
Заключительный этап	9	Оценка и анализ полученных результатов	Научный руководитель, студент
	10	Оформление расчетно-пояснительной записки ВКР	Студент

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения трудовых затрат необходимо определить трудоемкость работ каждого участника научного исследования. Для определения ожидаемого значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (27)$$

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

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

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

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 1-ого этапа работы:

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

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 2-ого этапа работы:

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

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 3-ого этапа работы:

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

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 4-ого этапа работы:

$$t_{\text{ож.4}} = \frac{3 \times 7 + 2 \times 12}{5} = 9 \text{ чел. – дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 5-ого этапа работы:

$$t_{\text{ож.5}} = \frac{3 \times 12 + 2 \times 17}{5} = 14 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 6-ого этапа работы:

$$t_{\text{ож.6}} = \frac{3 \times 7 + 2 \times 15}{5} = 10,2 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 7-ого этапа работы:

$$t_{\text{ож.7}} = \frac{3 \times 1 + 2 \times 4}{5} = 2,2 \text{ чел. -дн.}$$

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

$$t_{\text{ож.8}} = \frac{3 \times 7 + 2 \times 18}{5} = 11,4 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 9-ого этапа работы:

$$t_{\text{ож.9}} = \frac{3 \times 2 + 2 \times 3}{5} = 2,4 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 10-ого этапа работы:

$$t_{\text{ож.10}} = \frac{3 \times 15 + 2 \times 25}{5} = 19 \text{ чел. -дн.}$$

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (28)$$

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

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

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

Продолжительность 1-ого этапа:

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

Продолжительность 2- ого этапа:

$$T_{p2} = \frac{2,8}{2} = 1 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 3- ого этапа:

$$T_{p3} = \frac{2,4}{1} = 2 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 4- ого этапа:

$$T_{p4} = \frac{9}{1} = 9 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 5- ого этапа:

$$T_{p5} = \frac{14}{1} = 14 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 6- ого этапа:

$$T_{p6} = \frac{10,2}{1} = 10 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 7- ого этапа:

$$T_{p7} = \frac{2,2}{2} = 1 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 8- ого этапа:

$$T_{p8} = \frac{11,4}{2} = 6 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 9- ого этапа:

$$T_{p9} = \frac{2,4}{2} = 1 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 10- ого этапа:

$$T_{p10} = \frac{19}{1} = 19 \text{ раб. дн.}$$

Из проведенных расчетов видно, что наибольшую трудоемкость и продолжительность будут иметь 4, 5, 6 и 10 этапы.

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

$$T_{ki} = T_{pi} \times k_{\text{кал}} \quad (29)$$

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 определен по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (30)$$

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 2017 году составил:

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

Продолжительность выполнения 1-ого этапа в календарных днях

$$T_{k1} = 1 \times 1,48 = 1 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 2-ого этапа в календарных днях

$$T_{k2} = 1 \times 1,48 = 1 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 3-ого этапа в календарных днях

$$T_{k3} = 2 \times 1,48 = 3 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 4-ого этапа в календарных днях

$$T_{k4} = 9 \times 1,48 = 13 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 5- ого этапа в календарных днях

$$T_{k5} = 14 \times 1,48 = 21 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 6- ого этапа в календарных днях

$$T_{k6} = 10 \times 1,48 = 15 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 7- ого этапа в календарных днях

$$T_{k7} = 1 \times 1,48 = 1 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 8- ого этапа в календарных днях

$$T_{k8} = 6 \times 1,48 = 9 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 9- ого этапа в календарных днях

$$T_{k9} = 1 \times 1,48 = 1 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 10- ого этапа в календарных днях

$$T_{k10} = 19 \times 1,48 = 28 \text{ кал. дн.}$$

Полученные временные показатели проведения научного исследования
сведем в таблицу 10

Таблица 10 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Название	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность	Длительность работ в календарных днях,
		t _{min} ,	t _{max} ,	t _{ож} i,			
1	Выбор направления исследования	1	3	1,8	Научный руководитель, студент	1	1
2	Составление и утверждение темы ВКР	2	4	2,8	Научный руководитель, студент	1	1
3	Составление календарного плана-графика выполнения ВКР	2	3	2,4	Научный руководитель	2	3
4	Изучение литературы по теме ВКР (нормативные источники, учебники, учебные пособие, периодика, электронные источники)	7	12	9	Студент	9	13
5	Сбор, анализ, систематизация информации по теме ВКР	12	17	14	Студент	14	21
6	Написание теоретической части ВКР	7	15	10,2	Студент	10	15
7	Подведение промежуточных итогов	1	4	2,2	Научный руководитель, студент	1	1
8	Выполнение практической части ВКР	7	18	11,4	Студент	6	9
9	Оценка и анализ полученных результатов	2	3	2,4	Научный руководитель, студент	1	1
10	Оформление расчетно-пояснительной записки ВКР	15	25	19	Студент	19	28

На основе таблицы 10 строим календарный план-график с разбивкой по месяцам и декадам (таблица 11).

Таблица 11 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ ра бо т	Вид работ	Исполнители	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				февр.		март			Апрель			май			июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Выбор направления исследования	Науч.руководи тель, студент														
2	Составление и утверждение темы ВКР	Науч.руководи тель, студент														
3	Составление календарного плана-графика выполнения ВКР	Науч.руководи тель														
4	Изучение литературы по теме ВКР (нормативные источники, учебники, учебные пособие, периодика, электронные источники)	Студент														
5	Сбор, анализ, систематизация информации по теме ВКР	Студент														
6	Написание теоретической части ВКР	Студент														
7	Подведение промежуточных итогов	Науч.руководи тель, студент														
8	Выполнение практической части ВКР	Студент														
9	Оценка и анализ полученных результатов	Науч.руководи тель, студент														
10	Оформление расчетно-пояснительной записки ВКР	Студент														

■ – студент; ■ – научный руководитель;

5.3.1 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

5.3.2 Расчет материальных затрат НТИ

Для выполнения данного научного исследования необходимы материалы, которые указаны в таблице 12

Таблица 12 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Бумага	лист	200	2	400
Ручка	шт.	2	20	40
Карандаш	шт.	2	15	30
Маркер цветной	шт.	4	40	160
Скрепки канцелярские	упаковка	2	35	70
Мультифора	шт.	16	2	38
Картридж	шт.	2	900	1800
Итого				2538

5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

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

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} \quad (30)$$

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

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

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \times T_p \quad (31)$$

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

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

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \times M}{F_d} \quad (32)$$

где Z_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.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \times (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \times k_p \quad (33)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент;

k_d – коэффициент доплат и надбавок;

k_p – районный коэффициент.

Месячный должностной оклад руководителя темы, руб.:

$$Z_m = 36800 \times (1 + 0,3 + 0,3) \times 1,3 = 76544$$

Месячный должностной оклад инженера (дипломника), руб.:

$$Z_m = 17000 \times (1 + 0,2 + 0,2) \times 1,3 = 30940$$

Таблица 13 – Баланс рабочего времени

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

Среднедневная заработная плата научного руководителя, руб.:

$$З_{\text{дн}} = \frac{76544 \times 10,4}{204} = 3902$$

Среднедневная заработная плата студента, руб.:

$$З_{\text{дн}} = \frac{30940 \times 11,2}{214} = 1619$$

Рассчитаем рабочее время:

Руководитель: $T_p = 10$ раб.дней

Студент: $T_p = 48$ раб.дней

Основная заработная плата научного руководителя составила:

$$З_{\text{осн}} = 3902 \times 10 = 39020 \text{руб.}$$

Основная заработная плата студента составила:

$$З_{\text{осн}} = 1619,29 \times 48 = 77726 \text{руб.}$$

Таблица 14 – Расчет основной заработной платы научного руководителя и студента

Исполнители	$З_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб	$З_{\text{дн}}$, руб.	T_p , раб. дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
Научный руководитель	36800	0,3	0,3	1,3	76544	3902	6	23412
Студент	17000	0,2	0,2	1,3	30940	1619	48	77726
Итого $З_{\text{осн}}$								101138

5.3.4 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

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

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \times З_{\text{осн}} \quad (34)$$

где $З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты, 0,12;

$З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Таблица 15 – Дополнительная заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Студент
Основная зарплата	23412	77726
Дополнительная зарплата	2810	9327
Итого, руб	113275	

5.3.5 Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \times (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \quad (35)$$

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

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \times (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,3 \times 130755 = 33983 \text{ руб}$$

5.3.6 Накладные расходы

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \times k_{\text{нр}} \quad (36)$$

Накладные расходы составили:

$$З_{\text{накл}} = 175520 \times 0,16 = 23967 \text{ руб}$$

5.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанные выше величины затрат научно-исследовательской работы представляет собой основу формирования бюджета затрат проекта. В таблице 15 отражены сводные показатели, которые формируют бюджет затрат ВКР.

Таблица 16 – Расчет бюджета затрат ВКР

Наименование статьи	Сумма, руб.	Доля от общих затрат, %
1. Материальные затраты НТИ	2538	1,46
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	101138	58,2
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	12137	6,98
4. Отчисления на социальные нужды	33983	19,6
5. Накладные расходы	23967	13,8
6. Бюджет затрат НТИ	173763	100

5.4 Оценка эффективности исследования

Данная работа имеет высокую эффективность и большой потенциал реализации в области защиты ЧС. Так как применение активной молниезащиты позволит исключить одну из наиболее вероятных причин взрыва на площадке ОПО Томской ГРЭС–2 и значительно сократить риск развития ЧС, тем самым понизить уровень потенциально возможных разрушений промышленных объектов, жилых зданий и гибели людей. Полученная информация может представлять большой интерес для Главного управления МЧС России по Томской области.

В ходе выполнения работы над данным разделом была проведена оценка коммерческого потенциала активной молниезащиты. Расчетным путем было

доказано, что, не смотря на более высокую себестоимость, активная молниезащита будет более эффективна по сравнению с пассивной.

Для выполнения данной исследовательской работы необходимо провести ключевых 10 этапов, позволяющие построить диаграмму Ганта, которая наглядно отражает продолжительность исследования во времени. Общая продолжительность исследования составила 64 дня.

Проведенный расчет стоимости НТИ показал, что общая стоимость составляет 173763 рубля.

6 Социальная ответственность

Социальная ответственность – это ответственность исследователя за воздействие предложенных в ВКР решений на общество и окружающую среду.

Данный раздел направлен на выявление факторов, способных привести к несчастным случаям на производстве, с целью принятия решений направленных на исключение травмирования и снижение вредных воздействий на окружающую среду, и обеспечения комфортного условия работы.

Газораспределительный пункт Томской государственной районной электростанции–2, являющийся площадкой ОПО, предназначен для понижения давления газа подаваемого из газопровода высокого давления для производственных целей. Как и на любом промышленном объекте, работа на данном ГРП связана со многими опасными факторами, способными оказывать разную степень воздействия на человека, общество и природную среду.

Поэтому в данном разделе будут рассмотрены опасные и вредные факторы, оказывающие негативное влияние на оператора ГРП, факторы способные привести к развитию ЧС на данном объекте, а так же факторы оказывающие воздействие на окружающую среду. По каждому из подразделов будут приведены регламентирующая нормативная документация и рекомендации, направленные на минимизацию воздействия различных факторов.

В работе рассматривается здание стационарного ГРП, расположенного на территории Томской ГРЭС–2. Для анализа рабочей зоны выбрано обслуживающее лицо данного объекта – оператор ГРП.

6.1 Производственная безопасность

Для выполнения анализа безопасности на производстве необходимо выявить опасные и вредные факторы, которые могут возникать в результате

эксплуатации рассматриваемого объекта и оказывать влияние на оператора газораспределительного пункта.

Опираясь на ГОСТ 12.0.003-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» можно выявить следующие опасные и вредные производственные факторы (таблица 17).

Таблица 17 – Опасные и вредные производственные факторы оказывающие влияние на оператора ГРП

Опасные факторы	Вредные факторы
В летний период удары молнии; Взрыв или пожар газораспределительного оборудования; Поражение электрическим током; В зимний период сход снега.	Производственный шум; Недостаточная освещенность в ночное время; Микроклимат на рабочем месте; Загазованность; Высокие сенсорные нагрузки; Эмоциональные нагрузки.

Повышенный уровень шума на рабочем месте

Шум на рассматриваемом производственном объекте является постоянным физическим вредным фактором, способным на рабочем месте оказывать раздражающее влияние на работника, повышать его утомляемость, а при выполнении задач, требующих внимания и сосредоточенности, способен привести к росту ошибок и увеличению продолжительности выполнения задания. Длительное воздействие шума влечет тугоухость работника вплоть до его полной глухоты [22].

Работа оператора ГРП ежедневно связана с длительным сосредоточенным наблюдением для снятия показания с приборов учета, поэтому для снижения воздействия шума необходимо использовать наушники (согласно ГОСТ 12.1.003-83 уровень звука для производственных помещений и на территории предприятия не должен превышать 80 дБА), так как не представляется возможным провести перепланировку рабочего места, чтобы

проводить снятие показаний с приборов дистанционно, а так же не представляется возможным использовать защитные кофты и другие средства для снижения уровня на самом источнике шума (газораспределительном оборудовании), потому что необходимо контролировать работу оборудования на предмет утечек природного газа.

Недостаточное освещение в ночное время рабочей зоны

Недостаточная освещенность является физическим опасным фактором. Как уже было сказано выше, работа оператора ГРП связана с длительным сосредоточенным наблюдением. В ночное время при недостатке освещения снятие показаний с приборов вызывает большую трудность, т.к. 80% информации человек получает через зрительный аппарат. Поэтому недостаточная освещенность будет вызывать более быструю утомляемость, а так же ухудшать видимость, в следствие чего растет и риск травматичности.

Согласно ГОСТ Р 55710-2013 «Освещение рабочих мест внутри зданий» и СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» общее освещение для данного рабочего места должно составлять не менее 200 Лк. Для улучшения освещенности рекомендуется установить лампы большей мощности и выдать работнику фонарик для подсвечивания приборов учета.

Микроклимат рабочей зоны

Под микроклиматом понимается температура воздуха и поверхностей, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, интенсивность теплового излучения.

Работа оператора ГРП связана с ежедневной ходьбой, осмотром оборудования, находящегося как в здании ГРП, так и примыкающего с улицы газопровода, снятия показаний, при необходимости регулирование подачи газа и давления. Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» Такая категория работ соответствует классу тяжести Па. Для данного класса следующие оптимальные величины показателей микроклимата таблица 18.

Таблица 18 – Оптимальные величины показателей микроклимата

Период года	Температура воздуха, С°	Температура поверхностей, С°	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	19–21	18–22	60–40	0,2
Теплый	20–22	19–23	60–40	0,2

При работе в здании ГРП показатели микроклимата приближены к оптимальным, т.к. в рассматриваемом производственном помещении имеется отопление, отсутствуют источники критично влияющие на изменение относительной влажности воздуха, а так же отсутствуют источники способные создавать скорость движения воздуха превышающего оптимальную величину.

Для выполнения работ в не здания ГРП (осмотр газопровода и др. работы) необходимо обеспечить работника сезонной одеждой для выхода на открытые площадки.

Возможный сход снега в зимний период

Сход снега будет являться механическим опасным фактором, способным резко нарушить жизнедеятельность человека. В разделе №4 данной ВКР указывались климатические условия расположения объекта исследования. Сибирские зимы затяжные и с большим количеством осадков. Поэтому для уменьшения риска травмирования сотрудника необходимо проводить регулярную чистку крыш и навесов от снега. В весенний период так же необходимо проводить чистку на предмет образования сосуль.

Электробезопасность

Электрический ток, проходя через организм человека, способен оказывать термическое, электролитическое и биологическое действия. Исход воздействия электрического тока на организм человека зависит от многих факторов: длительность прохождения тока через организм человека, рода и частоты тока, влажности и температуры окружающей среды, и индивидуальных свойств человека.

Согласно ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ «Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов» для установок

работающих под переменным током частотой 50 Гц напряжения прикосновения и ток, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки не должны превышать в 2В и 0,3мА соответственно[23].

Загазованность воздуха рабочей среды

В результате разгерметизации оборудования возможен опасный химический фактор – загазованность рабочей среды. Метан или одорант природного газа способны оказывать токсическое воздействие на организм человека. В безаварийном режиме работы загазованность воздуха отсутствует, поэтом на случай возникновения аварийной ситуации необходимо иметь СИЗ (противогаз) в соответствии с Приказом Минздравсоцразвития России №290н «Об утверждении Межотраслевых правил обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты».

Высокие сенсорные и эмоциональные нагрузки

В результате кропотливой и длительной сосредоточенной работы (снятие показаний с приборов) возможно воздействие вредного психофизического фактора – эмоциональное переутомление и высокие сенсорные нагрузки, которые способны приводить не только физическому, но и эмоциональному переутомлению. Для минимизации воздействия рекомендуется уменьшить количество приборов учета, которые необходимо обслужить за один цикл.

Удары молний

В грозовой период существует высокая вероятность поражения молнией (см. раздел 4 ВКР). Удар молнии способен оказывать электрическое воздействие на человека, а так же способствует к возникновению вторичной опасности – пожара или взрыва.

В соответствии с ФЗ от 22 июля 2008г. N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» необходимо на площадках ОПО устанавливать молниезащиту. В 5 разделе ВКР

рекомендовано установить активную молниезащиту, так как она обладает более высокой эффективностью защиты.

6.2 Экологическая безопасность

6.2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Атмосфера.

Газораспределительный пункт ГРЭС–2 представляет собой здание, в котором расположено полностью герметичное газораспределительное оборудование, поэтому при безаварийном режиме работы объект исследования не оказывает влияния на атмосферу.

Химическая составляющая природного газа – метан. Согласно ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» метан относится к малоопасным веществам (4 класс опасности), $\text{ПДК}_{\text{рз}}=7000 \text{ мг/м}^3$. При аварийном выбросе в окружающую среду будет происходить неконтролируемое повышение концентрации метана в атмосфере.[24].

При возникновении аварийной ситуации возможно развитие взрыва или пожара. В этом случае в атмосферу будут поступать продукты горения метана, а именно CO и CO₂.

Выше указанные выбросы (метан, угарный газ, углекислый газ) относятся к парниковым газам, поэтому при попадании в атмосферу они увеличивает воздействие парникового эффекта [25].

Гидросфера.

Рядом с объектом исследования не имеется каких-либо водоемов. Поэтому негативного влияния на гидросферу объект исследования – ГРП, не оказывает.

Литосфера.

Газовое оборудование с течением времени требует замены или ремонта. Основные элементы оборудования изготовлены из стали, которые являются производственными отходами в соответствии с ГОСТ 30772-2001 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения», и согласно определению ГОСТ 16482-70 «Металлы черные вторичные. Термины и определения» являются металлическим ломом и относятся к IV классу опасности.

6.2.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.

Основными мероприятиями, направленными на минимизацию воздействия и повышения защиты окружающей среды, будут:

- в безаварийном режиме работы ГРП проводить мониторинг ОПО на наличие превышения допустимой концентрации метана в воздухе рабочей зоны;
- утилизация отходов при замене частей ГРУ на специально отведенный полигон;
- контроль над обеспечением герметичности газораспределительного оборудования и примыкающего оборудования к зданию ГРП;
- в случае возникновения аварийной ситуации экстренное принятие мер по предотвращению дальнейшего выброса природного газа в окружающую среду с целью уменьшения концентрации метана поступающего в атмосферу и уменьшения риска развития ЧС (взрыв или пожар) с целью уменьшения образования парниковых газов.

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

6.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Одной из причин взрыва ГРП может быть атмосферное электричество – прямые удары молнии, вследствие чего было принято решение сделать расчёт молниезащиты для ГРП.

В случае разгерметизации оборудования наиболее вероятными сценариями будут:

- разгерметизация оборудования с последующим развитием ЧС в виде взрыва;
- разгерметизация оборудования с последующим развитием факельного горения;
- разгерметизация оборудования с выходом газовойоздушной смеси (облака).

При возникновении взрыва в здании ГРП последствия могут быть как незначительными, так и катастрофическими. Все зависит от вида применяемых запорных устройств при возникновении утечки газа. Если запорные устройства срабатывают автоматически, то масса выделившего газа будет минимальна, следовательно, будут минимальны последствия взрыва.

Однако если на данном ГРП применяют ручное отключение подачи газа, то регламентируемое время на отключение составляет 300 с, в результате последствия будут катастрофическими. В зону поражения попадают две крупные площадки с открытыми распределительными устройствами ГРЭС–2, а именно трансформаторы под напряжением для охлаждения которых используется масло. Так как из-за промышленных целей участок с открытыми распределительными устройствами имеет большую площадь, то для охлаждения трансформаторов используются несколько тонн масла, которое

нагрето до высоких температур. Поэтому при возникновении взрыва на ГРП площадки ОРУ будут представлять вторичную опасность, в результате этого резко возрастают возможные последствия и зоны разрушений.

В случае развития факельного горения существует опасность возгорания примыкающих объектов и территорий. В весенний период возрастает вероятность возникновения палового пожара из-за возгорания сухой травы.

При разгерметизации оборудования с выходом газо-воздушной смеси облако может либо рассеяться, либо перемещаться на значительные расстояния под действием ветра. При перемещении газо-воздушного смеси существует опасность взрыва газового облака при встрече с источником зажигания. Таким образом, возникает риск развития ЧС за пределами Томской ГРЭС–2.

Более подробное описание последствий взрыва, а так же зоны поражения см. в разделе 4.

6.3.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.

В случае получения сигнала о возникновении ЧС на объекте исследования начальники, управления и службы Российской системы предупреждения и действий в чрезвычайных ситуациях, принимают меры к выявлению и оценке сложившейся обстановки, организуют проведение АСДНР в зоне ЧС. Руководитель ликвидации ЧС в результате личной работы по уяснению задачи и оценке сложившейся обстановки, а также с учетом выводов и предложений начальников служб РСЧС, принимает решение на проведение АСДНР. Распределяет силы и средства, привлекаемые для ликвидации ЧС по объектам и участкам работ, назначает ответственных лиц за проведение АСДНР [26].

Для того, чтобы минимизировать время на проведение АСДНР, необходимо своевременное выдвижение сил и средств, которые будут участвовать в ликвидации ЧС. Первыми на место чрезвычайной ситуации

выдвигаются пожарные подразделения, а так же разведывательные группы. Задачей данных групп является проведение разведки обстановки в зоне произошедшей ЧС и локализация пожаров. За разведкой следуют отряды первой медицинской помощи, для развёртывания и оказания ПМП. За отрядами ПМП выдвигаются силы и средства первых и вторых эшелонов основных спасательных сил. В первый эшелон входят и пожарные силы и средства. Силы, вводимые в зону ЧС, входят на назначенные им участки работ и незамедлительно приступают к ведению АСДНР. Проводятся работы по локализации и ликвидация пожаров, поиск и вынос пострадавших из зоны ЧС, а так же оказание им первой помощи и эвакуации в лечебные учреждения [26].

Продолжительность и продуктивность выполнения аварийно-спасательных и других неотложных работ, прежде всего, зависит от объёма работ, наличия сил и средств и других данных. Время начала спасательных работ определяют исходя из обстановки сложившейся на объекте при возникновении ЧС.

Алгоритмы выполнения работ и технологию, определяют командиры непосредственно на месте проведения работ с учетом характера разрушений зданий, коммунально-энергетических сетей и технологических линий, наличия завалов, очагов пожаров и других условий, которые могут повлиять на организацию и проведение спасательных работ. Из всего комплекса работ в первую очередь выполняются те, от которых непосредственно зависит спасение людей и их безопасность. Не малое значение в ходе проведения АСДНР имеют инженерные работы по разборке завалов, образовавшихся при взрыве газозвдушной смеси. Главную роль в успешном проведении АСДНР играет грамотное использование инженерной техники, которая привлекается для ликвидации чрезвычайной ситуации [26].

Оказание медицинской помощи пострадавшим и эвакуации их в лечебные учреждения является одним из важнейших мероприятий, осуществляемых в ходе проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ. Все формирования осуществляют розыск пострадавших, оказанию им первой

медицинской помощи, вынос к местам погрузки на транспорт для отправки в медицинские учреждения. Отряды ПМП размещают ближе к местам нахождения пострадавших, оказывают им первую врачебную помощь и подготавливают к эвакуации в лечебные учреждения. Для этих целей выделяются транспортные средства. Распределение поступивших пострадавших людей по лечебным учреждениям организует управление больничной базы [26].

На промышленных объектах хранения и выдачи СУГ, имеющих сети технологических трубопроводов, по которым под высоким давлением транспортируется опасное вещество, работы выполняются только под руководством специалистов этих объектов.

В итоге проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ должны быть спасены пострадавшие, оказана первая медицинская помощь и завершена их эвакуация в лечебные учреждения.

6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.4.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства

Оператор ГРП должен быть обучен и допущен к самостоятельной работе в соответствии с приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 29 января 2007 г. N 37 «О порядке подготовки и аттестации работников организаций, поднадзорных Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору» (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 22 марта 2007 г., регистрационный N 9133;

Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной

власти, 2007, N 31), от 27 августа 2010 г. N 823 «О внесении изменений в Положение об организации работы по подготовке и аттестации специалистов организаций, поднадзорных Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору, утвержденное приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 29 января 2007 г. N 37» (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 7 сентября 2010 г., регистрационный N 18370;

Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, 2010, N 39), от 15 декабря 2011 г. N 714 «О внесении изменений в приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 29 января 2007 г. N 37» (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 8 февраля 2012 г., регистрационный N 23166;

6.4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

При компоновке рабочей зоны необходимо учитывать требования СП 1.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы». Проходы и пути эвакуации должны быть свободны для беспрепятственной эвакуации. Для данного объекта необходимо минимум 2 эвакуационных выхода.

В соответствии с Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 25 сентября 2007 г. N 74 «О введении в действие новой редакции санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» санитарно-защитная зона для исследуемого объекта составляет 100 м.

Заключение

В ходе выполнения работы были выполнены следующие задачи.

Произведен анализ действующего опасного производства Томской ГРЭС–2. Одной из площадок ОПО является ГРП. Была составлена вариационная модель наиболее худшего сценария развития ЧС на ГРП.

Проведены расчеты и определены зоны поражения в случае возникновения ЧС на исследуемом объекте в результате частичной и полной разгерметизации газового оборудования. Из полученных данных было выполнено картирование территориального риска, которое наглядно отображает зоны поражения ударной волны в результате взрыва газа на ГРП.

Выполненные расчеты зоны поражений ударной волны при частичной и полной разгерметизации позволили провести сравнение последствий для объекта исследования и для города Томска в случае разгерметизации оборудования.

При частичной разгерметизации зоны полных и сильных разрушений будут отсутствовать, примыкающие к территории ГРЭС–2 жилые и общественные объекты не получают серьезных разрушений, так же будут минимальным травмирование людей. В случае полной разгерметизации последствия для производственного объекта, инфраструктуры и жителей кировского района города Томска будут колоссальны:

- радиус зоны полных разрушений – 338 м;
- радиус зоны сильных разрушений – 462 м;
- радиус зоны средних разрушений – 610 м;
- радиус зоны слабых разрушений – 1010 м.

Время действия огненного шара при полной разгерметизации составит 33 с, в случае истечения природного газа в течение 300 с.

Так же были предложены мероприятия направленные на предупреждение развития ЧС и повышение уровня безопасности исследуемого объекта – применение активной молниезащиты. Проведенные расчеты

показали, что применение активного молниеприемника почти в пять раз более эффективно по сравнению с пассивным. Радиус защиты активного молниеприемника составил 86,5 м, пассивного 14,8 м.

В конечном итоге была разработана универсальная блок-схема, в которой отражена методология проведения оценки территориального риска. Полученный алгоритм позволяет проводить анализ территориального риска для любой площадки ОПО.

Список публикаций

1. Овчинникова И.С. Оценка пожарных рисков в нефтегазовой отрасли// Неразрушающий контроль: сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность». В 3 т. Т. 3 / Томский политехнический университет. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. С. 257-260.

2. И.С.Овчинникова, А.А.Сайков. Вероятностная модель взрыва газового резервуара на примере объекта города Томска // сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции / Юргинский технологический институт. - Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2016. - 429 с.

Список литературы

1. Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 07.03.2017) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»;
2. Газорегуляторные пункты (ГРП) и установки (ГРУ) [Электронный ресурс] / – Студопедия; – Электрон. дан. URL: http://studopedia.ru/11_39899_gazoregulyatornie-punkti-grp-i-ustanovki-gru.html, свободный, – Яз. рус. Дата обращения 11.04.2017
3. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 N 123-ФЗ
4. Теория риска в оценке безопасности [Электронный ресурс] / Студопедия; – Электрон. дан. URL: http://studopedia.ru/11_39899_gazoregulyatornie-punkti-grp-i-ustanovki-gru.html, свободный, – Яз. рус. Дата обращения 12.04.2017
5. Оценка риска воздействия загрязнения атмосферы в исследуемом регионе. Швыряев А.А., Меньшиков В.В.: Учебное пособие для вузов. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 124с.
6. Техногенные системы, их взаимодействие с окружающей средой [Электронный ресурс] / – Потенциальный (территориальный) и социальные риски; – Электрон. дан. URL: <http://3ys.ru/tekhnogennye-sistemy-ikh-vzaimodejstvie-s-okruzhayushchej-sredoj/potentsialnyj-territorialnyj-i-sotsialnyj-riski.html>, свободный, – Яз. рус. Дата обращения 23.04.2017
7. Марин С.Ю. [Электронный ресурс] / Электронный учебно-методический комплекс по дисциплине «Надежность технических систем и техногенный риск». Электрон. дан. URL: [http://moodle.kubstu.ru/kubstu/ntsitr/konsp/%CB%E5%EA%F6%E8%FF%2011%20\(3%D0\).pdf](http://moodle.kubstu.ru/kubstu/ntsitr/konsp/%CB%E5%EA%F6%E8%FF%2011%20(3%D0).pdf), свободный, – Яз. рус. Дата обращения: 2.05.2017 г.
8. АО Томск РТС [Электронный ресурс] / Томская ГРЭС–2; – Электрон. дан. URL: <http://energo.tom.ru/about/information/>, свободный, – Яз. рус. Дата обращения 2.05.2017

9. Погодный сервис World Weather [Электронный ресурс] / Архив погоды в Томске; – Электрон. дан. URL: <https://world-weather.ru/archive/russia/tomsk/> , свободный, – Яз. рус. Дата обращения: 22.04.2017 г.

10. ГОСТ Р 12.3.047-2012 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля – М.: Стандартинформ, 2014 год.

11. Современные решения задач безопасности в квалификационных инженерных работах : учебное пособие / В.М. Дмитриев, В.Ф. Егоров, В.Н. Макарова, Е.А. Сергеева, Л.А. Харкевич. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2010. – 140 с.

12. СП 42-101-2003 Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб – М.: ЗАО "Полимергаз", ГУП ЦПП, 2003 год

13. Федеральное агентство по образованию / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова / Теория горения и взрыва / А.Н. Лопанов, Ю.В. Хомченко. –Б.: 2010. – 43 с.

14. Сравнение активной и пассивной молниезащиты [Электронный ресурс]; – Электрон. дан. URL: <http://www.volt-spb.ru/articles/133-sravnenie-aktivnoj-i-passivnoj-molniezawity> , свободный, – Яз. рус. Дата обращения: 2.05.2017 г.

15. Активная молниезащита [Электронный ресурс]; – Электрон. дан. URL: <http://electricvdele.ru/elektrobezopasnost/aktivnaya-molniezashhita-opisanie-i-princip-raboty.html> , свободный, – Яз. рус. Дата обращения: 2.05.2017 г.

16. Research and application of active lightning protection technology. Chong.Tong, Mingming Co., Ltd Suzho. / 20th International Lightning Detection Conference. 12 p.

17. Системы молниезащиты Héliota [Электронный ресурс] / Внешняя молниезащита; – Электрон. дан. URL: <https://elektroschyt.ru/wp->

content/uploads/2015/03/Molniezashhita-ABB.pdf , свободный, – Яз. рус. Дата обращения: 3.05.2017 г.

18. Молнии нет [Электронный ресурс] / Профессиональная молниезащита; – Электрон. дан. URL: <http://молнии-нет.рф/?yclid=2938656431881325491> , свободный, – Яз. рус. Дата обращения: 3.05.2017 г.

19. Молнии нет [Электронный ресурс] / Принципиальная схема защиты; – Электрон. дан. URL: <http://молнии-нет.рф/?yclid=2938656431881325491> , свободный, – Яз. рус. Дата обращения: 3.05.2017 г.

20. РД 34.21.122-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений»

21. Постановление Правительства РФ от 25.04.2012 N 390. О противопожарном режиме. – М.: Председатель правительства. – 2014 г. – 27 с.

22. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности

23. ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»;

24. Свободная энциклопедия [Электронный ресурс] / Парниковые газы; – Электрон. дан. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Парниковые_газы, свободный, – Яз. рус. Дата обращения: 14.05.2017 г.;

25. СП 11-107-98 «Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций». – 1998 г. – 44 с.

26. ГОСТ Р 12.3.047-2012 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля – М.: Стандартинформ, 2014 год.

27. Современные решения задач безопасности в квалификационных инженерных работах : учебное пособие / В.М. Дмитриев, В.Ф. Егоров, В.Н.

Макарова, Е.А. Сергеева, Л.А. Харкевич. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2010. – 140 с.

28. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору N 37 "О порядке подготовки и аттестации работников организаций, поднадзорных Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору". –М.: министерство Юстиции РФ. – 2007 г.