

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	
Современные методы анализа риска аварий и пожаров на опасных химических объектах	

УДК 614.841.412.004.4:629.119.082.3:661.716

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е2А	Сайков Алексей Алексеевич		

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
Ст. преподаватель	Королева Наталья Валентиновна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов Игорь Иванович	д.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2016 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ПРОГРАММЕ

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P1	Применять глубокие знания в области современных методов анализа рисков аварий и пожаров на опасных химических объектах
P2	Применять глубокие знания в области современных технологий активной молниезащиты для объектов
P3	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных технологий повышения безопасности объектов
P4	Исследовать новые подходы к решению задач по повышению безопасности опасных химических объектов
Универсальные компетенции	
P5	Эффективно работать, индивидуально в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работ и готовность следовать корпоративной культуре организации
P6	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития
P7	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

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:

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

Студенту:

Группа	ФИО
1E2A	Сайкову Алексею Алексеевичу

Тема работы:

Современные методы анализа риска аварий и пожаров на опасных химических объектах	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	14.04.16 №2868/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	Автомобильная газозаправочная станция. Режим работы непрерывный, так как функционирование осуществляется круглосуточно. В качестве сырья на АГЗС используется сжиженный углеводородный газ. Требования для АГЗС указываются в ПБ 12-527-03 «Правила безопасности при эксплуатации автомобильных заправочных станций сжиженного газа»
--	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	Сделать аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, обсуждение результатов выполненной работы; Проведение анализа опасностей действующего производства АГЗС «Черемошники»; Проведение расчетов зон поражения при возникновении ЧС; Проведение расчетов рисков; Разработка дерева событий (верхнее событие – взрыв емкости хранения). Предложить защитные мероприятия (молниезащиту), представить анализ эффективности предлагаемого решения. Наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе.
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	Королева Наталья Валентиновна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.03.2016
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин Александр Иванович	д.т.н.		14.03.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E2A	Сайков Алексей Алексеевич		14.03.2016

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 2015/2016 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:	31.05.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
5.04.16	Раздел «Литературный обзор» и «Анализ рисков аварий и пожаров», подбор литературы, проведение теоретических обоснований	
30.04.16	Раздел «Молниезащита». Выбор методов, технологий для организации молниезащиты объекта, построение защитных радиусов.	
15.05.16	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». Произвести оценку коммерческого потенциала для предложенных видов сорбентов.	
27.05.16	Раздел «Социальная ответственность». Рассмотреть опасные и вредные производственные факторы, способы защиты работающего персонала	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин Александр Иванович	д.т.н.		14.03.2016

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭБЖ ИНК ТПУ	Романенко Сергей Владимирович	д.х.н.		14.03.2016

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1E2A	Сайков Алексей Алексеевич

Институт	ИНК	Кафедра	ЭБЖ
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	техносферная безопасность

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах и изданиях, нормативно-правовых документах; наблюдение.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определение потенциального потребителя результатов исследования, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения научных исследований
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование этапов работы, определение календарного графика и трудоемкости работы, расчет бюджета
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка сравнительной эффективности проекта

Перечень графического материала:

Оценка конкурентоспособности технических решений
Матрица SWOT
Альтернативы проведения НИ
График проведения и бюджет НИ
Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Королева Наталья Валентиновна			14.03.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E2A	Сайков Алексей Алексеевич		14.03.2016

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1E2A	Сайков Алексей Алексеевич

Институт	ИНК	Кафедра	ЭБЖ
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	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 выходами на открытое пространство для осуществления заправки автомобилей. Работа представляет собой постоянный контакт с опасным веществом, в виде топливной смеси сжиженного газа (пропан-бутан).
--	---

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: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).	Воздействие на оператора АГЗС физических факторов, таких как, запылённость воздуха рабочей зоны, повышенного уровня опасности взрыва и пожара, выхлопных газов с проезжей части, вдыхание газовой смеси, которая выбрасывается через клапан избыточного давления, шум от железнодорожного транспорта и автомобильной трассы.
2. Экологическая безопасность: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению	Защита селитебной зоны выполнена путем расстановки предупреждающих знаков о пожаро- и взрывоопасности. В случае возникновения пожара возможны выбросы в атмосферу продуктов горения и большого количества CO₂, что приведет к изменению климата. Воздействуя на литосферу пожар повлечет

экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	изменение физических и химических свойств почвы. В биосфере повлечет необратимые потери биоразнообразия.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	Возможны возгорания вследствие удара молнии, ошибки оператора в виде нарушения правил пожарной безопасности. Наиболее типичным ЧС будет пожар. Превентивными мероприятиями являются установка активной молниезащиты, установка предупреждающих знаков о пожаро- и взрывоопасности объекта.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. ГОСТ 12.1.007-76 Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. ГОСТ Р 12.3.047-98 "Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля".

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.		14.03.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е2А	Сайков Алексей Алексеевич		14.03.2016

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 116 страниц, 15 рисунков, 26 таблиц, 38 источников.

Ключевые слова: АНАЛИЗ, РИСК, ДЕРЕВО, СОБЫТИЕ, МОЛНИЕЗАЩИТА, ВЗРЫВ, СЖИЖЕННЫЙ, УГЛЕВОДОРОДНЫЙ, ГАЗ, ПРОПАН, БУТАН.

Объектом исследования является автомобильная газозаправочная станция «Черемошники». Предмет исследования – резервуары содержащие СУГ.

Цель работы – анализ пожарных рисков на объекте АГЗС «Черемошники».

В ходе работы было выполнено построение дерева событий и расчёт вероятностей совершения этих событий. Выполнен расчёт зон поражения, которые выделяют для объектов данного типа – бризантная зона, радиус и время существования огненного шара, зона действия ударной волны, тепловая интенсивность. Проведён анализ установки активной молниезащиты для объекта. Рассчитаны защитные радиусы молниеприемника. Сделано сравнение активной и пассивной молниезащиты, выявлены плюсы и минусы.

В результате исследования были разработаны мероприятия по повышению безопасности исследуемого объекта.

Рекомендуется установка активной молниезащиты на объекте, вследствие высокой грозовой активности 5,6 ударов на 1 км² в год.

Данные нововведения позволяют обезопасить рабочий персонал, местных жителей и их имущество, а также окружающую среду.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АСДНР – аварийно-спасательные и другие неотложные работы;

АСР – Аварийно-спасательные работы;

ТС Технологическая система;

ЧС – Чрезвычайная ситуация;

АГЗС – автомобильная газозаправочная станция.

СУГ – сжиженные углеводородные газы.

АЗС – автомобильная заправочная станция.

ПШ – противогаз шланговый.

ПГА – переносной газоанализатор.

ПК – персональный компьютер.

АГНКС – автомобильная газонаполнительная компрессорная станция.

КПГ – компримированный природный газ.

КИП – контрольно-измерительные приборы.

НКПР – нижний концентрационный предел распространения пламени.

ПАГЗС – Подземные газозаправочные станции.

ОАГЗС – Обвалованные газозаправочные станции.

НАГЗС – Наземные газозаправочные станции.

НПБ – нормы пожарной безопасности.

ПУЭ – правила устройства электроустановок.

ГСМ – горюче-смазочные материалы.

РД – руководящий документ.

ВВ – взрывчатое вещество.

АМЗ – активная молниезащита.

АХОВ – аварийно химически опасные вещества.

СДЯВ – сильнодействующие ядовитые вещества.

АВПО – анализ последствий и видов отказов.

АВПКО – анализ последствий и видов критических отказов.

АОР – анализ опасности и работоспособности.

АДС – анализ дерева событий.

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

1. Гост 5542-87. Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения.
2. 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.).
3. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (вступил в силу с 01.05.2009 г.).
4. Градостроительный кодекс РФ Градостроительный кодекс Российской Федерации (последн. ред. Федерального закона от 27.12.2009 N 343-ФЗ).
5. Постановление Правительства от 16 февраля 2008 г. N 87 О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию (2008 г.).
6. ПБ 03-438-02 Правила безопасности гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов.
7. ПБ 03-517-02 Общие правила промышленной безопасности для организаций, осуществляющих деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов.
8. ПБ 03-576-03 Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.
9. ПБ 09-540-03 Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств.
10. ПБ 12-529-03 Правила безопасности систем газораспределения и газопотребления.
11. ПБ 12-609-03 Правила безопасности для объектов, использующих сжиженные углеводородные газы (утв. постановлением Госгортехнадзора РФ от 27 мая 2003 г. N 40).

12. НПБ 105-95 Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.

13. НПБ 111-98* Автозаправочные станции. Требования пожарной безопасности.

14. СНиП 2.04.08-87 Резервуары для СУГ.

15. СНиП 2.04.08-87 Автомобильные газозаправочные станции сжиженных газов.

16. СНиП 2.04.08-87 Газоснабжение сжиженными газами резервуарных и баллонных установок.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	16
1. ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫЕ ОБЪЕКТЫ.....	18
1.1 Аварии на опасных химических объектах	20
1.2 Химические аварии.....	23
1.3 Последствия аварий.....	24
1.4 Особенности мероприятий по защите населения от химического воздействия.....	26
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ	28
3. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОВЕДЕНИЯ АНАЛИЗА РИСКА	29
3.1 Характеристика методов анализа риска.....	30
4. РАЗРАБОТКА ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ ВЗРЫВА РЕЗЕРВУАРА СОДЕРЖАЩЕГО СУГ	37
4.1 Построение и анализ вероятностной модели.....	37
4.2 Распределение потенциального территориального риска.....	41
4.2.1 Расчет зоны поражения при взрыве топливных смесей в открытом пространстве.....	42
4.3 Выводы по разделу	46
5. РАСЧЕТ АКТИВНОЙ МОЛНИЕЗАЩИТЫ.....	48
5.1.1 Преимущества активной молниезащиты	50
5.1.2 Перспективы применения активной молниезащиты	54
5.1.3 Типы активного молниеприемника PREVECTRON.....	54
5.1.4 Назначение активных молниеприемников.....	55
5.1.5 Устройство и работа молниеприёмника PREVECTRON	58
5.1.6 Радиус защиты молниеприемника PREVECTRON.....	62
5.1.7 Молниезащита автомобильной газозаправочной станции.....	62
5.1.8 Описание автомобильной газозаправочной станции.....	63
5.1.9 Расчёт плотности ударов в землю.....	65
5.1.10 Определение уровня молниезащиты	67
5.1.11 Построение активной молниезащиты и расчет защитных радиусов	69

5.2 РАСЧЕТ МОЛНИЕЗАЩИТЫ ПО ДЕЙСТВУЮЩЕМУ НОРМАТИВУ ..	72
5.2.1 Оценка среднегодовой продолжительности гроз и ожидаемого количества поражений молнией зданий	72
5.2.2 Построение зоны защиты	72
5.2 Анализ эффективности предлагаемой молниезащиты	74
5.3 Выводы по разделу	75
6. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	77
6.1.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	77
6.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	78
6.1.3 Технология QuaD	79
6.1.4 SWOT-анализ	81
6.1.5 планирование научно-исследовательских работ структура работ в рамках научного исследования	83
6.1.6 Определение трудоемкости выполнения работ.....	83
6.1.7 Разработка графика проведения научного исследования.....	85
6.1.8 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	86
6.1.9 Расчет материальных затрат НТИ.....	86
6.1.10 Основная заработная плата исполнителей темы	86
6.1.11 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	87
6.1.12 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	88
6.1.13 Накладные расходы	89
6.1.14 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта..	89
6.1.15 Определение ресурсной (ресурсосберегающей финансовой, бюджетной, социальной и экономической) эффективности исследования	89
6.2 ВЫВОД	91
7. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.	93
7.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов	94

7.2 Техника безопасности	96
7.3 Правила техники безопасности	96
7.4 Экологическая безопасность	97
7.4.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.....	97
7.4.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	98
7.5 Производственная санитария	98
7.5.1 Воздухообмен.....	99
7.5.2 Шум	100
7.5.3 Освещение	101
7.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	102
7.6.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.....	102
7.8 ВЫВОД.....	107
ЗАЛЮЧЕНИЕ	109
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	112

ВВЕДЕНИЕ

Автомобильные газозаправочные станции (АГЗС) являются опасными производственными объектами и деятельность по строительству, расширению, проектированию, техническому перевооружению, реконструкции, по монтажу, изготовлению, обслуживанию, ремонту применяемых на АГЗС технических устройств, контролируется Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.97 N 116-ФЗ*1 [1].

Эксплуатация автомобильных газозаправочных станций (АГЗС) может осуществляться организациями, которые имеют обученный и аттестованный персонал, необходимую базу материально-технических документов, а также лицензию от Госгортехнадзора России на эксплуатацию взрывоопасного объекта [1].

Целью работы является анализ пожарных рисков на объекте АГЗС «Черемошники».

В связи с тем, что объект является не санкционированным к функционированию в данном месте, было принято решение провести скрытый аудит данного объекта.

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

- Провести анализ опасностей действующего производства АГЗС «Черемошники»;
- Провести расчеты зон поражения при возникновении ЧС;
- Провести расчеты рисков;
- Разработать дерево событий (верхнее событие – взрыв емкости хранения).
- Предложить защитные мероприятия (молниезащиту), представить анализ эффективности предлагаемого решения.

В ходе работы было выполнено построение дерева событий и расчёт вероятностей совершения этих событий. Выполнен расчёт зон поражения,

которые выделяют для объектов данного типа – бризантная зона, радиус и время существования огненного шара, зона действия ударной волны, тепловая интенсивность.

В результате исследования были разработаны мероприятия по повышению безопасности исследуемого объекта.

Рекомендуется установка активной молниезащиты на объекте, вследствие высокой грозовой активности 5,6 ударов на 1 км² в год.

Данные нововведения позволяют обезопасить рабочий персонал, местных жителей и их имущество, а также окружающую среду.

1. ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫЕ ОБЪЕКТЫ

Химически опасным объектом является такой объект, на котором осуществляется хранение, переработка, а также использование или транспортировка химически опасных веществ. В случае на таком объекте, с определённой вероятностью возможна гибель либо заражение людей, растений, животных и окружающей среды [2].

К опасным химическим объектам относят такие объекты как:

- заводы и комбинаты отраслей химической промышленности, отдельные цеха и установки, производящие либо потребляющие аварийно химически опасные вещества;
- заводы по переработке нефтегазового сырья;
- другие отрасли промышленности, где используется АХОВ;
- порты, терминалы, железнодорожные станции и склады АХОВ;
- транспортные средства, которые осуществляют транспортировку аварийно химически опасных веществ [2].

Обратим внимание на то, что АХОВ может выступать как исходным сырьем, так и промежуточным, а также конечным продуктом промышленного производства.

Так как есть вероятность выброса или разлива ядовитых веществ на потенциально опасном химическом объекте для своевременного уменьшения влияния и прекращения влияния опасных и вредных факторов химически опасного объекта на людей, животных, растений, а также на окружающую природную среду вокруг объекта устанавливается санитарно-защитная зона [3].

Глубина санитарно-защитной зоны зависит от мощности, условий хода технологического процесса, количества и характера выделяемых в окружающую природную среду вредных веществ и других вредных и опасных факторов. В зависимости от санитарно-гигиенических критериев оценки их опасности для окружающей среды предприятия подразделяются на 5 классов.

Первый класс является наиболее опасным, наименее опасный – пятый класс. В зависимости от класса предприятия размеры СЗЗ составляют:

- Первый класс – 1000 м;
- Второй класс – 500 м;
- Третий класс – 300 м;
- Четвёртый класс – 100 м;
- Пятый класс – 50 м.

ХОО имеют 4 степени опасности:

- Объект принадлежит первой степени опасности если в зоне заражения оказывается больше семидесяти пяти тысяч человек, а масштаб заражения будет региональным, период заражения воздушного пространства до нескольких суток, заражение водных источников – может быть как несколько месяцев, так и в течении нескольких суток. К данной степени опасности относятся такие объекты как водоочистные сооружения, крупные предприятия химической промышленности, которые располагаются вблизи либо на территории крупных городов [4];

- Объект принадлежит ко второй степени опасности, если в зоне заражения, оказывается, от сорока до семидесяти пяти тысяч человек, масштаб заражения имеет местный уровень, период заражения воздушного пространства может длиться как несколько суток, так и несколько часов, заражения воды может протекать до нескольких дней. К данной степени опасности относят предприятия пищевой и перерабатывающей промышленности, химической, нефтехимической, а также водоочистные сооружения коммунальных служб [4];

- Объект принадлежит третьей степени опасности, если в зоне заражения оказывается менее сорока тысяч человек, масштаб заражения имеет локальный уровень, период заражения воздушного пространства может длиться как несколько часов, так и несколько минут, заражение водных источников могут протекать как несколько суток, так и пару часов. К данной степени опасности относятся мелкие предприятия перерабатывающей и пищевой

промышленности, такие как хладокомбинаты, мясокомбинаты, и другие. При этом масштаб заражения будет иметь местное значение [4];

- Объект принадлежит к четвёртой степени опасности, в данном случае зона заражения аварийно химически опасными веществами не выходит за пределы территории пострадавшего объекта или санитарно-защитной зоны данного объекта, имеет локальный масштаб, заражение воздуха – от нескольких минут до нескольких часов, заражение воды – от нескольких часов до нескольких суток. Опасным химическим объектом четвёртой степени является объект с количеством АХОВ менее 100 килограмм [4].

1.1 Аварии на опасных химических объектах

Отличительная особенность аварий происходящих на химически опасных объектах сопровождающихся выбросом отравляющих веществ это то, что при высокой концентрации данных веществ негативное воздействие на людей может происходить в значительно малые сроки. Из этого следует, что сохранение жизни и здоровья людей будет зависеть от быстрых и умелых действий самого населения.

Среди ЧС техногенного характера аварии на опасных химических объектах происходят довольно часто. Вследствие химизации промышленности во второй половине двадцатого века произошёл рост опасностей техногенного характера, которые связаны непосредственно с химическими авариями, и могут попутно осуществляться выбросы в атмосферу опасных отравляющих веществ, а также приносить большие человеческие жертвы и вред объектам экономики. По статистике, за последние несколько лет в Российской Федерации каждый год происходит от 80 до 100 аварий на опасных химических объектах сопровождающихся выбросами отравляющих веществ в атмосферу [5].

Химически опасными объектами являются:

- Предприятия нефтеперерабатывающей, химической, нефтехимической, а также других близких им отраслей промышленности;

- Предприятия, которые имеют на своей территории и осуществляют работу с промышленными холодильными установками, в которых в качестве хладагента выступает аммиак;
- Очистные и водопроводные сооружения, на которых применяется хлор и другие предприятия.

Присвоение звания таким производственным опасным объектам устанавливается в соответствии с критериями токсичности, и регулируется ФЗ “О промышленной безопасности опасных производственных объектов”.

Существуют четыре категории степени опасности ХОО:

I — в зоне предполагаемого химического заражения оказывается более семидесяти пяти тысяч человек;

II — в зоне возможного химического заражения оказывается от сорока до семидесяти пяти тысяч человек;

III — в зоне возможного химического заражения оказывается менее сорока тысяч человек;

IV — зона предполагаемого заражения химическими веществами, не выходит за пределы территории объекта либо его санитарно-защитной зоны.

Очень важно понимание поражающих свойств отравляющих веществ, организация раннего прогнозирования, а также произведение оценки возможных последствий аварий с выбросом аварийно химически опасных веществ, умение правильного действия в таких условиях и ликвидация последствий аварийного выброса является необходимым условием для обеспечения безопасности населения [5].

Аварийно химически опасное вещество – это вещество, применяемое в сельском хозяйстве и промышленности. При аварийном выбросе таких веществ непременно происходит заражение окружающей природной среды и из-за высоких концентраций АХОВ, происходит поражение живых организмов. Важнейшее свойство АХОВ – это токсичность, под которой понимается их ядовитость, которая в своё время характеризуется поражающей, смертельной и пороговой концентрациями. Для более точной характеристики АХОВ

используется такое понятие, как «токсодоза», оно характеризует количество токсичного вещества, которое было поглощено организмом за конкретный интервал времени [5].

По степени воздействия на человеческий организм АХОВ делят на 4 класса опасности:

1. Малоопасные.
2. Умеренно опасные;
3. Высокоопасные;
4. Чрезвычайно опасные;

По поражающим свойствам аварийно химически опасные вещества неоднородны. Их основным классификационным признаком наиболее часто используют признак приоритетного синдрома, который проявляется при остром отравлении человека.

По характеру действия на человеческий организм весь перечень АХОВ условно делят на следующие группы:

- вещества, которые обладают непосредственно удушающим действием (например: фосген, хлор);
- вещества, которые обладают непосредственно общим ядовитым действием (например: окись углерода);
- вещества, которые обладают общим ядовитым действием и удушающим (например: азотная кислота, сернистый ангидрид);
- вещества, которые обладают нейротропным и удушающим действием (например: аммиак);
- метаболические яды (например: окись этилена и др.);

АХОВ хранятся большими количествами на предприятиях, которые осуществляют работу по их производству и потреблению. Запасы этих веществ размещаются в транспортных средствах, хранилищах (до 70–80%), технологической аппаратуре. Наиболее распространенными АХОВ являются сжиженный аммиак и хлор. Некоторые опасные химические объекты содержат

тысячи тонн сжиженного хлора и несколько десятков тысяч тонн сжиженного аммиака [5].

1.2 Химические аварии

Обратим внимание на то, негативное воздействие от химически опасных объектов реализуется в виде химических аварий. Химическая авария представляет собой аварию на химически опасном объекте, которая в своё время сопровождается выбросом или проливом опасных химических веществ, способная привести к гибели или химическому заражению людей, продовольствия, пищевого сырья и кормов, сельскохозяйственных животных и растений или к химическому заражению окружающей природной среды. При химических авариях АХОВ распространяются в виде аэрозолей, паров, жидкостей и газов [5].

Вследствие быстрого перехода в атмосферу части вещества из резервуара при его разрушении происходит образование первичного облака. Вторичное облако АХОВ — из-за испарения разлитого вещества с поверхности. Чрезвычайные ситуации, которые представляют химическую опасность, происходят при аварийных проливах или выбросах используемых в производстве, транспортируемых или хранящихся сжиженных сильнодействующих ядовитых веществ.

Вследствие аварии с выбросом аварийно химически опасных веществ происходит заражение химическими веществами — распространение опасных химических веществ в окружающей природной среде в концентрациях или количествах, создающих угрозу для людей, сельскохозяйственных животных и растений в течение определенного времени.

При химических авариях, может произойти выход облака зараженного воздуха, за пределы территории объекта. Это объясняет химическую опасность административно-территориальной единицы, где расположен объект подобного типа. Вследствие аварии на химически опасном объекте, имеет место возникновение зоны химического заражения [5].

Зоной химического заражения, является территория, в пределах которой распространены опасные химические вещества в количествах или концентрациях, которые могут создать опасность для здоровья и жизни людей, для растений и сельскохозяйственных животных в течение некоторого времени.

Внутри очага заражения химическими веществами, могут происходить массовые поражения людей, растений и сельскохозяйственных животных.

В случае чрезвычайной ситуации на химически опасных объектах может действовать комплекс поражающих факторов:

- конкретно на объекте аварии — ударная волна при наличии взрыва, токсическое воздействие АХОВ, воздействие продуктами и сгорания при пожаре тепловое воздействие;
- за объектом аварии — зараженный воздух выходит за пределы объекта и происходит отравление. Основным поражающим фактором является токсическое воздействие АХОВ.

1.3 Последствия аварий

Последствием произошедших аварий на химически опасных объектах является совокупность результатов воздействия химического заражения на население, окружающую среду и объекты народного хозяйства. После произошедшей аварии складывается аварийная химическая обстановка и как правило формируется чрезвычайная ситуация техногенного характера [5].

Люди, а также животные могут получить поражения в результате отравления АХОВ:

- отравление путём проникновения АХОВ через органы дыхания, т.е. ингаляционным путём поступления в организм;
- отравление путём проникновения АХОВ через кожные покровы, раны и слизистые оболочки, т.е. резорбтивным путём поступления в организм;
- отравление путём проникновения АХОВ через желудочно-кишечный тракт, т.е. пероральным путём поступления в организм.

Характер и степень нарушения жизнеспособности организма зависят от особенностей токсического действия АХОВ, их агрегатного состояния и физико-химических характеристик, концентрации аэрозолей или паров в воздухе, а также зависит от продолжительности их воздействия на организм человека или животного и путей их проникновения [5].

Механизм токсического действия АХОВ заключается в следующем. В человеческом организме, а также между организмом и внешней окружающей средой непрерывно осуществляется интенсивный обмен веществ. Одной из важных ролей в этом обмене являются ферменты (катализаторы), которые присутствуют в каждой живой клетке и осуществляют превращения веществ в организме, регулируя и направляя его обмен веществ. Неисчислимы биохимические реакции в клетках осуществляет большое количество разнообразных ферментов.

В большинстве случаев нарушения в организме выражается в виде хронических и острых отравлений, которые происходят непосредственно в результате поступления АХОВ в человеческий организм ингаляционным путём. А способствуют этому очень большая поверхность легочной ткани, повышенная легочная вентиляция, быстрота проникновения АХОВ в кровь и усиление кровотока в легких при физической работе [5].

Экологические последствия аварий и катастроф на объектах, которые используют разнообразные химические технологии, определяются процессами рассеивания вредных химических веществ в окружающей природной среде, а также миграцией в различных средообразующих компонентах и теми изменениями, которые проявились в результате химических превращений. Данные превращения равным образом вызывают изменения характера и условий природных процессов, а также зачастую и различные нарушения в экологических системах [5].

1.4 Особенности мероприятий по защите населения от химического воздействия

Химическая защита является комплексом мероприятий, которые направлены непосредственно на ослабление или исключение воздействия АХОВ на персонал ХОО и население, а также направленных на уменьшение масштабов последствий химических аварий.

Обратим внимание на то, что, как правило, мероприятия по химической защите выполняются, заблаговременно, а также в оперативном порядке в ходе ликвидации возникающих ЧС химического характера [5].

Мероприятия химической защиты, которые проводятся заблаговременно:

- осуществляется создание и эксплуатация систем, которые необходимы для контроля над химической обстановкой в районах опасных химических объектов и системы локального оповещения о химической опасности;
- производится разработка планов действий по ликвидации и предупреждению химических аварий;
- осуществляется хранение, накопление и поддержка в готовности средств индивидуальной защиты кожи и органов дыхания, а также приборов химической разведки и дегазирующие вещества;
- осуществляется поддержка в готовности к использованию убежищ, которые предназначены для обеспечения защиты людей от АХОВ;
- принятие мер направленных на защиту пищевого сырья, продовольствия, источников, а также запасов воды от заражения АХОВ;
- проводится подготовка к действиям в условиях химических аварий АСП и персонала ХОО, на котором непосредственно произошла ЧС;
- производится обеспечение готовности сил и средств подсистем и звеньев РСЧС, на территории которых находятся химически опасные объекты, для ликвидации последствий химических аварий [5].

К основным мероприятиям химической защиты относятся:

- обнаружение химической аварии и немедленное оповещение;
- выявление химической обстановки в зоне заражения;
- соблюдение норм и правил химической безопасности;
- контроль над обеспечением, а также само обеспечение персонала аварийного объекта, населения и участников ликвидации последствий химической аварии средствами индивидуальной защиты кожи и органов дыхания;
- осуществление эвакуации населения в случае необходимости из зоны аварии, а также зон возможного заражения АХОВ;
- размещение персонала и населения в убежищах, которые обеспечивают защиту от АХОВ;
- оперативное применение средств обработки кожных покровов и противоядий;
- санитарная обработка персонала, населения, а также участников ликвидации последствий аварий;
- осуществление дегазации аварийного объекта, территории прилегающей к нему, а также средств и другого имущества.

Оповещение о химической аварии необходимо проводить локальными системами оповещения. Решение на оповещение населения и персонала принимает дежурная смена диспетчерских служб непосредственно пострадавшего объекта [5].

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью работы является анализ пожарных рисков на объекте АГЗС «Черемошники».

В связи с тем, что объект является не санкционированным к функционированию в данном месте, было принято решение провести скрытый аудит данного объекта.

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

- Провести анализ опасностей действующего производства АГЗС «Черемошники»;
- Провести расчеты зон поражения при возникновении ЧС;
- Провести расчеты рисков;
- Разработать дерево событий (верхнее событие – взрыв емкости хранения).
- Предложить защитные мероприятия (молниезащиту), представить анализ эффективности предлагаемого решения.

3. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОВЕДЕНИЯ АНАЛИЗА РИСКА

На этапе определения метода для проведения анализа риска нужно учесть все этапы функционирования объекта (такие как эксплуатация и проектирование), а также критерии приемлемого риска, цели анализа, тип анализируемого опасного объекта, характер опасности, которую он представляет, наличие ресурсов для проведения анализа, наличие необходимой информации и другие факторы.

В момент, когда производится определение опасностей и оценка риска, рекомендую применить метод качественной оценки и анализа риска, который основан на продуманной процедуре, специальных вспомогательных средств (опросных листов, анкет, инструкций и бланков), а также опыт практической работы исполнителей. Данный этап называется – анализ опасностей [6].

Обратим внимание на то, что использование не простых количественных методов анализа риска регулярно дает значения показателей риска, точность которых для сложных технических систем очень мала. Вследствие этого исполнение полной количественной оценки риска будет намного результативнее для того чтобы провести сравнение источников опасностей, чем для того чтобы провести составление заключения о степени безопасности объекта. Впрочем, количественные методы оценки риска зачастую являются весьма полезными, а в некоторых случаях, являются единственно допустимыми. Так, например, для сравнения опасностей разного характера, иллюстрации результатов или для оценки последствий крупных аварий.

Снабжение нужной информацией считается очень важным условием проведения оценки риска. Вследствие недочёта статистических данных на практике рекомендовано применять экспертные оценки и методы ранжирования риска, базирующиеся на упрощенных способах количественного анализа риска. В данных подходах разбираемые элементы или события традиционно группируются по величине вероятности, тяжести последствий и риска на

несколько групп. В случае такого подхода высокий уровень риска может считаться (в зависимости от особенностей объекта) недопустимым (либо нуждающемся в особом рассмотрении), промежуточный уровень риска нуждается в выполнении работ предназначенных для понижения уровня риска, маленький уровень приемлем, а ничтожно малый может и вовсе не рассматриваться [6].

На моменте применения методов анализа риска рекомендовано руководствоваться следующими требованиями:

- метод проведения анализа риска, должен иметь возможность повторения и проверки;
- метод проведения анализа риска, должен быть научно обоснован;
- метод проведения анализа риска, должен представлять полученные результаты в таком виде, который позволяет наиболее лучше понять форму реализации опасностей и определить пути снижения риска;

В момент произведения идентификации опасностей рекомендовано к использованию один или несколько из ниже перечисленных методов анализа риска:

- «Что будет, если..?»;
- анализ работоспособности и опасности;
- анализ и составление «дерева событий»;
- анализ «дерева отказов»;
- проверочный лист;
- соответствующие эквивалентные методы.
- анализ последствий и видов отказов;

3.1 Характеристика методов анализа риска

В описанном разделе приведён краткий обзор основных используемых методов, которые рекомендованы для произведения анализа риска.

1. Методы «**Что будет, если..?**» и **проверочного листа**, относятся к классу методов качественных оценок опасностей, которые основаны на

изучении соответствия условий эксплуатации проекта или объекта требованиям промбезопасности [7].

Результат выполнения проверочного листа – это перечень вопросов и ответов о соответствиях опасного объекта требованиям промбезопасности, а также указания по их обеспечению. Метод проверочного листа многим отличается от «Что будет, если..?». Данный метод обладает очень обширным представлением результатов о последствиях нарушений правил техники безопасности и представлением первоначальной информации.

Данные методы являются очень простыми на фоне остальных, а также они не трудозатратны. Сам результат может быть получен непосредственно одним специалистом за один день.

Анализ последствий и видов отказов непосредственно используется для проведения качественного анализа опасности для рассматриваемого объекта либо технической системы. Яркой выраженной чертой данного метода является рассмотрение абсолютно каждого аппарата (блока, установки или изделия) или составной части системы (либо же элемента) на анализ того факта, вследствие которого он стал неисправным (причина и вид отказа), а также какое воздействие оказал отказ непосредственно на какую либо техническую систему.

Анализ последствий и видов отказа разрешено увеличить до количественного анализа видов, последствий и критичности отказов (АВПКО). В представленном случае любой вид отказа ранжируется с учетом нескольких составляющих, а именно тяжести последствий отказа и критичности – вероятности. Определение характеристик критичности, является неотъемлемой процедурой для разработки рекомендаций и расстановки приоритетов для мер безопасности [7].

Полученный результат анализов представляют в табличном виде со списком оборудования, видов и причин возможных отказов, с последствиями, критичностью, частотой, средствами обнаружения

неисправности (приборы контроля, сигнализаторы), а также советами и рекомендациями направленных на уменьшение опасностей.

Обратим внимание на то, что система классификации отказов по критериям вероятности и тяжести последствий необходимо адаптировать под каждый объект, либо техническое устройство, учитывая их специфику.

Далее представлены в качестве примера показатели уровней, а также критериев критичности по тяжести и вероятности для последствий какого либо отказа. В конкретном случае выделяется четыре группы, которые могут получить какой либо ущерб от отказа, а именно: население, персонал, имущество (здания, сооружения, различное оборудование), а также окружающая природная среда [7].

В таблице 1 наглядно представлены следующие варианты критериев:

Критерии отказов по тяжести последствий:

- критический или некритический отказ – может угрожать либо не угрожать жизни людей, приводить либо же не приводит к весомому ущербу имуществу, а также природной окружающей среде;
- пренебрежимо малые последствия – отказ, может не относиться по виду своих последствий ни к одной из какой либо категории;
- отказ катастрофический – данный отказ, может привести к смерти людей, весомому ущербу имуществу, а также может нанести огромный ущерб окружающей природной среде;

Критичность отказов:

A – требуются особые меры обеспечения безопасности или обязательный количественный анализ риска;

B – требуется принятие определенных мер безопасности или желателен количественный анализ риска;

C – принятие некоторых мер безопасности или рекомендуется проведение качественного анализа опасностей;

D – принятие и анализ специальных мер безопасности не требуется.

Таблица 1. Матрица «вероятность-тяжесть последствий»

Вид отказов	Частота возникновения отказа/год	Тяжесть последствий нанесённых отказом			
		Катастрофическое	Критическое	Некритическое	С весьма малыми последствиями
Частый	>1	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>C</i>
Вероятный	$1 \cdot 10^{-2}$	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
Возможный	$10^{-2} \cdot 10^{-4}$	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
Редкий	$10^{-4} \cdot 10^{-6}$	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
Практически невероятный	$<10^{-6}$	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>D</i>

Методы АВПО, АВПКО как правило, применяются, для проведения анализа проектов сложных технических решений или технических систем. Данные методы выполняются группами специалистов различных профилей, (например, специалистами по химическим процессам, технологии и инженером) состоящих из трёх–семи человек на протяжении нескольких дней либо недель [7].

Методом анализа опасности и работоспособности (АОР) проводится исследование опасности отклонения технологических параметров (давления, температуры) от нормы. Анализ опасности и работоспособности по качеству результатов и сложности соответствует уровню АВПКО, АВПО.

В процессе анализа для каждой составляющей опасного производственного объекта или технологического блока определяются возможные отклонения, причины и указания по их недопущению. При характеристике отклонения используются ключевые слова «нет», «больше», «меньше», «также, как», «другой», «иначе, чем», «обратный» и т.п. Применение ключевых слов помогает исполнителям выявить все возможные отклонения. Конкретное сочетание этих слов с технологическими параметрами определяется спецификой производства.

Примерное содержание ключевых слов следующее:

- «больше (меньше)» – увеличение (уменьшение) значений режимных переменных по сравнению с заданными параметрами (температуры, давления, расхода);

- «нет» – отсутствие прямой подачи вещества, когда она должна быть;
- «другой» – состояние, отличающиеся от обычной работы (пуск, остановка, повышение производительности и т.д.);
- «так же, как» – появление дополнительных компонентов (воздух, вода, примеси);
- «обратный» – логическая противоположность замыслу, появление обратного потока вещества.
- «иначе, чем» – полное изменение процесса, непредвиденное событие, разрушение, разгерметизация оборудования;

Результаты анализа представляются на специальных технологических листах (таблицах). Степень опасности отклонений может быть определена количественно путем оценки вероятности и тяжести последствий рассматриваемой ситуации по критериям критичности аналогично методу АВПКО [7].

Отметим, что метод АОР, так же как АВПКО, кроме идентификации опасностей и их ранжирования позволяет выявить неясности и неточности в инструкциях по безопасности и способствует их дальнейшему совершенствованию. Недостатки методов связаны с затрудненностью их применения для анализа комбинаций событий, приводящих к аварии.

Практика показывает, что крупные аварии характеризуются комбинацией случайных событий возникающих с различной частотой на разных стадиях возникновения и развития аварии (отказы оборудования, ошибки человека, нерасчетные внешние воздействия, разрушение, выброс, пролив вещества, рассеяние веществ, воспламенение, взрыв, интоксикация и т.д.). Для выявления причинно-следственных связей между этими событиями используют логико-графические методы анализа «деревьев отказов» и «деревьев событий».

При анализе «деревьев отказов» (АДО) выявляются комбинации отказов (неполадок) оборудования, инцидентов, ошибок персонала и нерасчетных

внешних (техногенных, природных) воздействий, приводящие к головному событию (аварийной ситуации). Метод используется для анализа возможных причин возникновения аварийной ситуации и расчета ее частоты (на основе знания частот исходных событий). При анализе «дерева отказа» (аварии) рекомендуется определять минимальные сочетания событий, определяющие возникновение или невозможность возникновения аварии [7].

Анализ «дерева событий» (АДС) – алгоритм построения последовательности событий, исходящих из основного события (аварийной ситуации). Используется для анализа развития аварийной ситуации. Частота каждого сценария развития аварийной ситуации рассчитывается путем умножения частоты основного события на условную вероятность конечного события (например, аварии с разгерметизацией оборудования с горючим веществом в зависимости от условий могут развиваться как с воспламенением, так и без воспламенения вещества).

Методы количественного анализа риска, как правило, характеризуются расчетом нескольких показателей риска, и могут включать один или несколько вышеупомянутых методов (или использовать их результаты). Проведение количественного анализа требует высокой квалификации исполнителей, большого объема информации по аварийности, надежности оборудования, выполнения экспертных работ, учета особенностей окружающей местности, метеоусловий, времени пребывания людей в опасных зонах и других факторов.

Количественный анализ риска позволяет оценивать и сравнивать различные опасности по единым показателям, он наиболее эффективен:

- при обосновании и оптимизации мер безопасности;
- на стадии проектирования и размещения опасного производственного объекта;
- при комплексной оценке опасностей аварий для людей, имущества и окружающей природной среды.

- при оценке опасности крупных аварий на опасных производственных объектах, имеющих однотипные технические устройства (например, магистральные трубопроводы);

6. Рекомендации по выбору методов анализа риска для различных видов деятельности и этапов функционирования опасного производственного объекта представлены ниже (табл. 2).

Таблица 2. Рекомендации по выбору методов анализа риска

Метод	Вид деятельности				
	Размещение (предпроектные работы)	Проектирование	Ввод или вывод из эксплуатации	Эксплуата- ция	Реконструк- ция
Анализ «Что будет, если..?»	0	+	++	++	+
Метод проверочного листа	0	+	+	++	+
Анализ опасности и работоспособности	0	++	+	+	++
Анализ видов и последствий отказов	0	++	+	+	++
Анализ «деревьев отказов и событий»	0	++	+	+	++
Количественный анализ риска	++	++	0	+	++

В табл. 2 приняты следующие обозначения: 0 - наименее подходящий метод анализа; + - рекомендуемый метод; ++ - наиболее подходящий метод.

Методы могут применяться изолированно или в дополнение друг к другу, причем методы качественного анализа могут включать количественные критерии риска (в основном, по экспертным оценкам с использованием, например, матрицы «вероятность-тяжесть последствий» ранжирования опасности). По возможности полный количественный анализ риска должен использовать результаты качественного анализа опасностей [7].

4. РАЗРАБОТКА ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ ВЗРЫВА РЕЗЕРВУАРА СОДЕРЖАЩЕГО СУГ

4.1 Построение и анализ вероятностной модели

Вероятностную модель строим на основе «дерева событий», с рассмотрением количественного анализа различных сценариев аварий на автомобильной газозаправочной станции, представленной на рисунке 1. В таблице цифры рядом с наименованием события показывают условную вероятность возникновения этого события. Значение частоты возникновения отдельного события или сценария пересчитывается путем умножения частоты возникновения инициирующего события на условную вероятность развития аварии по конкретному сценарию.

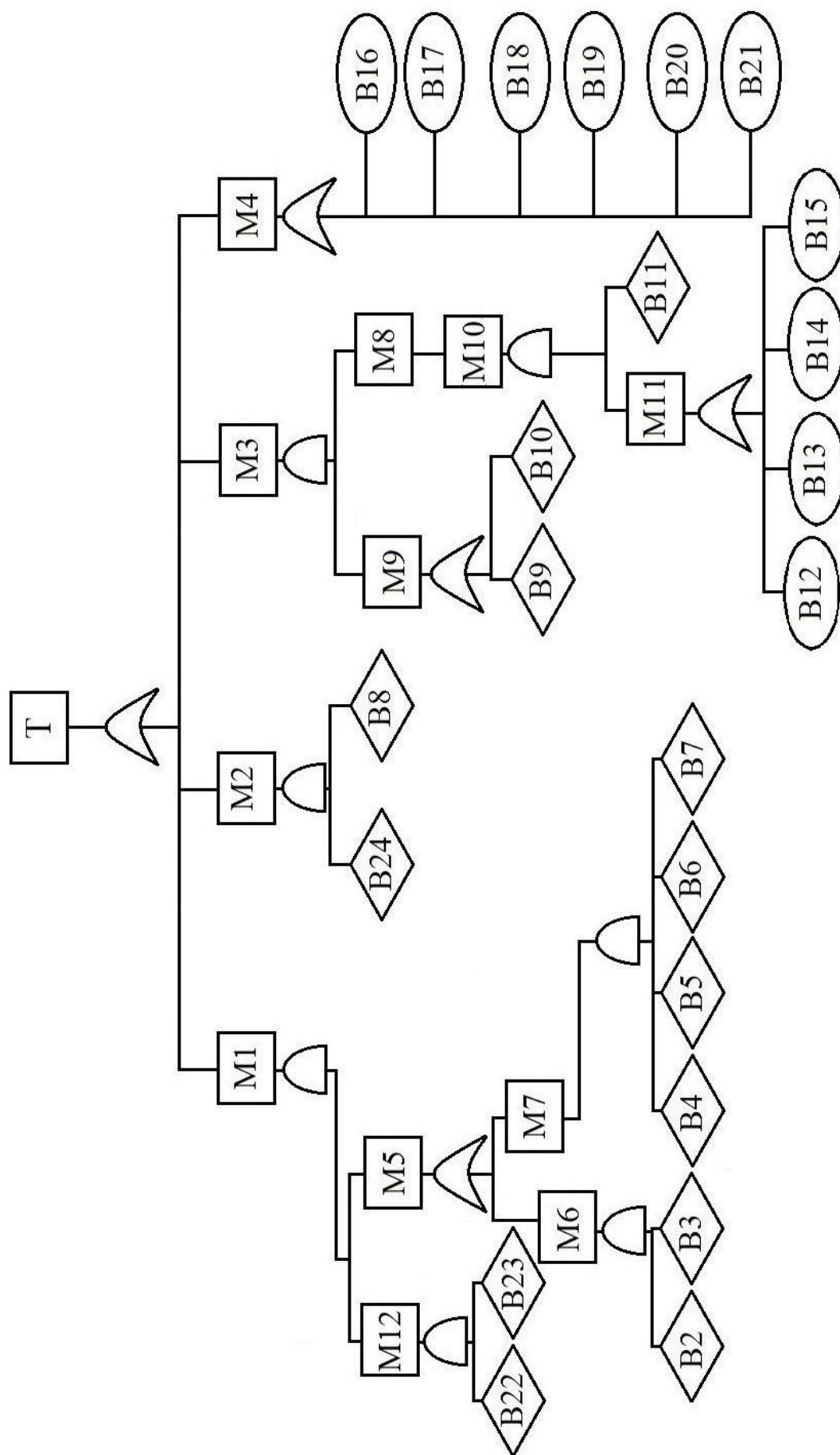


Рисунок 1. Разработка вероятностной модели взрыва резервуара содержащего СУГ

Таблица 3 – Разработка вероятностной модели взрыва резервуара содержащего СУГ

Обозначение	Характеристика события	Вероятность (частота) события
T	Взрыв резервуара содержащего СУГ	$3,16 \times 10^{-5}$ /год
M1	Утечка СУГ из резервуара во время сливно-наливных работ	$1,001 \times 10^{-7}$ /год
M12	Частота нарушения норм и правил при разгрузке цистерны	1×10^{-3} /год
B22	Человеческий фактор, ошибка оператора	1×10^{-1} /год
B23	Отказ технологического оборудования	1×10^{-2} /год
M5	Истечение СУГ в окружающую среду	$1,001 \times 10^{-4}$ /год
M6	Истечение СУГ через предохранительный клапан	1×10^{-4} /год
B2	Не достаточный объем бака для разгружаемой цистерны	1×10^{-2} /год
B3	Переполнение бака и истечение из него	1×10^{-2} /год
M7	Разрыв бака вследствие реакции	1×10^{-7} /год
B4	Недопустимое вещество в цистерне	1×10^{-3} /год
B5	Из цистерны перед разгрузкой не взята проба	1×10^{-2} /год
B6	Реагент реагирует с разгружаемыми веществами	1×10^{-1} /год
B7	Рост давления превосходит пропускную скорость предохранительного клапана и клапана давления	1×10^{-1} /год
M2	Пожар на сопредельной территории	$5,24 \times 10^{-7}$ /год
B24	Автомобильная авария на автотрассе	1×10^{-3} /год
B8	Образование горячей гидродинамической волны	$5,2 \times 10^{-4}$ /год
M3	Повреждение резервуара из-за избыточного давления	$2,8 \times 10^{-8}$ /год
M8	Превышено давление в баке	$1,4 \times 10^{-5}$ /год
M10	Превышено давление в баке	$1,4 \times 10^{-5}$ /год
M11	Высокое давление в баке	$1,4 \times 10^{-2}$ /год

Обозначение	Характеристика события	Вероятность (частота) события
B12	Клапан давления ошибочно закрыт	1×10^{-3} /год
B13	Клапан закрыт	1×10^{-3} /год
B14	Температура во входном отверстии выше нормальной	1×10^{-3} /год
B15	Высокое давление в оголовке факела	1×10^{-3} /год
B11	Отказ оборудования	1×10^{-2} /год
M9	Отказ предохранительной системы при повышенном давлении	2×10^{-3} /год
B9	Повышенная пропускная способность клапана	1×10^{-3} /год
B10	Клапан закрыт	1×10^{-3} /год
M4	Разрушение резервуара из-за внешних событий	$3,1 \times 10^{-5}$ /год
B16	Воздействие от средства передвижения	1×10^{-5} /год
B17	удар молнии	1×10^{-8} /год
B18	падение метеорита	1×10^{-8} /год
B19	Авиакатастрофа	1×10^{-6} /год
B20	Землетрясение	1×10^{-5} /год
B21	Торнадо	1×10^{-5} /год

Оценка вероятностей событий

$$P(M1) = M12 + M5 = 1 \times 10^{-3} \times 1,001 \times 10^{-4} = 1,001 \times 10^{-7};$$

$$P(M6) = B2 \times B3 = 1 \times 10^{-2} \times 1 \cdot 10^{-2} = 1 \times 10^{-4};$$

$$P(M7) = B4 \times B5 \times B6 \times B7 = 1 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-2} \times 1 \times 10^{-1} \times 1 \times 10^{-1} = 1 \times 10^{-7};$$

$$P(M5) = M6 + M7 = 1 \times 10^{-4} + 1 \times 10^{-7} = 1,001 \times 10^{-3};$$

$$P(M12) = B22 \times B23 = 1 \times 10^{-1} \times 1 \cdot 10^{-2} = 1 \times 10^{-3};$$

$$P(M2) = B24 \times B8 = 1 \cdot 10^{-3} \times 5,2 \times 10^{-4} = 5,2 \times 10^{-7};$$

$$P(M3) = M9 \times M8 = 2 \times 10^{-3} \times 1 \cdot 10^{-3} = 2,8 \times 10^{-8};$$

$$P(M9) = B9 + B10 = 1 \times 10^{-3} + 1 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-3};$$

$$P(M8) = M10 = 1,4 \times 10^{-5};$$

$$P(M10) = M11 \times B11 = 1,4 \times 10^{-2} \times 1 \times 10^{-2} = 1,4 \times 10^{-5};$$

$$P(M11) = B12 + B13 + B14 + B15 = 1,4 \times 10^{-2};$$

$$P(M4) = B16 + B17 + B18 + B19 + B20 + B21 = 1 \times 10^{-5} * 1 \times 10^{-8} * 1 \times 10^{-8} * 1 \times 10^{-6} + 1 \times 10^{-5} * 1 \times 10^{-5} = 3,1 \times 10^{-5};$$

$$T = M1 + M2 + M3 + M4 = 1,001 \times 10^{-7} + 5,24 \times 10^{-7} + 2,8 \times 10^{-8} + 3,1 \times 10^{-5} = 3,16 \times 10^{-5}.$$

4.2 Распределение потенциального территориального риска

Автомобильная газозаправочная станция (АГЗС) находится в черте города и окружена торговой и жилой зоной. В случае ЧС сопровождающегося выбросом АХОВ, облако отравляющего вещества может пойти в различные стороны.

Например:

- Жилая зона находящаяся северо-западнее АГЗС;
- Жилая зона находящаяся восточнее АГЗС;
- Торговая и за ней жилая зона южнее АГЗС;

В случае взрыва резервуара содержащего СУГ, наибольшему воздействию подвергнется автомобильная стоянка, расположенная с нарушением санитарной зоны по документу: Нормы пожарной безопасности НПБ 111-98* «Автозаправочные станции. Требования пожарной безопасности» (утв. приказом ГУГПС МВД РФ от 23 марта 1998 г. N 25). Так же от ударной волны пострадает торговая зона, жилой район которым окружена АГЗС, операторная, которая находится на территории АГЗС и с неё же осуществляется управление.

Под воздействие ударной волны так же может попасть и место массового скопления людей, в виде остановки городского транспорта (автомобильного и электрифицированного городского транспорта).

Распределение потенциального территориального риска, характеризующего зоны поражения ударной волны показано на рисунке 2.

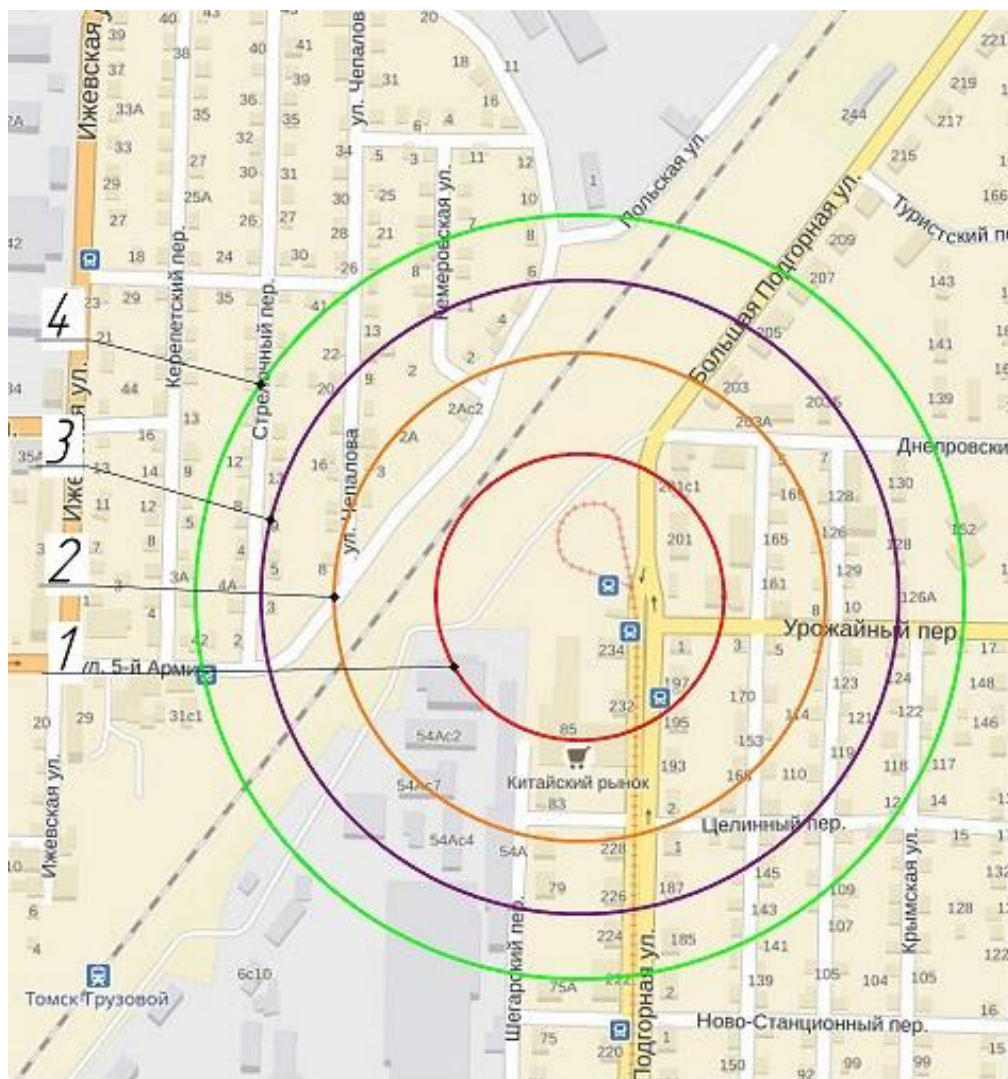


Рисунок 2 – Распределение потенциального риска по территории вблизи объекта

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

4.2.1 Расчет зоны поражения при взрыве топливных смесей в открытом пространстве

Для реализации комбинированного или детонационного взрыва для пропан-бутановой смеси обязательным условием является создание

концентрации продукта в воздухе в пределах нижнего и верхнего концентрационного предела [8].

Возникновение разных типов взрывов: детонационного, дефлаграционного или комбинированного. Комбинированный взрыв наиболее распространен [8].

При взрывах химических веществ выделяют 4 зоны поражения.

1. Бризантная зона (детонационная).
2. Зона действия продуктов взрыва (огненного шара).
3. Зона действия ударной волны.
4. Зона теплового поражения и токсического задымления[8].

Зона бризантного действия (I зона):

На территории автомобильной газозаправочной станции находится резервуар ёмкостью 40 м^3 , который содержит сжиженный углеводородный газ. Степень наполнения резервуара 80%.

40 м^3 пропан-бутановой смеси, а это 40000 литров, при условиях, что $T=25 \text{ C}^\circ$, а плотность летней газовой смеси составом 50/50 % равна $\rho=0,529 \text{ т/м}^3$ означает, что в резервуаре находится $M=V\rho$, $M=40000 \text{ литров} \times 0,529 \text{ кг/м}^3 = 21160 \text{ кг}$.

Имея ввиду, что степень наполнения резервуара 80% получаем:

$21160 \times 0.8 = 16928 \text{ кг}$ газовой смеси находится в цистерне.

Предположим, что резервуар заполнен наполовину от максимума, а именно $16928 \times 0,5 = 8464 \text{ кг}$, т.к. резервуар не всегда находится в состоянии полной заправки. Тогда:

Для веществ, близких по мощности к тротилу, радиус зоны бризантного действия взрыва R_1 , м:

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

$$R_1 = 1,75 \times \sqrt[3]{8464} = 35,6 \text{ м}$$

где М – масса ГВС, ТВС в резервуаре, кг. За М принимается 50 % вместимости резервуара при одиночном хранении и 90 % – при групповом [8].

Зона огненного шара (II зона):

Радиус зоны действия продуктов взрыва – радиус огненного шара объемного взрыва R_{oui} :

$$R_{oui}=R_2=1,7R_1 \quad (2)$$

$$R_{oui}=R_2=1,7R_1=60,5 \text{ м.}$$

Избыточное давление в зоне разлета продуктов взрыва (на границе огненного шара) определяют по формуле:

$$\Delta P_{\phi}=1300\left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3+50 \quad (3)$$

$$\Delta P_{\phi}=1300\left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3+50=310 \text{ кПа.}$$

Зона действия ударной волны (III зона).

Избыточное давление в зоне действия воздушной ударной волны ($R_3=1,7 \cdot R_1=76,38 \text{ м}$) вычисляем по формуле:

$$\Delta P_{\phi}=\frac{233}{\sqrt{1+0,41(R_3/R_1)^3}-1} \quad (4)$$

$$\Delta P_{\phi}=\frac{233}{\sqrt{1+0,41(R_3/R_1)^3}-1}=164 \text{ кПа.}$$

Радиусы зон полных ($\Delta P_{\phi}=50 \text{ кПа}$), сильных ($\Delta P_{\phi}=30 \text{ кПа}$), средних ($\Delta P_{\phi}=20 \text{ кПа}$), слабых ($\Delta P_{\phi}=10 \text{ кПа}$) разрушений находим по зависимости:

$$R_3=R_1\sqrt[3]{\frac{(233/\Delta P_{\phi}+1)^2-1}{0,41}} \quad (5)$$

Радиус полных разрушений $\Delta P_{\phi}=50$ кПа:

$$R_{полн} = R_1 \sqrt[3]{\frac{(233/\Delta P_{\phi} + 1)^2 - 1}{0,41}} = 128 \text{ м.}$$

Радиус сильных разрушений $\Delta P_{\phi}=30$ кПа:

$$R_{сильн} = R_1 \sqrt[3]{\frac{(233/\Delta P_{\phi} + 1)^2 - 1}{0,41}} = 180 \text{ м.}$$

Радиус средних разрушений $\Delta P_{\phi}=20$ кПа:

$$R_{сред} = R_1 \sqrt[3]{\frac{(233/\Delta P_{\phi} + 1)^2 - 1}{0,41}} = 230 \text{ м.}$$

Радиус слабых разрушений $\Delta P_{\phi}=10$ кПа:

$$R_{сл} = R_1 \sqrt[3]{\frac{(233/\Delta P_{\phi} + 1)^2 - 1}{0,41}} = 370 \text{ м.}$$

Интенсивность теплового излучения взрыва ГВС, ТВС на расстоянии R_3 рассчитываем по формуле:

$$J = Q_0 F T, \quad (6)$$

$$T = 1 - 0,058 \ln R_3 \quad (7)$$

$$F = \frac{R_2^2 * R_3}{\sqrt{(R_2^2 + R_3^2)^3}} \quad (8)$$

где J – интенсивность излучения, кДж/м²с;

Q_0 – удельная теплота пожара, кДж/м²с;

T – прозрачность воздуха;

F – угловой коэффициент, характеризующий взаимное расположение источника и объекта.

$$T = 1 - 0,058 \ln R_3 = 0,76$$

$$F = \frac{R_2^2 \times R_3}{\sqrt{(R_2^2 + R_3^2)^3}} = 0,35$$

$$J=Q_0FT=12,76 \text{ кДж/м}^2\text{с}$$

Продолжительность существования огненного шара $t_{св}$, с, определяют по формуле:

$$t = (0,45 / 0,85) \sqrt[3]{M} \quad (9)$$

где M – масса ГВС (ТВС), кг.

$$t = (0,45 / 0,85) \sqrt[3]{M} = 10,5 \text{ с.}$$

Исходя из данных расчётов, можно увидеть, насколько опасен возможный взрыв автомобильной газозаправочной станции. В зоне полных разрушений находится две автомобильных стоянки, операторная кабина АГЗС, часть хозяйственного корпуса и часть места массового скопления людей. В зоне сильных разрушений расположено место массового скопления людей (остановка городского электрифицированного транспорта), магазины, дома и хозяйственные корпуса. В зоне средних и слабых разрушений находятся личные, высотные дома, а так же магазины.

В случае чрезвычайной ситуации на потенциально опасном объекте, может быть подвергнуто опасности большое количество людей, а так же материальны ценностей.

4.3 Выводы по разделу

В данном разделе была разработана вероятностная модель взрыва резервуара содержащего СУГ. Проведено построение и анализ вероятностной модели в виде «дерева событий». Представлена схема «дерева событий» и пояснение в виде таблицы. Это поможет наглядно увидеть вероятности осуществления тех или иных событий, которые могут привести к взрыву на АГЗС.

Выполнено распределение потенциального территориального риска. Разработан сценарий чрезвычайной ситуации на объекте. Определены

возможные зоны поражения при ЧС. Наглядно, на рисунке представлено распределение потенциального территориального риска, который характеризует зоны поражения ударной волны от взрыва резервуара содержащего СУГ.

Представлены расчёты зон поражения смеси в открытом пространстве. Проведён расчёт 4 зон поражения, которые выделяют при взрывах химических веществ: бризантная зона равная 35,6 м; зона действия продуктов взрыва (огненного шара) равная 60,5 м и время истечения равное 10,5 с; зона действия ударной волны, где:

- зона полных разрушений равна 128 м;
- зона сильных разрушений равна 180 м;
- зона средних разрушений равна 230 м;
- зона слабых разрушений 370 м.

Исходя из проделанной работы в данном разделе, можно увидеть насколько опасным будет чрезвычайная ситуация на объекте, а также возможные зоны поражения.

5. РАСЧЕТ АКТИВНОЙ МОЛНИЕЗАЩИТЫ

Одной из причин взрыва на автомобильной газозаправочной станции может быть атмосферное электричество – прямые удары молнии, вследствие чего было принято решение сделать расчёт молниезащиты для АГЗС [11].

Молниезащита — это комплекс технических решений и специальных приспособлений для обеспечения безопасности здания, а также имущества и людей, находящихся в нем. Опасность для зданий (сооружений) в результате прямого удара молнии может привести к:

- гибели и травмированию живых существ, находящихся непосредственно в здании (сооружении) или вблизи него.
- повреждению здания (сооружения) и его частей,
- отказу находящихся внутри электрических и электронных частей,

Прямой удар молнии (поражение молнией) – непосредственный контакт канала молнии с зданием или сооружением, сопровождающийся протеканием через него тока молнии.

Вторичное проявление молнии – наведение потенциалов на металлических элементах конструкции, оборудования, в незамкнутых металлических контурах, вызванное близкими разрядами молнии и создающее опасность искрения внутри защищаемого объекта [11].

Занос высокого потенциала – перенесение в защищаемое здание или сооружение по протяженным металлическим коммуникациям (подземным, наземным и надземным трубопроводам, кабелям и т.п.) электрических потенциалов, возникающих при прямых и близких ударах молнии и создающих опасность искрения внутри защищаемого объекта [11].

Молниезащита зданий разделяется на внешнюю и внутреннюю.

Внешняя молниезащита представляет собой систему, обеспечивающую перехват молнии и отвод её в землю, тем самым, защищая здание (сооружение) от повреждения и пожара. В момент прямого удара молнии в строительный объект правильно спроектированное и сооруженное молниезащитное

устройство должно принять на себя ток молнии и отвести его по токоотводам в систему заземления, где энергия разряда должна безопасно рассеяться.

Прохождение тока молнии должно произойти без ущерба для защищаемого объекта и быть безопасным для людей, находящихся как внутри, так и снаружи этого объекта.

Молниеприёмник — это устройство, предназначенное для приёма на себя удара молнии [11].

Молниеотвод (молниеприёмник, громоотвод) — устройство, перехватывающее разряд молнии. Выполняется из металла (нержавеющая либо оцинкованная сталь, алюминий, медь)

Токоотводы (спуски) — часть молниеотвода, предназначенная для отвода тока молнии от молниеприёмника к заземлителю.

Существуют следующие виды внешней молниезащиты:

- молниеприемный стержень.
- молниеприемная сеть;
- тросовая молниезащита;

Вследствие того, что для данного объекта (АГЗС) разрабатывается молниеприемный стержень, молниеприемная сеть и тросовая молниезащита рассмотрены не будут.

Активная молниезащита — это решение в области систем внешней молниезащиты, появившееся в конце 1990-х годов. Активная молниезащита (АМЗ) обеспечивает ряд преимуществ по сравнению с традиционными средствами [12].

Отличие активной молниезащиты заключается в наличии активного молниеприемника. Его принцип действия основан на генерации высоковольтных импульсов на конце молниеприемника с помощью встроенного электронного устройства. Это позволяет, опережая формирование «естественного» лидера, формировать «искусственный» лидер, который, быстро распространяясь, захватывает молнию на большем расстоянии и направляет её на землю. Следовательно, увеличивается область защиты [12].

Классифицируются активные молниеприемники по выигрышу по времени в образовании встречного лидера. Данный параметр был проверен в лабораторных испытаниях, действительно подтверждая большую зону защиты.

Во время грозы напряженность электрического поля в воздухе возрастает до 10–20 кВ/м. Как только величина напряженности превышает значение, соответствующее риску образования молнии, молниеприемник активируется, «чувствуя» приближение грозы. Заряжаясь от внешнего электрического поля, он получает энергию, достаточную для излучения высоковольтных импульсов, создающих восходящий лидер. Таким образом, активный молниеприемник не требует дополнительных источников питания [12].

5.1.1 Преимущества активной молниезащиты

В силу большей области защиты число активных молниеприемников на объект в несколько раз меньше по сравнению с числом традиционных молниеприемников. Отсюда вытекают два преимущества по отношению к традиционным системам молниезащиты. Защита открытых площадок [12].

Экономический эффект:

Применение АМЗ позволяет получить значительную экономию, так как при меньшем числе молниеприемников требуется меньшее число токоотводов. Таким образом, несмотря на довольно высокую стоимость самих активных молниеприемников, за счет экономии на материалах токоотводов достигается экономия на системе молниезащиты в целом. Сюда же можно отнести и растущую простоту монтажа [12].

Меньшее вмешательство в эстетический облик объекта:

Данное преимущество особенно актуально при использовании АМЗ в области гражданского строительства (в частности, на коттеджах), где в наш век дизайна владелец недвижимости предъявляет самые высокие требования к внешнему виду здания. Преимущество объясняется просто: меньшее число

молниеприемников и токоотводов — меньшее нарушение эстетики объекта (рисунок 3).

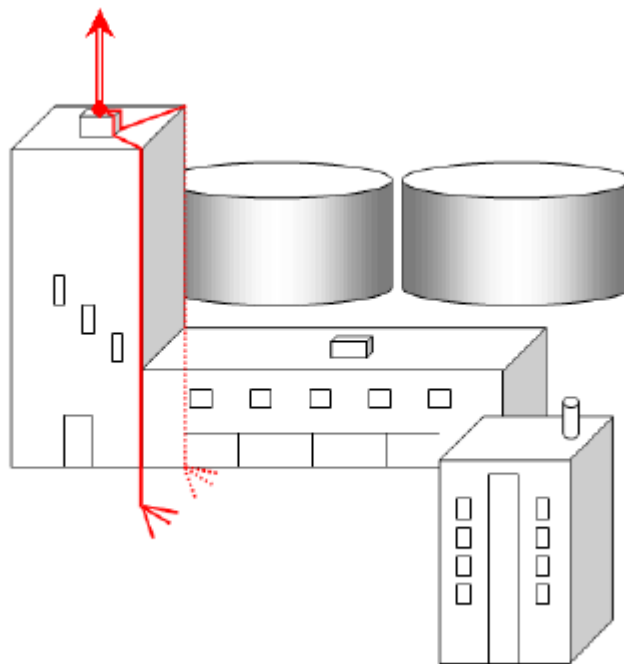


Рисунок 3 – Активная молниезащита для взрывоопасного сооружения

Общепринято выделяют перенапряжения, вызванные прямыми и непрямыми ударами молнии. Первые происходят в случае попадания молнии в здание (сооружение) или в подведенные к зданию (сооружению) линии коммуникаций (линии электропередачи, коммуникационные линии). Вторые — вследствие ударов вблизи здания (сооружения) или удара молнии вблизи линий коммуникаций. В зависимости от типа попадания различаются и параметры перенапряжений [12].

Перенапряжения, вызванные прямым ударом, именуется Тип 1 и характеризуются формой волны 10/350 мкс. Они наиболее опасны, так как несут большую запасенную энергию.

Перенапряжения, вызванные непрямым ударом, именуется Тип 2 и характеризуются формой волны 8/20 мкс. Они менее опасны: запасенная энергия примерно в семнадцать раз меньше, чем у Тип 1.

Соответствующим образом классифицируются и устройства защиты от импульсных перенапряжений.

Активные молниеприёмники PREVECTRON 2 Millenium производства Франции. Компания INDELEC, осуществляет поставку активных молниеприемников PREVECTRON 2 Millenium производства Франции [12].

Линейная молния может рассматриваться как очень длинная искра, возникающая при значительном напряжении между грозовой тучей и землей и несущая электрический заряд. Разряд между облаком и землей обычно начинается с прорастания от облака к земле слабо светящегося канала, движущегося толчкообразно со средней скоростью от 100 до 1000 км/с. Этот предварительный разряд называется ступенчатым лидером. Когда лидер достигает земли, начинается фаза главного разряда, воспринимаемая невооруженным глазом как собственно разряд молнии. В результате прямого попадания молнии в здание возникает реальная угроза поражения электрическим током людей и животных, воспламенения, расплавления различных материалов, расщепления древесины и образования трещин в кирпиче и бетоне, внесения в здание высокого потенциала по инженерным коммуникациям (проводам линий электропередач, трубопроводам) с опасностью повреждения бытовой электроники и IT-систем.

Способность PREVECTRON 2 инициировать восходящий лидер прежде любой другой доминирующей над местностью точки в защищаемой зоне дает гарантию того, что именно молниеотвод будет наиболее вероятной точкой удара разряда молнии. Каждый молниеотвод с упреждающей стриммерной эмиссией сначала должен пройти серию лабораторных испытаний высоким напряжением для определения упреждения по времени срабатывания по сравнению с обычными стержневыми молниеотводами. Полученная величина, обозначаемая D_t , равна среднему времени срабатывания за 100 электрических разрядов в лаборатории минус коэффициент надежности, равный 35%. Затем это число используется для расчета защищаемой зоны для каждого молниеотвода согласно стандартной формуле [12].

Процесс установки молниеотвода PREVECTRON 2 регулируется французским стандартом NFC 17-102 при соблюдении ряда простых правил, учитывающих все виды строений. Во-первых, наконечник должен находиться на высоте не менее 2 м над защищаемым строением. Во-вторых, при высоте объекта менее 28 м достаточно одного вертикального токоотвода (если длина горизонтальной проекции проводника не превышает его вертикальной длины). В третьих, сопротивление системы заземления не должно превышать 10 Ом. Регистрацию работы молниеотвода PREVECTRON 2 обеспечивает счетчик разрядов молнии [12].

Компания INDELEC предлагает испытательный прибор, позволяющий заказчикам регулярно проверять молниеприемник на месте установки. По результатам этих исследований был написан ряд научных отчетов, что способствовало непрерывному развитию PREVECTRON 2 от первоначальной конструкции до новейшей модели Millenium. Согласно стандарту NFC 17-102 радиус защищаемой молниеотводом PREVECTRON 2 зоны рассчитывается по формуле, которая связывает превышение расположения молниеприемника над защищаемым объектом, время срабатывания устройства и величину D, принимаемую в зависимости от требуемого уровня защиты равной 20 (1-й уровень), 30 (2-й уровень), 45 (3-й уровень) либо 60 (4-й уровень) м. Составлены таблицы, в которых обобщены данные о зонах защиты активных молниеприемников, выпускаемых компанией INDELEC, в зависимости от высоты их выноса над защищаемыми объектами и категории молниезащиты, к которой отнесен данный объект. Из этих данных видно, что, например, по III категории молниезащиты одним активным молниеприемником PREVECTRON 2 можно защищать площади в радиусе примерно 100 м. Гарантии качества изделий PREVECTRON 2 подтверждены сертификатом согласно нормам ISO 9001:2000. Кроме того, устройства PREVECTRON сертифицированы в ряде стран мира, в том числе в России.

5.1.2 Перспективы применения активной молниезащиты

Активная реализация в России строительных проектов, модернизация промышленности и инфраструктуры открыли широкие перспективы для продвижения решений INDELEC в области молниезащиты. Продукция компании уже используется для защиты жилых и коммерческих зданий, аэропортов, складских комплексов и других объектов.

Для подтверждения соответствия молниеприемников Prevectron 2 Millenium техническим требованиям, действующим в России, компания INDELEC представила в Федеральную службу по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) техническую документацию и руководство по эксплуатации. После утверждения этих документов ведомство одобрило выезд российского эксперта для осмотра производства INDELEC и проведения испытаний.

По результатам данной поездки было подготовлено и утверждено заключение экспертизы промышленной безопасности № Р-2410/ДН от 18.12.2012 г. На основании этого документа Ростехнадзор выдал разрешение № РРС 00-050033 от 20.02.2013 г. на применение молниеприемников Prevectron 2 Millenium на опасных производственных объектах нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности (в том числе на зданиях и сооружениях, открытых площадках и промышленных коммуникациях) в соответствии с условиями, ограничениями и требованиями технической документации.

5.1.3 Типы активного молниеприемника PREVECTRON

Компания INDELEC предоставляет большой ряд активных молниеприемников, предназначенных для различных промышленных, производственных и нефтегазовых сооружений. Модельный ряд представлен на рисунке 4 [12].

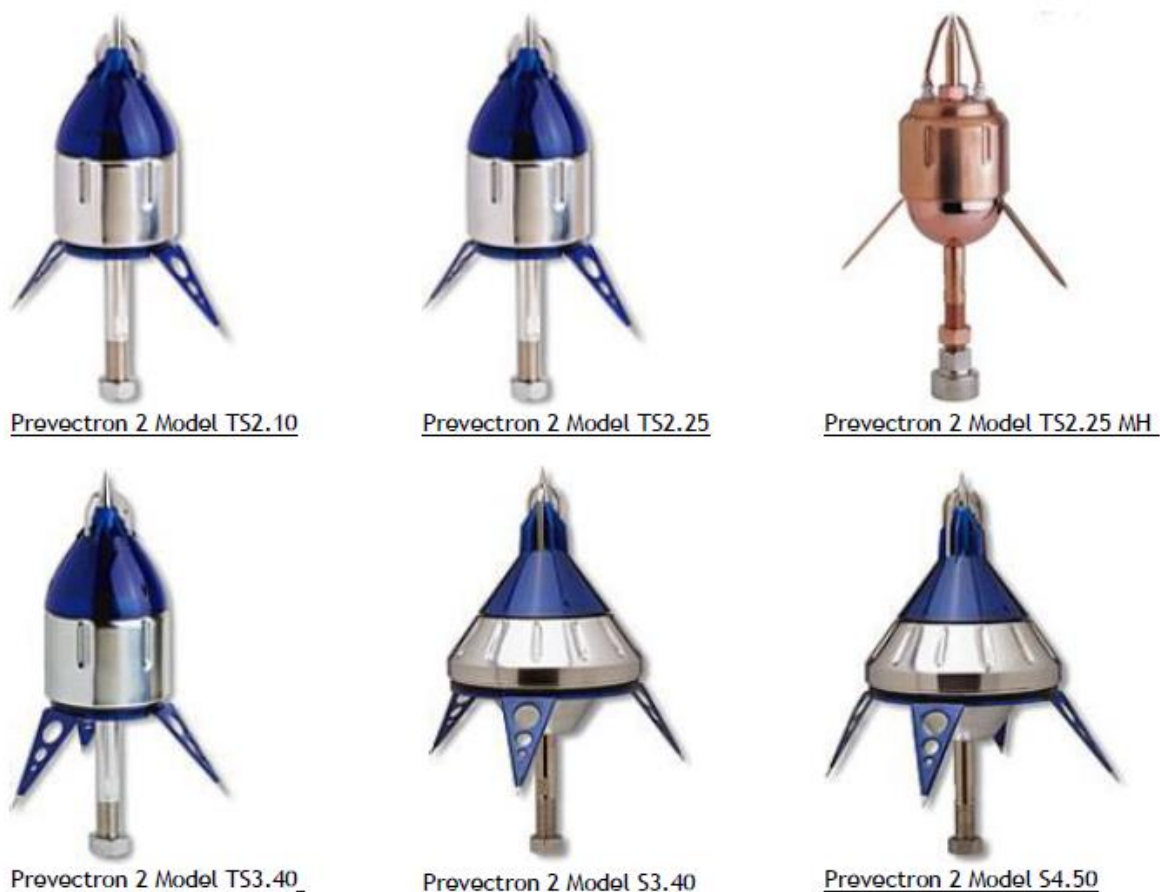


Рисунок 4 – Внешний вид моделей активного молниеприемника Prevector

5.1.4 Назначение активных молниеприемников

Ранний стримерный эмиттер является молниеприёмником (молниевым стержнем), который оснащён устройством или сформирован таким образом, что предположительно создаёт верхний размножающийся стример быстрее, чем стандартный (пассивный) молниеприёмник [13].

Стример и лидер – стример находится на кончике лидера и является холодным разрядом, который образует основу для последующего горячего (лидерного) разряда. Также, существует промежуточное состояние, где стример превращается из холодного в полугорячий и далее в полностью горячий лидер, размножающийся внутри окружающего поля достаточной напряжённости [13].

Молниеприемники с упреждающей стримерной эмиссией PREVECTRON 2 Millenium с вмонтированным электронным оборудованием предназначены для защиты от прямых попаданий молнии сооружений,

открытых площадок, промышленных коммуникаций, резервуаров нефтяных и газовых и других опасных производственных объектов [13].

Молниеприемники оборудованы нижними электродами для концентрации энергии и верхними электродами для генерации разряда. Устройство инициирования разряда молниеприемника с упреждающей стримерной эмиссией смонтировано в герметичном корпусе из нержавеющей стали, закрепленном в средней части центрального стержня [13].

Основные особенности молниеприемника:

- не нуждается во внешних источниках питания;
- нерадиоактивный;
- динамически реагирует на приближение нисходящего лидера разряда молнии.
- не имеет подвижных частей;

Технические характеристики активных молниеприемников приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики PREVECTRON

Параметры Тип	Значение		
	S3.40	S4.50	S6.60
Рабочая температура	>100 000 А (100кА)	>100 000 А (100кА)	>100 000 А (100кА)
Выдержанный удар молнии силой тока	>3500V	>3500V	>3500V
ΔT (быстрота срабатывание)	40 мкс	50 мкс	60 мкс
Центральный стержень	Хромированная медь	Хромированная медь	Хромированная медь
Верхние электроды	Хромированная медь	Хромированная медь	Хромированная медь
Нижние электроды	Нержавеющая сталь	Нержавеющая сталь	Нержавеющая сталь

Продолжение таблицы 4.

Параметры Тип	Значение		
	S3.40	S4.50	S6.60
Корпус	Нержавеющая сталь	Нержавеющая сталь	Нержавеющая сталь
Масса, кг	4,142	4,186	4,388
Срок службы, лет	20		

Состав молниеприемника различных моделей отличается количеством нижних и верхних электродов [13].

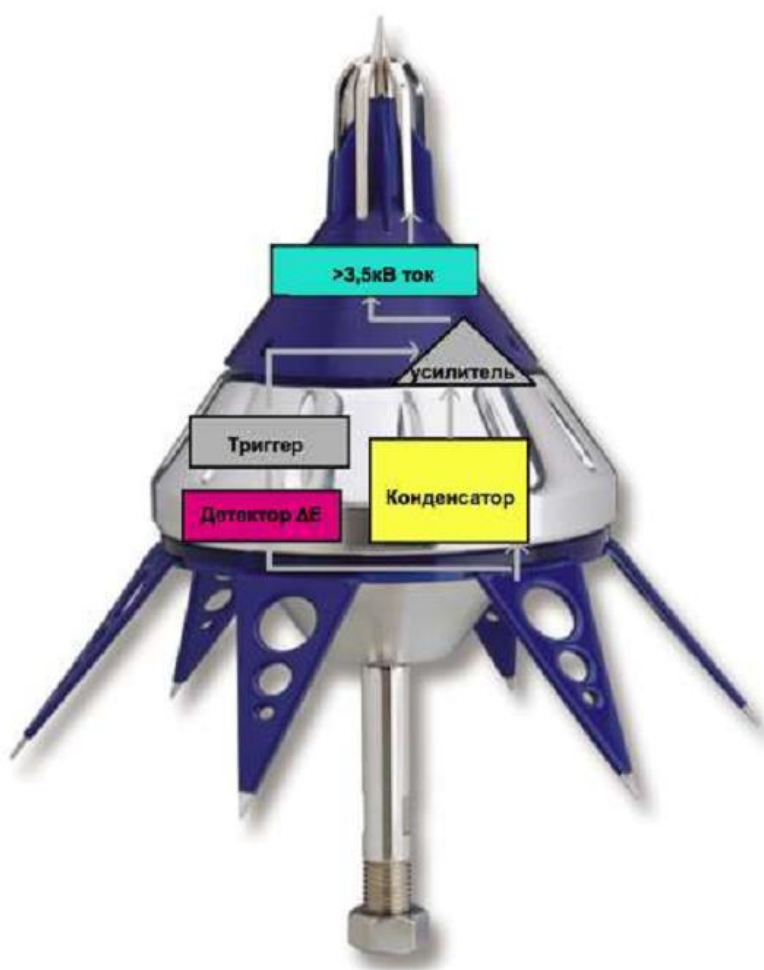


Рисунок 5 – Общий вид Активного молниеприемника PREVECTRON

Молниеприёмник состоит из следующих основных частей: нижние электроды; центральный стержень; конденсатор; детектор изменения электрического поля; триггер (микросхема запуска); усилитель; верхние электроды [13].

5.1.5 Устройство и работа молниеприёмника PREVECTRON

Молниеприемник Prevectron, способен распознавать момент, когда удар молнии становится неизбежным, и инициировать восходящий стример навстречу нисходящему разряду. Главная особенность продукта – уникальная запатентованная микросхема Prevectron, которая в реальном времени рассчитывает скорость изменения напряженности электрического поля. Когда лидер молнии спускается, скорость изменения напряженности электрического поля резко возрастает. Микросхема распознает, что молния находится в радиусе действия, и дает команду на освобождение энергии, накопленной в конденсаторах.

Конденсаторы заряжаются через нижние электроды от внешнего электрического поля грозового фронта. То есть молниеприемник обеспечивается автономным питанием и не нуждается в дополнительных источниках.

У молниеприемника, помимо центрального цельного стержня, через который стекает ток молнии, есть дополнительные верхние электроды. Ток от конденсаторов через усилитель подается на эти электроды. Из-за большой разницы потенциалов между заземленным центральным стержнем и верхними электродами возникает сильный разряд в несколько тысяч вольт, который усиливает эффект короны. В результате создается стример, который стартует навстречу молнии раньше, чем от пассивного молниеотвода [13].

При образовании молнии напряжённость электрического поля, постоянно существующего у поверхности земли, с приближением нисходящего лидера увеличивается (рисунок 6). Как только она достигает определенного уровня (от 50 до 100 кВ/м), явление короны, естественным образом образующейся в верхней точке любого высокого строения, порождает разряды, известные как восходящие лидеры, направленные к облаку (рисунок 7) [13].

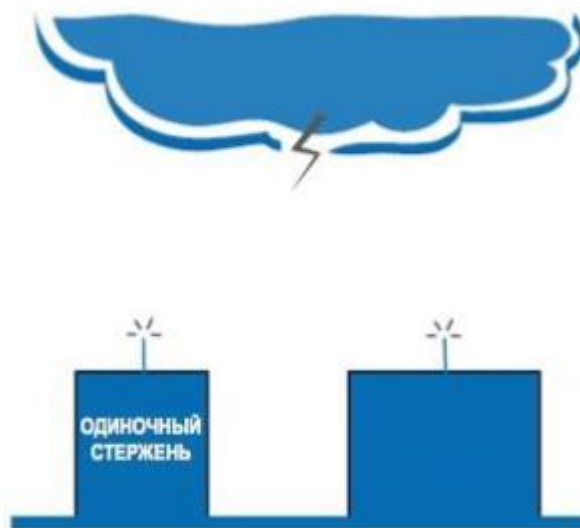


Рисунок 6 – Образование верхнего лидера

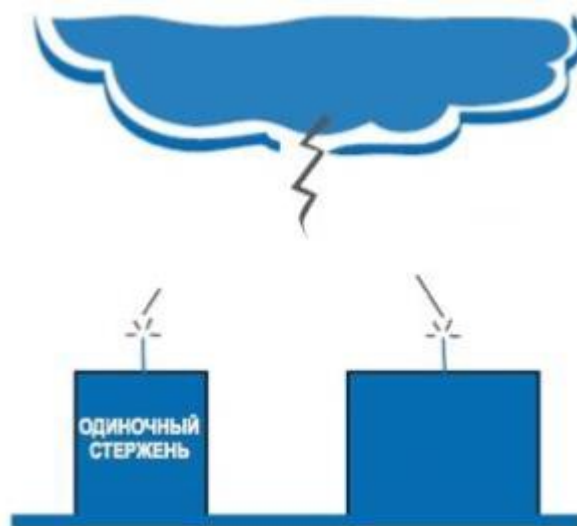


Рисунок 7 – Образование восходящего стимера от молниеприемников

Положение ионизированного пути, по которому протекает ток молнии, определяется тем, где восходящий лидер соприкасается с первым нисходящим лидером из облака (рисунок 8).

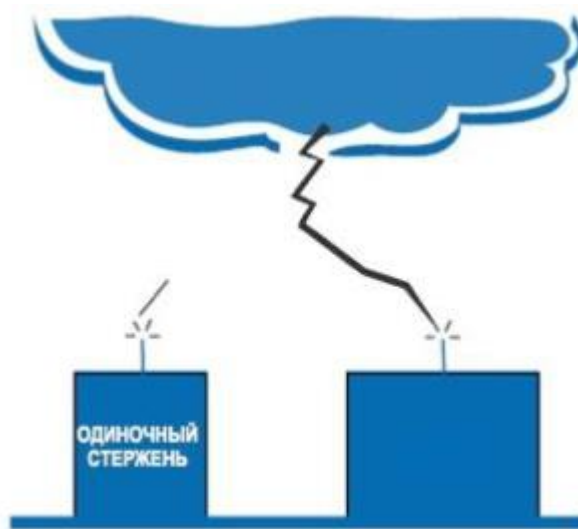


Рисунок 8 – Соединения восходящего и нисходящего заряда

Чем быстрее направленный вверх разряд (восходящий лидер) отделится от молниеотвода, чтобы двигаться к облаку, тем быстрее он приблизится к нисходящему лидеру и тем больше вероятность того, что он встретится с ним раньше других восходящих лидеров от соседних высокорасположенных точек. Таким образом, исходная точка первого восходящего лидера определяет точку удара молнии на земле. Молниеотвод с упреждающей стримерной эмиссией предназначен для того, чтобы обеспечить оптимальные условия для образования этого восходящего разряда [13].

Для этого необходимы следующие условия:

- Наличие первичных электронов на верхнем конце стержня: эти электроны, испускаемые в виде плазмы, способствуют образованию восходящего разряда.
- Ионизированная плазма, образованная в нужный момент, когда молния собирается ударить, другими словами, совпадающая по фазе с восходящим электрическим полем на уровне земли.

Это единственная и запатентованная система в мире, которая находит приближение нисходящего лидера молнии. Она срабатывает точно в момент, когда удар молнии неизбежен. И только в этот точный момент – она становится

активной. Это значит что PREVECTRON не притягивает молнию на себя если она не находится в её радиусе защиты [13].

Во время грозы электрическое поле поднимается в несколько тысячи вольт. За это время PREVECTRON заряжается через нижние электроды. Когда нисходящий лидер молнии приближается, скорость увеличения этого поля резко поднимается. Микросхема находит это изменение и срабатывает механизм, выпуская высоковольтный разряд – который ионизирует воздух (воздух становится проводником). Таким образом создаётся канал через который проходит молния притягивая её на себя [13].

Действие молниеприемника PREVECTRON подразделяется на три этапа:

1. Зарядка. Молниеприемник Prevectron2 использует электромагнитное поле (ЭОП), возникающее во время грозы между небом (облаками) и землей (несколько сот тысяч и даже миллионов вольт/метр), накапливает энергию как обычный конденсатор, и не требует какого-либо питания извне.

2. Поиск и контроль. Молния является результатом разрядки разных по заряженности полей, в данном случае небом и землей. Перед непосредственным ударом молнии, электромагнитное поле на данном участке возрастает в несколько сот и даже тысяч раз. Причем молния опускается сверху вниз, найдя самый легкий и близкий путь, прокладывает цепь. Канал электрических частиц, который только начал спускаться к земле называют нисходящим стримером. Резкое и многократное увеличение ЭОП фиксируется оборудованием Prevectron2.

3. Восхождение стримера. Энергия, накопленная за это время на Prevectron, освобождается, в нормальных условиях между одним из электродов и центральным стержнем молниеприемника (который имеет постоянный контакт с землей через проводку и систему заземления) в виде искры. Но в случае грозы и нисходящего стримера, когда разница в полярности достигает пиковых значений, данная искра становится инициатором встречного восходящего стримера. На определенной высоте встречаются оба стримера,

канал замыкается, происходит разрядка полей, 8-и миллиарды электронов проходят по каналу, образовавшемуся в воздухе, далее по центральному, стержню молниеприемника, проводке, и уходят в землю через систему заземления [13].

5.1.6 Радиус защиты молниеприемника PREVECTRON

Площадь защищаемой зоны R_p молниеотвода PREVECTRON рассчитывается согласно Французскому Стандарту NF C 17-102 и Казахстанскому стандарту СН РК 2.04-29-2005 "Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений" [14] по формуле

$$R_p = \sqrt{h_x(2D - h_x) + \Delta L(2D + \Delta L)}, \quad (10)$$

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:

$$\Delta L \text{ (м)} = V \Delta T \quad (11)$$

где V – скорость инициации верхнего лидера, м/мкс;

ΔT – время его инициации, мкс.

5.1.7 Молниезащита автомобильной газозаправочной станции

Чтобы поставить адекватную молниезащиту надо определить уровень риска. Уровень риска рассчитывается по нескольким характеристикам здания или защищаемой площади. Это позволит узнать какой уровень защиты мы должны установить, для этого необходимо определить:

- последствия молнии, последствия на природу.
- географическая характеристика: удельная плотность грозовых разрядов;
- характеристики сооружения: размеры, строительные материалы, населённость, что хранится внутри здания.

5.1.8 Описание автомобильной газозаправочной станции

Рассматриваемый объект: АГЗС, находится в районе остановки наземного транспорта (трамвай) «Черемошники», г. Томск.

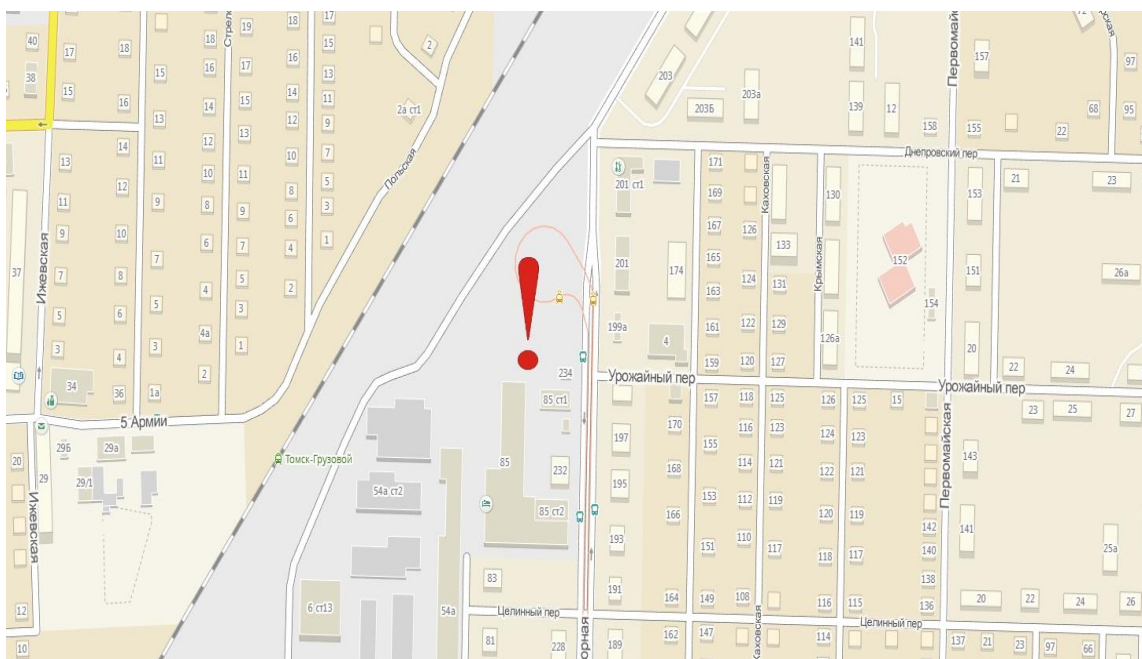


Рисунок 9 – Местоположение АГЗС на карте

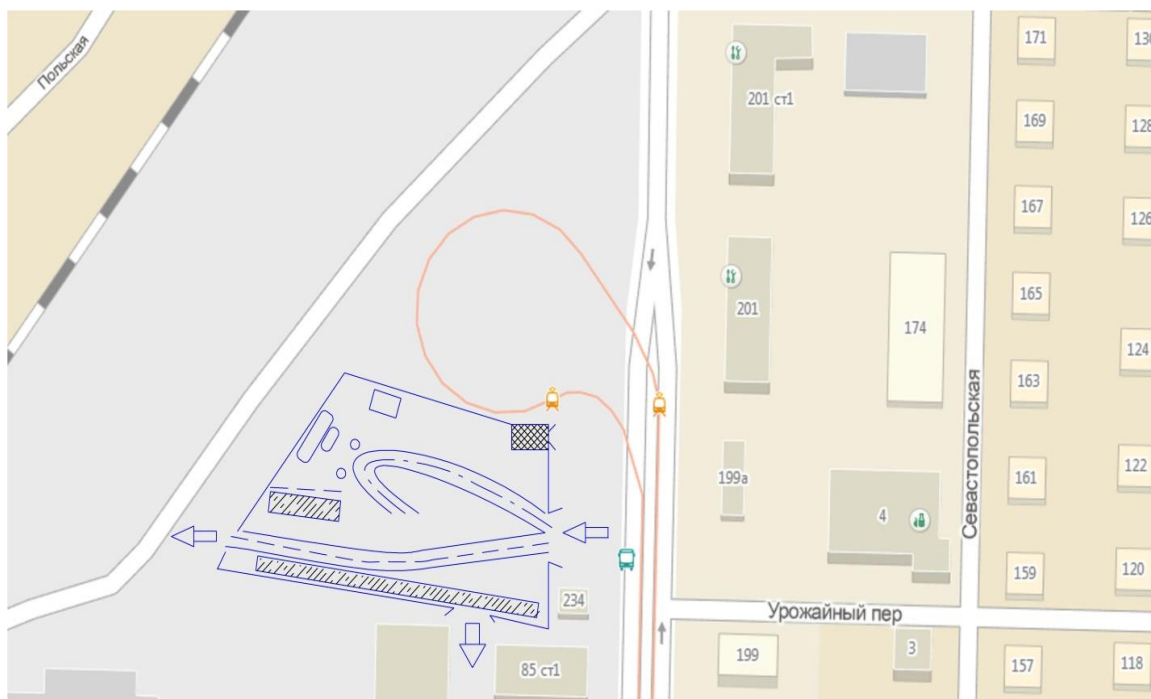


Рисунок 10 – Карта-схема АГЗС

Автомобильная газозаправочная станция (АГЗС) - АЗС, на которой предусмотрена заправка баллонов грузовых, специальных и легковых автомобилей сжиженным газом (сжиженным пропан-бутаном), используемым в качестве их моторного топлива.

Основными видами автогазозаправочных станций являются:

- Обвалованные газозаправочные станции (ОАГЗС).
- Подземные газозаправочные станции (ПАГЗС).
- Наземные моноблочные АГЗС.
- Наземные газозаправочные станции (НАГЗС).

В нашем случае, мы рассматриваем АГЗС с наземным резервуаром сжиженных углеводородных газов.

В состав наземной АГЭС входят следующие основные составляющие:

- Электрораспределительный щит
- Рабочее помещение для персонала (операторная)
- Технологическая система наземной АГЗС
- Навес над газораздаточной колонкой
- Оборудование управления и связи

- Технологическая система наземной АГЗС.
- Противопожарное оборудование.

Климат города Томск:

Абсолютная минимальная температура минус 55 градусов.

Абсолютная максимальная температура плюс 35,9 градусов.

Нормативная снеговая нагрузка для IV района – 180 кгс/м'.

Нормативная ветровая нагрузка для III района – 53 кгс/м'.

На территории автомобильной газозаправочной станции имеется пересечение линий электропередач (ЛЭП) по воздуху, что категорически запрещено Постановлением правительства РФ от 25 апреля 2012 г. №390 о противопожарном режиме. П. 41 [15].

5.1.9 Расчёт плотности ударов в землю

Плотность ударов молнии в землю, выраженная через число поражений 1 км² земной поверхности за год, определяется по данным метеорологических наблюдений в месте размещения объекта.

Если же плотность ударов молнии в землю N_g неизвестна, ее можно рассчитать по следующей формуле, (км²год):

$$N_g = \frac{6,7T_g}{100} \quad (12)$$

Где T_g - средняя продолжительность гроз в часах, определенная по региональным картам интенсивности грозовой деятельности [13].

Коэффициент T_g для города Томск равен 3,3 дням, что соответствует 80 часам. Из этого следует:

$$N_g = \frac{6,7 \times 80}{100} = 5,36$$

Получаем 5,36 ударов на 1 км² в год, это означает, что объект находится в районе средней активности молнии, и требуется установка молниезащиты, в целях опеспечения его безопасности .

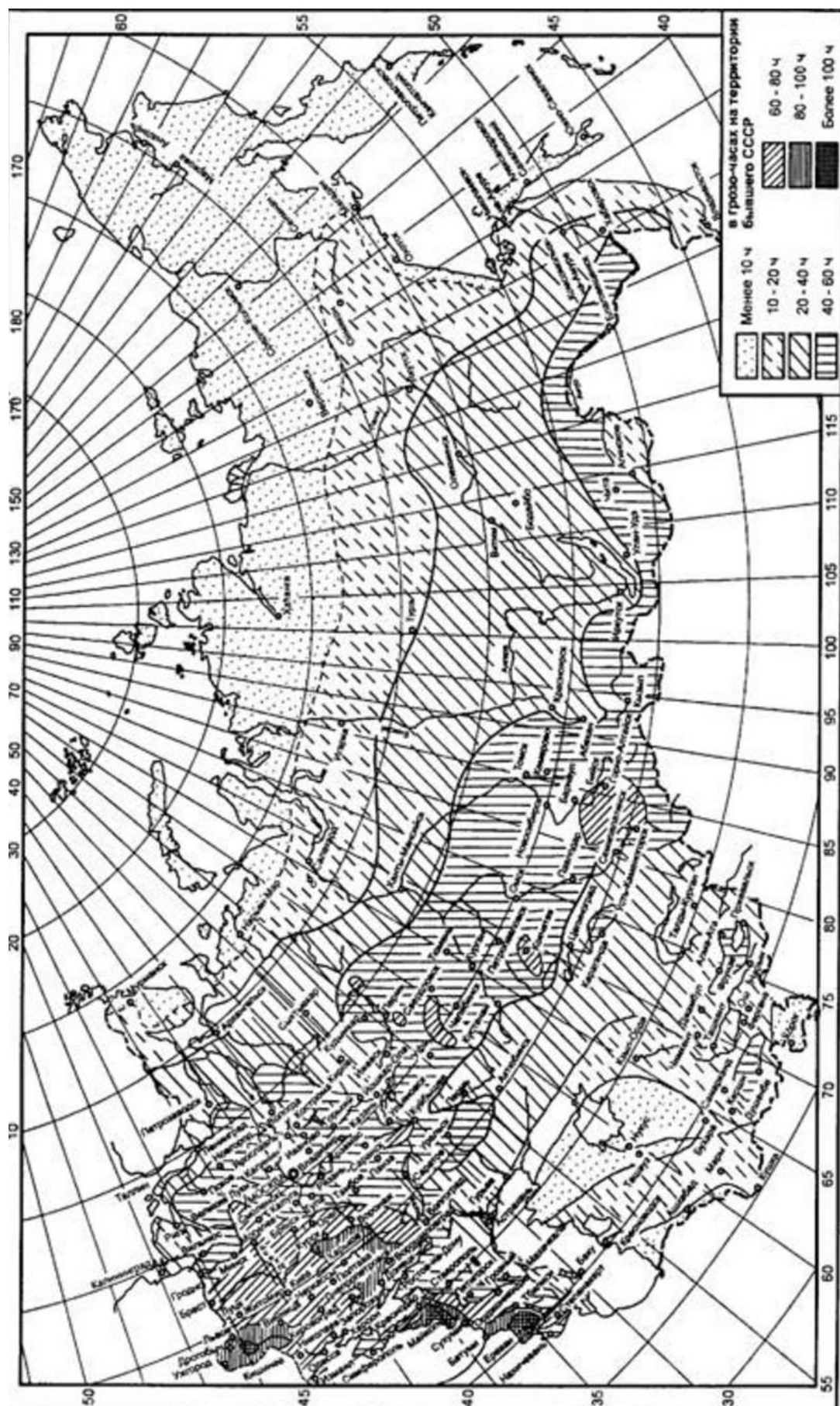


Рисунок 11 – Карта средней за год продолжительности гроз в часах [15]

Таблица 5 – Соотношение продолжительности гроз и удельной плотности

Среднегодовая продолжительность гроз, ч	Удельная плотность ударов молнии в землю $n, 1/(\text{км}^2 \times \text{год})$
10 — 20	1
20 — 40	2
40 — 60	4
60 — 80	5,5
80 — 100	7
100 и более	8,5

5.1.10 Определение уровня молниезащиты

Уровень защиты – классификация системы молниевой защиты, которая выражает её эффективность.

По статистике, основным источником возгорания, от которых возникают пожары, являются:

- Искры электроустановок – 21%.
- Огневые ремонтные работы – 31%.
- Разряды статического электричества – 17%.
- Атмосферное электричество (молния) – 20%.
- Иные причины – 11%.

Разряды молнии низкой интенсивности с большим периодом могут служить причиной возгорания. Плохие контакты являются особо опасными точками на пути протекания тока молнии. Значения сопротивления контактов, составляющих несколько тысяч Ом, уже генерирует достаточное количество теплоты для плавления металла и искрения. Если возгораемый материал находится вблизи таких плохих контактов, то может возникнуть не прямое возгорание. Такое возгорание особо опасно в помещениях, подверженных риску взрывов, и на заводах выпускающих взрывчатые вещества. [16].

Тяжесть последствий удара молнии зависит, прежде всего, от взрыво- или пожаробезопасности здания или сооружения при термических воздействиях молнии. Например, в производствах, постоянно связанных с открытым огнем, процессами горения, применением негорючих материалов и конструкций, протекание тока молнии не представляет большой опасности.

Напротив, наличие внутри объекта взрывоопасной среды создает угрозу разрушений, человеческих жертв, больших материальных ущербов [16].

При таком разнообразии технологических условий, предъявлять одинаковые требования к молниезащите всех объектов означало бы или вкладывать в ее выполнение чрезмерные средства, или мириться с неизбежностью значительных ущербов, вызванных молнией. Поэтому принят дифференцированный подход к выполнению молниезащиты различных объектов, при котором здания и сооружения разделены на 3 уровня, отличающиеся по тяжести возможных последствий поражения молний [16].

К I уровню отнесены производственные помещения, в которых при нормальных технических режимах могут находиться и образовываться взрывоопасные концентрации газов, паров, пыли, волокон. Любое поражение молнией объекта, вызывает взрыв, создает повышенную опасность разрушений и жертв не только в нем, но и в близко расположенных объектах [16].

Ко II уровню отнесены производственные здания и сооружения, в которых появление взрывоопасной концентрации происходит в результате нарушения нормального технологического режима, а также наружные установки, содержащие взрывоопасные жидкости и газы. Для этих объектов удар молнии создает опасность взрыва только при совпадении с технологической аварией или при срабатывании дыхательных и аварийных каналов на наружных установках [16].

К III уровню отнесены объекты, последствия поражения которых связаны с меньшим материальным ущербом, чем при взрывоопасной среде. Сюда входят здания и сооружения с пожароопасными помещениями или строительными конструкциями низкой огнестойкости, причем для них требования к молниезащите ужесточаются с увеличением вероятности поражения объекта. Кроме того, к третьему уровню относят объекты, поражение которых представляет опасность электрического воздействия на людей и животных: большие общественные здания, животноводческие строения, высокие сооружения типа труб, башен, монументов. К III уровню

также отнесены мелкие строения в сельской местности, где чаще всего используются сгораемые конструкции. Согласно статическим данным, на эти объекты приходится значительная доля пожаров, вызванных грозой. Из-за небольшой стоимости этих строений их молниезащита выполняется упрощенными способами, не требующими значительных материальных затрат [16].

Целью выбора уровня защиты является снижение ниже максимального допустимого уровня риска повреждения от прямого удара молнии в здание или сооружение. Выбор уровня защиты может быть сделан либо по классификации зданий и сооружений, описанной выше, что является приблизительной оценкой, либо по характеристическим параметрам молнии, что более сложно, так как связано с непосредственными изменениями этих параметров, либо по эффективности системы молниезащиты, где статические параметры молнии сравниваются с расчетными. Уровни молниезащиты и проценты надежности показаны в таблице 6.

Таблица 6 – Уровни молниезащиты

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

Автомобильная газозаправочная станция относится ко II уровню, т.к. на территории имеются наружные установки, содержащие взрывоопасные жидкости и газы.

5.1.11 Построение активной молниезащиты и расчет защитных радиусов

Для молниезащиты резервуара сжиженных углеводородных газов необходимо выбрать опоры на которых будет крепиться молниеприёмник. Высота опоры зависит от защищаемых зон и высоты защищаемых установок. Иными словами высота опоры должна быть больше высоты защищаемых

объектов. Самой высокой точкой на автомобильной газозаправочной станции является резервуар хранения СУГ, высота которого 3,8 м плюс взрывоопасная зона радиусом 180 метров, итого получаем 183,8 метров [17].

Выбираем стандартную опору ПМС-25, высота которой 25 метров так как высота цистерны всего 3,8 метра. Активный молниеприемник крепится к этой опоре на подставке высотой 2 метра. Высота самого активного молниеприемника составляет 0.75 метров. Итоговая высота опоры с закрепленным на ней активным молниеприемником составляет 27,75 метров.

Выбор активного молниеприемника:

Для автомобильной газозаправочной станции с уровнем молниезащиты II был выбран молниеприемник типа PREVECTRON S6.60.

Площадь защищаемой зоны R_p молниеприемника PREVECTRON рассчитывается по формуле (2.1).

Для молниеприемника PREVECTRON S6.60 $\Delta T=60$ мкс, $V=1$ м/мкс, по формуле (2.2) находим величину инициации верхнего лидера

$$\Delta L = 1 \cdot 60 = 60$$

Далее по формуле (10) находим защищаемые радиусы на уровне земли:

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

$$R_p = \sqrt{27,75(2 \cdot 30 - 27,75) + 60(2 \cdot 30 + 60)} = 90 \text{ м}$$

Из этого получаем, что на уровне земли радиус защиты будет равен 90 метров.

После того как найдены защищаемые радиусы, начинаем расстановку опор на генеральном плане, исходя из зон покрытия (рисунок 9). Опоры устанавливаются на площадке автомобильной газозаправочной станции, расстояние от фундамента опор до дорог, газопроводов, и других коммуникаций составляет минимум 2 м [17].

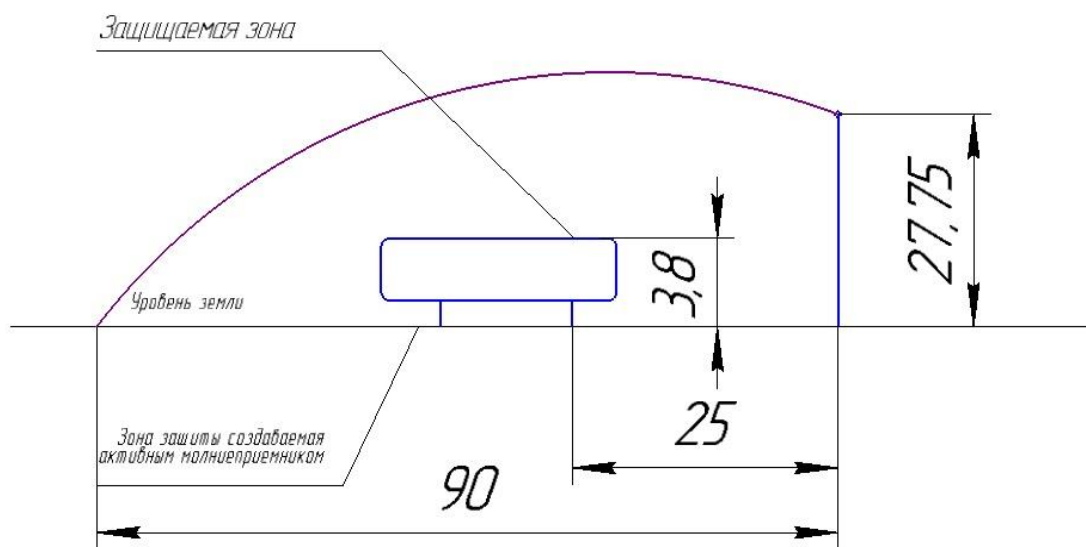


Рисунок 12 – Общий вид активного молниеприемника с зоной защиты для резервуара

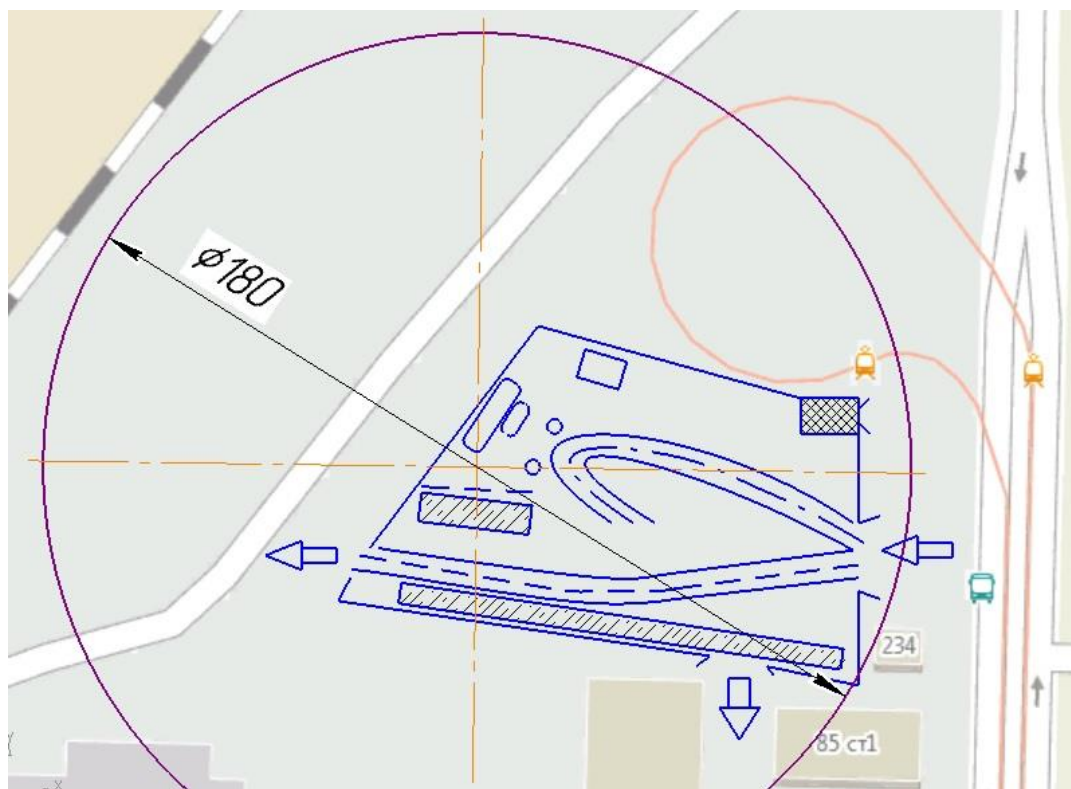


Рисунок 13 – План АГЗС с радиусом защиты молниеприёмника

Исходя из данных рисунков, защитная зона активного молниеприёмника полностью покрывает всю территорию автомобильной газозаправочной станции. Чтобы полностью защитить АГЗС достаточно одной опоры с установленным на ней активным молниеприемником PREVECTRON S6.60, так как территория не столь велика.

5.2 РАСЧЕТ МОЛНИЕЗАЩИТЫ ПО ДЕЙСТВУЮЩЕМУ НОРМАТИВУ

5.2.1 Оценка среднегодовой продолжительности гроз и ожидаемого количества поражений молнией зданий

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 [18].

Ожидаемое количество поражений в год определяют по формуле:

$$N = [(S+6h) (L+6h) - 7.7 \cdot h^2] \cdot n \cdot 10 \quad (13)$$

где S – ширина защищаемого здания = 2,4 м;

h – наибольшая высота здания или сооружения = 3,5 м;

L – длина защищаемого здания = 10,5 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 10,5 м, шириной 2,4 м, высотой 3,5 м определяют:

$$N = [(2.4+6 \cdot 3.5) (10.5+6 \cdot 3.5) - 7.7 \cdot 2.4^2] \cdot 4 \cdot 10^{-6} = 0.0025711$$

Полученное значение показывает, что поражение молнией АГЗС происходит один раз в 380 лет. Но неизвестно, когда этот один раз произойдет. Молния может ударить в любой момент, как в начале работы АГЗС, так и в конце. Поэтому было принято решение сделать расчёт молниезащиты для данного объекта.

5.2.2 Построение зоны защиты

Одиночный стержневой молниеотвод. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой h представляет собой круговой конус (рис.

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 .

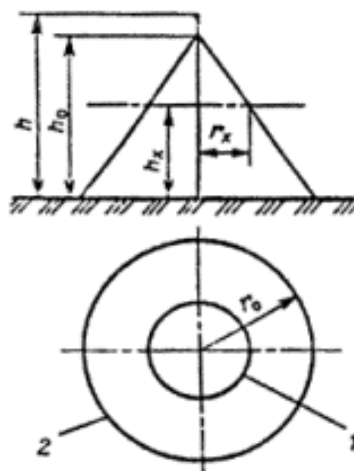


Рисунок 14 - Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода. 1—граница зоны защиты на уровне h_x . 2—то же на уровне земли.

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

Зона Б:

$$h_0 = 0.92h \quad (14)$$

$$r_0 = 1.7 \cdot h \quad (15)$$

$$r_x = S/2 \quad (16)$$

$$h = (r_x + 1.63 \cdot h_x) / 1.5 \quad (17)$$

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

$$h = (r_x + 1.63h_x) / 1.5 \quad (18)$$

Горизонтальное сечение зоны защиты на высоте защищаемого сооружения $h_x = 3.5$ м. представляет собой круг радиусом $r_x = 1.2$.

$$r_x = S/2 = 2.4/2 = 1.2 \text{ м}$$

Высота молниеотвода $h = 4.6$ м.

$$h = (r_x + 1.63 \cdot h_x) / 1.5 = (1.2 + 1.63 \cdot 3.5) / 1.5 = 4.6 \text{ м}$$

Зона защиты на уровне земли образует круг радиусом $r_0 = 7.82$ м.

$$r_0 = 1.7 \cdot h = 1.7 \cdot 4.6 = 7.82 \text{ м}$$

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой $h = 4.6$ м. представляет собой круговой конус (рис. 3), вершина которого находится на высоте $h_0 < h$.

$$h_0 = 0.92h = 0.92 \cdot 4.6 = 4.23 \text{ м}$$

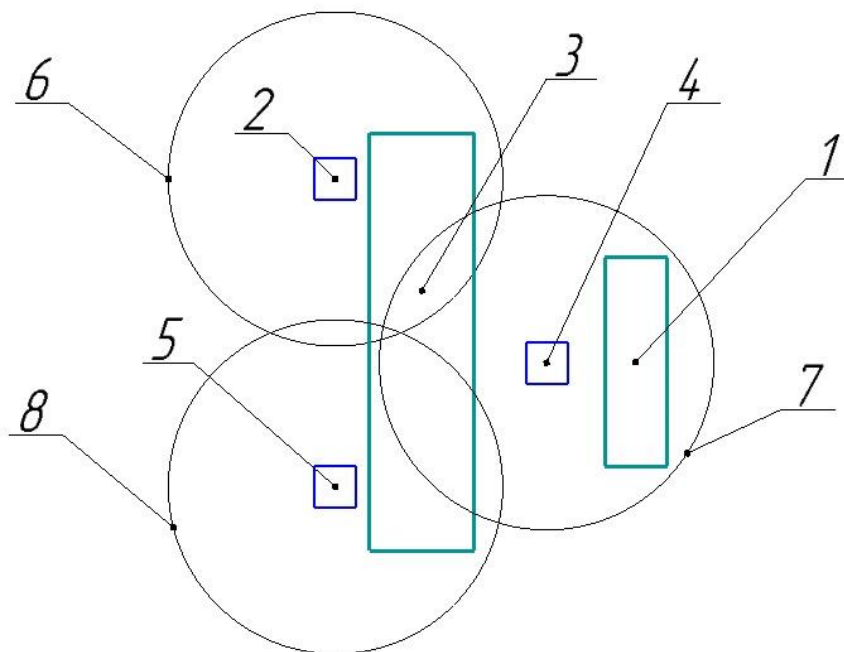


Рисунок 15 - Схема расстановки стержневых молниеотводов
(1–Малая цистерна содержащая СУГ. 2,4,5–Стержневые молниеотводы. 3–Большая цистерна содержащая СУГ. 6,7,8– Радиус защиты молниеотводов)

5.2 Анализ эффективности предлагаемой молниезащиты

Исходя из проделанной работы, можно увидеть, что, активный молниеприемник является более эффективным, чем пассивный. При использовании активного молниеприемника, радиус защиты $R_p = 90$ м, что позволяет обезопасить территорию объекта от удара молнии полностью. При

этом, используется только одна опора, с установленным на неё активным молниеприемником. В случае с использованием пассивного молниеприемника, радиус защиты $R_p=7,82$ м. С помощью пассивного молниеприемника можно защитить одно, определённое здание или сооружение. Для обеспечения молниезащиты резервуара содержащего СУГ, понадобится 3 опоры, в то время как в случае с активным молниеприемником, всего одна.

Активный молниеприемник намного лучше чем пассивный, например: уровнем защиты и экономической составляющей. Для приобретения активного молниеприемника понадобится от 40 до 120 тысяч рублей, и будет достаточно всего лишь одной такой опоры. В случае пассивного молниеприемника, одна опора обойдётся от 5 до 20 тысяч рублей.

Если требуется обезопасить отдельно стоящий объект, то лучше использовать пассивную молниезащиту. Но если объект имеет большую территорию и множество зданий и сооружений, то лучшим вариантом будет являться установка активных молниеприемников. Это сэкономит денежные средства и затраты времени.

5.3 Выводы по разделу

В данном разделе представлено описание активных молниеприемников, к каким последствиям может привести удар молнии и расчёт молниезащиты для автомобильной газозаправочной станции. Приведено описание активной молниезащиты, рассмотрено назначение и принцип работы активных молниеприемников PREVECTRON, приведены формулы для расчётов защищаемых радиусов, определён уровень молниезащиты. Произведён расчёт защищаемых радиусов для активной молниезащиты и приведены рисунки с наглядным представлением зон покрытия.

В ходе проделанной работы, было выяснено как расположить опору с установленным на неё молниеприемником для того, чтобы вся территория АГЗС, в том числе и резервуары содержащие СУГ были защищены от прямого попадания молнии.

Показано что активная молниезащита гораздо эффективнее пассивной, т.к. для защиты резервуара с СУГ понадобится несколько опор, в то время как с помощью одной опоры содержащей активный молниеприёмник можно защитить всю территорию автомобильной газозаправочной станции.

6. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Суть выпускной квалификационной работы по теме: «Современные методы анализа риска аварий и пожаров на опасных химических объектах» заключается в изучении риска аварий и пожаров на опасном химическом объекте, а именно автомобильной газозаправочной станции. Для этого в выпускной квалификационной работе проводится расчёт риска аварий и пожаров на объекте, расчёт активной молниезащиты для объекта и дерево событий, которые могут привести в чрезвычайной ситуации на объекте исследования.

Экономическая часть ВКР направлена на закрепление и углубление теоретических знаний и практических навыков в области экономики, организации и управления производством.

Целью раздела является анализ ресурсоэффективности установки активной молниезащиты вместо пассивной молниезащиты. Стоимость активной молниезащиты больше, чем стоимость пассивной. Но установив один активный молниеприемник можно защитить намного большую территорию и тем самым избежать затрат на несколько малоэффективных пассивных молниеприемников.

Заинтересованным лицом в полученных данных будет являться Главное управление МЧС России по Томской области.

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

Сегментирование рынка услуг по разработке, установке и наладке активных молниеприемников осуществляется по следующим критериям: компания и страна.

Таблица 7 – Сегментирование рынка услуг

Компания производитель	Страна
Инделек	Франция
Элмашпром	Россия
Громстар	Россия

Основным сегментом данного рынка является производство активных молниеприемников. Применение активных молниеприемников основано на экономической целесообразности и достаточной эффективности. Благодаря своим высоким показателям защиты заняли устойчивое место на рынке. Установка активных молниеприемников, для защиты определённой территории обойдётся намного дешевле, чем установка пассивных молниеприемником для каждого объекта, который находится на данной территории.

6.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам.

Таблица 8 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Простота эксплуатации	0,09	5	4	3	0,45	0,36	0,27
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,06	4	3	1	0,24	0,18	0,06
3. Уровень шума	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
4. Устойчивость климатическому воздействию	0,07	4	3	4	0,28	0,21	0,28
5. Надежность	0,09	5	5	4	0,45	0,45	0,36
6. Безопасность	0,09	3	3	3	0,27	0,27	0,27
7. Монтаж	0,07	4	4	5	0,28	0,28	0,35
8. Устойчивость к огню	0,09	3	2	3	0,27	0,18	0,27

Продолжение таблицы 8.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,09	5	5	3	0,45	0,45	0,27
2. Уровень проникновения на рынок	0,02	4	4	2	0,08	0,08	0,04
3. Цена	0,09	3	3	4	0,27	0,27	0,36
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	5	4	4	0,3	0,24	0,24
5. Срок выхода на рынок	0,05	4	5	3	0,2	0,25	0,15
6. Наличие сертификации разработки	0,08	5	5	5	0,4	0,4	0,4
Итого	1				4,04	3,82	3,52

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \times B_j, \quad (19)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_j – балл i -го показателя.

Вывод: Из результатов анализа конкурентных технических решений, следует, что наиболее конкурентоспособной разработкой на рынке является активный молниеприемник компании Инделек. Его эффективность заключается в долгом времени эксплуатации и большом сопротивлении различным факторам среды.

6.1.3 Технология QuaD

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

Таблица 9 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Простота эксплуатации	0,09	100	100	1	0,09
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,06	60	100	0,6	0,036
3. Уровень шума	0,05	60	100	0,6	0,03
4. Устойчивость климатическому воздействию	0,07	60	100	0,6	0,042
5. Надежность	0,09	100	100	1	0,09
6. Безопасность	0,09	50	100	0,5	0,045
7. Монтаж	0,07	50	100	0,5	0,045
8. Устойчивость к огню	0,09	20	100	0,2	0,018
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
9. Конкурентоспособность продукта	0,09	100	100	1	0,09
10. Уровень проникновения на рынок	0,02	60	100	0,6	0,012
11. Цена	0,09	20	100	0,2	0,018
12. Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	100	100	1	0,06
13. Срок выхода на рынок	0,05	60	100	0,6	0,03
14. Наличие сертификации разработки	0,08	100	100	1	0,08
Итого	1				0,686

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$П_{ср} = \sum B_i \times B_i, \quad (20)$$

где $П_{ср}$ – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

$$P_{cp} = 0.09 \cdot 100 + 0.06 \cdot 60 + 0.05 \cdot 60 + 0.07 \cdot 60 + 0.09 \cdot 100 + 0.09 \cdot 50 + 0.07 \cdot 50 + 0.09 \cdot 20 + 0.09 \cdot 100 + 0.02 \cdot 60 + 0.09 \cdot 20 + 0.06 \cdot 100 + 0.05 \cdot 60 + 0.08 \cdot 100 = 68,6$$

Значение P_{cp} равный 68,6 говорит о том. Что перспективность разработки считается выше среднего, и её следует развивать.

6.1.4 SWOT-анализ

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

Таблица 10 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии. С2. Повышение безопасности технологического процесса. С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. С4. Снижение вреда для окружающей среды. С5. Актуальность проекта.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Высокие цены на оборудование. Сл2. Нехватка точных сведений. Сл3. Нет финансирования для реализации проекта. Сл4. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца. Сл5. Отсутствие опыта в проектировании.
Возможности: В1. Очень широкая область применения. В2. Финансирование и реализация проекта. В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт. В4. Поддержка проекта со стороны органов исполнительной власти Томской области.	-Имея в наличии новейшие технологии для обустройства молниезащиты, а так же опытный персонал на объекте, возможно создать партнёрские отношения с рядом других организаций, а так же получение финансирования. -Получить дополнительный спрос на повышение безопасности технологических процессов на АГЗС.	-Испытание в работе и получение положительных результатов. -Разработка на основе имеющихся нормативных документов. -Получение опыта в проектировании и получение необходимого оборудования.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии.	-Продвижение разрабатываемого проекта с акцентированием на его	-Испытание проектной разработки в работе и доказательство наибольшей

У2. Развитая конкуренция технологий производства. У3. Изменение требований в нормативно-технической документации для объектов данного типа. У4. Большие затраты для реализации данного проекта.	достоинствах. -В дальнейшем планируется расширение области применения объектов защиты.	эффективности, чем у конкурентов.
---	---	-----------------------------------

Таблица 11 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	B1	+	+	+	+	+
	B2	0	+	+	0	0
	B3	+	+	+	+	0
	B4	+	+	0	+	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильных сторон и возможности: B1B2C2C3, B3C1C2C3C4, B4C1C2C4.

Таблица 12 – Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	0	0	-	0	-
	B2	-	-	-	0	-
	B3	0	-	+	-	0
	B4	-	-	0	+	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и возможности: B3Сл3, B4Сл4Сл5.

Таблица 13 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	-	-	-	-	0
	У2	0	0	-	+	0
	У3	+	-	0	+	+
	У4	0	0	-	0	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильных сторон и угрозы: У2У3С4.

Таблица 14 – Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	+	0	+	+	0
	У2	+	-	0	-	0
	У3	-	0	-	0	-
	У4	+	-	0	+	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и угрозы: У1У2Сл1, У4Сл1Сл4.

6.1.5 планирование научно-исследовательских работ структура работ в рамках научного исследования

Таблица 15 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Анализ актуальности темы	
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Студент
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Студент
	7	Подбор нормативных документов	
Практические исследования	9	Составление сравнительной таблицы	студент
	10	Проведение расчетов по теме	
Оценка полученных результатов	12	Оценка и анализ полученных результатов	Студент
	13	Эффективность предложенных идей	Науч. Рук, студент.

6.1.6 Определение трудоемкости выполнения работ

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

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (21)$$

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

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

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} \quad (22)$$

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

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

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

6.1.7 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (23)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (24)$$

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.

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

Все рассчитанные значения необходимо свести в таблицу (табл. А).

Согласно производственному и налоговому календарю на 2016 год, количество календарных 366 дней, количество рабочих дней составляет 247 дней, количество выходных и праздничных 119 дней (количество предпраздничных дней – 15, количество выходных дней – 104), таким образом:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 119} = 1,48$$

Таблица 16 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{ожi}$, чел-дни									
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Составление и утверждение темы ВКР	2	3	3	3	4	4	2	3	3	Студент и научный руководитель	1	1	1	2	2	2
Анализ актуальности темы	1	1	1	2	2	2	1	1	1	Студент и научный руководитель	1	1	1	2	2	2
Постановка задач	2	2	3	3	3	4	2	2	3	Студент	2	2	3	3	3	4
Определение стадий, этапов и сроков написания ВКР	2	2	2	4	4	4	3	3	3	Студент, научный руководитель	1	1	1	2	2	2
Подбор литературы по тематике работы	4	4	5	6	6	8	5	5	6	Студент	5	5	6	7	7	9
Сбор материалов и анализ существующих методик	10	15	14	15	17	17	12	16	16	Студент	12	16	16	18	24	24
Анализ конкурентных методик	5	10	10	8	12	12	6	11	11	Студент	6	11	11	9	16	16
Проведение расчетов по теме	15	7	7	17	9	9	16	8	8	Студент, научный руководитель	8	4	4	12	6	6
Оценка и анализ полученных результатов	4	2	2	5	4	4	4	3	3	Студент	4	3	3	6	4	4
Работа над выводами по проекту	6	1	2	8	3	4	7	2	3	Студент, научный руководитель	2	1	1	3	2	2

Таблица 17 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				февр.		март			Апрель			май			июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление и утверждение темы ВКР	Студент и научный руководитель	2													
2	Анализ актуальности темы	Студент и научный руководитель	2													
3	Постановка задач	Студент	4													
4	Определение стадий, этапов и сроков написания ВКР	Студент, научный руководитель	2													
5	Подбор литературы по тематике работы	Студент	9													
6	Сбор материалов и анализ существующих методик	Студент	24													
7	Анализ конкурентных методик	Студент	16													
8	Проведение расчетов по теме	Студент	6													
9	Оценка и анализ полученных результатов	Студент	4													
10	Работа над выводами по проекту	Студент, научный руководитель	2													

 – студент;  – научный руководитель;

6.1.8 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

6.1.9 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{\text{м}} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расх}i} \quad (25)$$

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 18 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З _м), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Бумага	лист	200	150	100	3	3	3	600	450	300
Картридж	шт.	1	1	1	500	500	500	500	500	500
Дополнительная литература	шт.	1	2	1	400	350	330	400	700	350
Итого								1900	1300	1150

6.1.10 Основная заработная плата исполнителей темы

Основная заработная плата исполнителей, непосредственно участвующих в проектировании разработки:

$$C_{\text{осн} / \text{зн}} = \sum t_i \cdot C_{\text{зн}_i}, \quad (26)$$

где t_i - затраты труда, необходимые для выполнения i -го вида работ, в рабочих днях, $C_{\text{зн}_i}$ - среднедневная заработная плата работника, выполняющего i -ый вид работ, (руб./день).

Среднедневная заработная плата определяется по формуле:

$$C_{\text{зн}_i} = \frac{D + D \cdot K}{F}, \quad (27)$$

где D - месячный оклад работника (в соответствии с квалификационным уровнем профессиональной квалификационной группы), K - районный коэффициент (для Томска – 30%), F – количество рабочих дней в месяце (в среднем 22 дня).

Для руководителя:

$$C_{\text{зн}_i} = \frac{D + D \cdot K}{F} = \frac{16751,29 + 16751,29 \cdot 0,3}{22} = 989,84$$

Для студента:

$$C_{\text{зн}_i} = \frac{D + D \cdot K}{F} = \frac{6976,22 + 6976,22 \cdot 0,3}{22} = 412,2$$

Таблица 19 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Оклад, руб.	Средняя заработная плата, руб./дн.	Трудоемкость, раб. дн.			Основная заработная плата, руб.		
			Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Руководитель	16751,29	989,8	13	8	8	12867,4	7918,4	7918,4
Студент	6976,22	412,2	40	45	46	16488	18549	18961,2
ИТОГО						29355,4	26467,4	26879,6

6.1.11 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (28)$$

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

Таблица 20 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Коэффициент дополнительной заработной платы	Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Руководитель	12867,4	7918,4	7918,4	0,15	1930,11	1187,76	1187,76
Студент	16488	18549	18961,2		2473,2	2782,35	2844,18
Итого					4403,31	3970,11	4031,94

6.1.12 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \quad (29)$$

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

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (табл. 21).

Таблица 21 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	12867,4	7918,4	7918,4	1930,11	1187,76	1187,76
Студент-дипломник	16488	18549	18961,2	2473,2	2782,35	2844,18
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271					
Итого						
Исполнение 1	9148,61					
Исполнение 2	8248,56					
Исполнение 3	8377,02					

6.1.13 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (30)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы, равен 0,5.

6.1.14 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 22 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Материальные затраты НТИ	1900	1300	1150
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	29355,4	26467,4	26879,6
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	4403,31	3970,11	4031,94
4. Отчисления во внебюджетные фонды	9148,61	8248,56	8377,02
5. Накладные расходы	22403,66	19993,035	20219,28
6. Бюджет затрат НТИ	67210,98	59979,1	60657,84

Из данной таблицы видно, что минимальный бюджет НТИ представлен вторым исполнением и составляет 59979,1 рубль.

6.1.15 Определение ресурсной (ресурсосберегающей финансовой, бюджетной, социальной и экономической) эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (31)$$

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

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

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

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}} = \frac{67210,98}{67210,98} = 1; I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{59979,1}{67210,98} = 0,89; I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{60657,84}{67210,98} = 0,9;$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (32)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Таблица 23 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	4	3	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5	2	4
3. Помехоустойчивость	0,15	5	4	4
4. Энергосбережение	0,20	5	5	5
5. Надежность	0,25	4	3	5
6. Материалоемкость	0,15	5	4	3
ИТОГО	1	28	21	25

$$I_{p-исп1} = 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 = 4,65;$$

$$I_{p-исп2} = 3*0,1 + 2*0,15 + 4*0,15 + 5*0,2 + 3*0,25 + 4*0,15 = 3,55;$$

$$I_{p-исп3} = 4*0,1 + 4*0,15 + 4*0,15 + 5*0,2 + 5*0,25 + 3*0,15 = 4,3.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}} \quad (33)$$

$$I_{исп1.} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}} = \frac{4,65}{1} = 4,65; \quad I_{исп2.} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} = \frac{3,55}{0,89} = 3,98; \quad I_{исп3.} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{финр.3}} = \frac{4,3}{0,9} = 4,7.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{cp}$):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (34)$$

Таблица 24 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,89	0,9
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	3,55	4,3
3	Интегральный показатель эффективности	4,65	3,98	4,7
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,9	0,8	1

6.2 ВЫВОД

В результате выполненного анализа экономической эффективности было произведено сегментирование рынка, результатом которого был выбор наиболее перспективных сегментов. В результате анализа конкурентных технических решений наиболее конкурентоспособным оказался активный

молниеприемник. Анализ качества и перспективности данной разработки показал, что она является перспективной, средневзвешенное значение показателя качества и перспективности составило 68,6%.

В работе представлен перечень этапов и работ, а также распределены исполнители. Исполнителями являются: научный руководитель и студент. Представлен календарный план график НИОКР, на котором определены временные интервалы выполнения конкретных этапов.

Проведён расчёт материальных затрат, минимальные затраты составили 1150 рублей (Исполнение 3, молниеприемник компании Громстар, производство Россия). Проведён расчёт основной и дополнительной заработной платы, отчислений во внебюджетные фонды и расчет накладных расходы. По результатам расчетов сделан вывод о том, что минимальный бюджет НТИ составил 59979,1 рубль (Исполнение 2).

Были рассчитаны интегральные финансовые показатели разработок, интегральные показатели ресурсоэффективности и сравнительная эффективность вариантов исполнения.

7. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.

Аварии на АГЗС могут привести к взрыву и пожару. При различных обстоятельствах авария может перерасти в чрезвычайную ситуацию (ЧС) с поражением персонала, транспортных коммуникаций, транспортных средств, находящихся на АГЗС, а так же населения, проживающего вблизи.

Автомобильная газозаправочная станция (АГЗС) - АЗС, на территории которой предусмотрена заправка баллонов грузовых, специальных и легковых автомобилей сжиженным газом (сжиженным пропан-бутаном), используемым в качестве их моторного топлива [23].

В состав наземной АГЗС входят следующие основные составляющие:

- Технологическая система наземной АГЗС
- Рабочее помещение для персонала (операторная)
- Электрораспределительный щит
- Оборудование управления и связи
- Противопожарное оборудование.

На территории АГЗС имеется операторная, где осуществляет работы оператор автомобильной газозаправочной станции. Оператор находится в небольшом помещении размером примерно: ширина–2,5 м; длина–3,5 м; высота–3 м. В помещение проведён свет, температурный контроль осуществляется за счёт электрического обогревателя. Санузел отсутствует.

В помещении операторной размещаются:

- схема обвязки насосов с раздаточными колонками и резервуарами;
- схема слива СУГ из автомобильных цистерн;
- производственная инструкция, содержащая порядок проведения и меры безопасности при сливе СУГ.

Работа на АГЗС представляет собой слив, налив опасных веществ в резервуары, заправка автомобилей, постоянный мониторинг безопасности на территории объекта [23].

7.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Оператор АГЗС основную работу выполняет в операторной кабине, ведение журналов осуществляется на бумаге, ПЭВМ отсутствует. Но на рабочем месте оператор регулярно контактирует с СУГ, что не может не сказаться на его здоровье. Основная задача в данном разделе – снизить вред здоровью человека от постоянного пребывания в зоне нахождения СУГ.

Условия труда пользователя, работающего на АГЗС, определяются особенностями организации рабочего места, условиями производственной среды (освещение, микроклимат, шум, электромагнитные и электростатические поля), а также характеристиками прямого и не прямого взаимодействия с СУГ.

К физическим вредным и опасным факторам относятся:

Таблица 25 – вредные и опасные факторы

Опасные факторы	Вредные факторы
Повышенный уровень опасности взрыва и пожара;	Запылённость воздуха рабочей зоны;
В следствии того, что резервуары являются подвижными, возможен отказ тормозной системы;	Шум от проезжей части, железнодорожных путей, и путей городского железнодорожного электрического транспорта;
Удары молнии, и их последствия в виде взрыва или пожара;	В зимнее время при работе на улице возможны обморожения и переохлаждения;
Автомобильные аварии на территории;	В летнее время при работе на улице перегрев, солнечный удар;

К химическим вредным и опасным факторам, относятся:

- повышенное содержание в воздухе рабочей зоны выхлопных газов, т.к. объект находится у нескольких проезжих частей;
- наличие на объекте сжиженных углеводородных газов в большом количестве (около 60 тысяч литров), а именно пропан-бутановая смесь;

Первой помощью при отравлении газом, или подозрении на отравление будет являться в максимально возможном объёме обеспечение доступа к свежему воздуху, расстегнуть стесняющую одежду. Пострадавшего желательно унести в сторону против ветра, чтобы избежать повторного воздействия газов.

Вызвать скорую помощь. Если пострадавший находится в сознании, то можно дать ему выпить слабощелочную воду или крепкий сладкий чай [24].

Обморожения вследствие попадания жидкой фазы сжиженных газов на тело или одежду человека, похоже на ожог.

- При попадании в глаза, необходимо промыть обильной струёй воды;
- При попадании жидкости на одежду необходимо в срочном порядке снять её;
- При повреждении тканей в результате воздействия низкой температуры необходимо:
- Немедленно согреть обмороженные участки тела, затем как можно скорее переместить пострадавшего в теплое помещение;
- Ни в коем случае обмороженные участки тела нельзя растирать снегом, это только усугубляет положение пострадавшего, т.к. льдинки повреждают кожу, что может привести к заражению зоны обморожения;

До приезда скорой помощи необходимо постоянно вести контроль над состоянием пострадавшего [24].

К психологическим же вредным и опасным факторам относятся:

- Постоянное напряжение от шума с проезжей части, железнодорожных путей и путей городского электрического транспорта;
- Длительные статические нагрузки, при заполнении журналов;
- Напряжение от пребывания рядом с опасным химическим объектом;

Типичными ощущениями, которые испытывают к концу рабочего дня операторы АГЗС, являются:

- Общая усталость;
- Головные боли от обилия выхлопных газов.
- Снижение концентрации внимания, в следствии бессонной ночи.

7.2 Техника безопасности

Основными нормативными документами, регламентирующими работу оператора АГЗС с минимальным ущербом для здоровья являются:

- Приказ Ростехнадзора от 11.12.2014 N 559 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности. Правила безопасности автогазозаправочных станций газомоторного топлива» [25].
- Правила безопасности при эксплуатации автомобильных заправочных станций сжиженного газа*1 ПБ 12-527-03[26].
- Нормы пожарной безопасности НПБ 111-98* «Автозаправочные станции. Требования пожарной безопасности» [23].
- Трудовой Кодекс Российской Федерации;
- Федеральный закон от 17 июля 1999 г. №181-ФЗ «Об основах охраны труда в Российской Федерации».

7.3 Правила техники безопасности

Правила техники безопасности вводятся с целью улучшения условий труда сотрудников, предупреждения несчастных случаев и заболеваний, уменьшения потерь рабочего времени по этим причинам. Во время работы сотрудник может травмироваться, получить отравление СУГ [27].

Инструктаж и обучение технике безопасности и производственной санитарии проводятся со всеми работающими на АГЗС по следующим основным видам:

- вводный инструктаж;
- инструктаж на рабочем месте;
- повседневный (текущий) инструктаж;
- периодический (повторный) инструктаж;
- курсовое обучение;
- массовая пропаганда техники безопасности и производственной санитарии посредством инструкций, предупредительных надписей, плакатов,

витрин, бесед, лекций, прослушивания записей и демонстрации кинофильмов по технике безопасности [27].

Оператор АГЗС, допущенный к работе обязан знать:

- правила по охране труда на АЗС;
- нормы пожарной безопасности на АЗС;
- ПТЭ и ПТБ электроустановок;
- правила работы с оборудованием АЗС;
- правила работы на кассовом аппарате;
- работу очистной установки АЗС;
- порядок приёма и отпуска горючего.

Оператор, заступающий на смену обязан убедиться: в наличии исправности оборудования, материалов, инструмента, проверить наличие на рабочем месте всей необходимой документации (согласно утверждённого перечня), принять имеющийся в ёмкостях на данный момент товар, фиксируя в сменном отчёте уровень топлива в ёмкостях и показания счётчиков, принять денежные средства, имеющиеся в кассе, указав сумму в кассовой книге, проверить порядок на территории АЗС и в операторной будке [27].

7.4 Экологическая безопасность

7.4.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Экологический ущерб от работы АГЗС проявляется во многих явлениях: загрязнение воды, почвы, атмосферы, что ведёт к значительному ухудшению здоровья, способствует снижению качества и сокращению жизни населения. Воздействие токсичных веществ, которые загрязняют воздух.

Значительная часть вредоносных компонентов, накапливается на территориях резервуарных парков автозаправочных станций, в том числе и автомобильных газозаправочных станций.

Негативное влияние автогазозаправочных станций на окружающую среду, по сравнению с другими хранилищами нефтепродуктов, проявляется в наибольшей мере. Это связано с тем, что в случае разгерметизации, выброс

вредных веществ происходит с высоты 2–3 метра от поверхности земли и с тем, что преимущественно автозаправочные станции размещаются в городской черте, вблизи населённых пунктов с большой плотностью застройки и проходимостью автотранспорта.

Среди всех негативных воздействий загрязнение воздуха, безусловно можно поместить на первое место, по своему губительному воздействию, т.к. воздух является непрерывно потребляемым продуктом каждым организмом.

7.4.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Основными мероприятиями по уменьшению воздействия АГЗС на окружающую среду, путём выброса веществ будут являться:

- Мониторинг и поддержание полной технической исправности резервуаров хранения СУГ, технологического оборудования, трубопроводов и обеспечение их герметичности [28].
- Мониторинг и поддержание полной технической исправности дыхательных клапанов, своевременное проведение их технического обслуживания.
- Контроль над обеспечением герметичности сливных и замерных устройств, а так же при осуществлении операций слива СУГ в процессе их хранения.
- Осуществление слива СУГ из автоцистерн только с применением герметичных быстроразъёмных муфт с обеих сторон.
- Не допускаются переливы и разливы СУГ при заполнении резервуара и заправке автотранспорта[28].

7.5 Производственная санитария

Производственная санитария - это система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или уменьшающих воздействие на работающих вредных производственных факторов, подробно описанных в ГОСТ 12.0.002-80 [30].

Производственная санитария рассматривает вопросы влияния основных производственных факторов на состояние здоровья работников. Это такие факторы, как микроклимат, излучение, освещение, шум, вибрация, загрязнение производственного воздуха и тому подобное [30].

Длительное нахождение на территории АГЗС может приводить к ухудшению состояния здоровья рабочего. Работа с грубыми нарушениями норм и правил, в скором времени может отразиться на состоянии здоровья [30].

7.5.1 Воздухообмен

Параметры микроклимата при отоплении и вентиляции помещений следует принимать по СНиП 2.04.05-91 для обеспечения метеорологических условий и поддержания чистоты воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне помещений (на постоянных и непостоянных рабочих местах) [30]:

1. в холодный период года в обслуживаемой зоне жилых помещений температуру воздуха - минимальную из оптимальных температур;
2. в холодный период года в обслуживаемой или рабочей зоне производственных помещений температуру воздуха - минимальную из допустимых температур при отсутствии избытков явной теплоты в помещениях [30];
3. для теплого периода года в помещениях с избытками теплоты - температуру воздуха в пределах допустимых температур, но не более чем на 3°C для общественных и административно-бытовых помещений и не более чем на 4 °C для производственных помещений выше расчетной температуры наружного воздуха;
4. скорость движения воздуха - в пределах допустимых норм;
5. относительная влажность воздуха при отсутствии специальных требований не нормируется.

Помещение, в котором проводились работы, относится к помещениям с нормальным тепловыделением, обеспечивающим поддержание температуры соответствующей допустимым нормам. Объем помещения равен 26,25 м³.

Объем составляет 21 м^3 на одного человека, таким образом можно сделать вывод, что в помещении достаточно естественной вентиляции. Для поддержания в рабочем помещении в холодное время года температуры от 19 до 24°C используется система электрического отопления.

7.5.2 Шум

Шум представляет собой беспорядочное сочетание разнообразных звуков, поэтому для понимания физических основ образования и распространения шума, его восприятия человеком и влияния на организм следует рассматривать звук как составную часть всякого шума, включая и производственный.

Колебания источника звука производят попеременное сжатие и разрежение воздуха, образуя волнообразное его колебание, распространяющееся от источника звука во все стороны в виде увеличивающихся в объеме сфер. Это называется распространением звуковой волны. По мере израсходования, на колебание воздуха сообщенной источником энергии звуковая волна постепенно затухает, поэтому, чем больше энергия источника звука, тем с большей силой происходят колебания воздуха и дальше распространяется звуковая волна. От величины энергии источника звука зависит сила звука, оцениваемая звуковым давлением, которое измеряется в ньютонах на квадратный метр ($\text{H}/\text{м}^2$).

Воздействие шума на организм человека вызывает негативные изменения, прежде всего в органах слуха, нервной и сердечно-сосудистой системах. Степень выраженности этих изменений зависит от параметров шума, стажа работы в условиях воздействия шума, длительности действия шума в течение рабочего дня, индивидуальной чувствительности организма. Действие шума на организм человека отягощается вынужденным положением тела, повышенным вниманием, нервно-эмоциональным напряжением, неблагоприятным микроклиматом.

Эффективным путем решения проблем борьбы с шумом является снижение его уровня в самом источнике за счет изменения технологии и конструкции машин.

В помещении источником шума являются внешние источники, такие как: автомобили, проезжающие по трассе, поезда и городской железнодорожный транспорт. Значение шума в определённые промежутки времени не соответствует требованиям и наносит вред здоровью работника.

Нормы шума для помещения устанавливает:

- СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» [31].
- Закон РСФСР «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 19.04.91 [32].
- Закон Российской Федерации «Об охране окружающей природной среды» от 19.12.91 [33].
- Закон Российской Федерации «О защите прав потребителей» от 07.02.92 [34].
- Закон Российской Федерации «О сертификации продукции и услуг» от 10.06.93 [35].

7.5.3 Освещение

Существует три вида освещения - естественное, искусственное и совмещенное (естественное и искусственное вместе).

Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий» в помещениях вычислительных центров необходимо применить систему комбинированного освещения [36].

Территория автомобильной газозаправочной станции в дневное время освещается естественным светом. В ночное время – уличными фонарями в количестве 3 штук, 2 из которых находятся за пределами территории объекта.

Из этого следует, что в ночное время на территории АГЗС имеется недостаточность освещения.

В операторной кабине, где осуществляет свою работу непосредственно оператор АГЗС, имеется источник искусственного света для работы в ночное время, и совмещение его с естественным светом в дневное время, тем самым получая совместное освещение.

7.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

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

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

В случае разгерметизации резервуара хранения сжиженных углеводородных газов мы можем наблюдать множество различных сценариев. Наиболее вероятными будут:

Разгерметизация цистерны с последующим мгновенным воспламенением, либо без мгновенного воспламенения. Если разгерметизация сопровождается мгновенным воспламенением, может произойти прекращение горения, либо же тепловое воздействие на соседний резервуар.

Без мгновенного воспламенения может образоваться пролив топлива, а так же пролив и образование парогазовоздушного облака. В случае образования пролива топлива, есть вероятность, что пролив воспламенится либо испарится и образуется вторичное облако. При воспламенении есть два варианта развития, это прекращение горения и воздействие на соседний резервуар.

В случае испарения облака и образования вторичного облака может произойти воспламенение или рассеивание облака. При воспламенении облака может произойти возгорание либо взрыв.

При образовании пролива и парогазовоздушного облака есть вероятность воспламенения облака с дальнейшим пожаром или взрывом облака. Так же может произойти рассеивание облака.

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

В случае получения сигнала о возникновении ЧС на объекте хранения и выдачи сжиженных углеводородных газов 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 [37].

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 [37].

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 хранения и выдачи СУГ 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 [37].

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 [37].

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.

7.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

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

Руководители и специалисты организации, эксплуатирующей автозаправочные станции, должны быть аттестованы, а рабочий персонал 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;

7.7.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

Автомобильная газозаправочная станция (АГЗС) - АЗС, на территории которой предусмотрена заправка баллонов грузовых, специальных и легковых автомобилей сжиженным газом (сжиженным пропан-бутаном), используемым в качестве их моторного топлива.

В базовый состав технологической системы наземной АГЗС (НАГЗС) входят следующие основные блоки, включающие в себя также необходимую запорно-предохранительную арматуру и контрольно-измерительные приборы:

- блок приема и хранения топлива;
- блок аварийного резервуара;
- технологический блок;
- блок выдачи (колонки раздаточные);
- комплект межблочных трубопроводов для жидкой и паровой фазы;
- технико-эксплуатационная документация;

Санитарно-защитная зона:

Таблица 26 – Минимальные расстояния от многотопливных АГЗС.

№ п/п	Наименование объектов, до которых определяется расстояние	Расстояние, м, от зданий, сооружений и оборудования технологических систем АЗС	
		с наличием СУГ	с наличием сжатого газа
1	Производственные, складские и административно-бытовые здания и сооружения промышленных предприятий (за исключением указанных в строке 10)	40	25
2	Лесные массивы: хвойных и смешанных пород лиственных пород	50 25	30 15
3	Жилые и общественные здания	60	35
4	Места массового пребывания людей	60	35
5	Индивидуальные гаражи и открытые стоянки для автомобилей	40	30
6	Торговые киоски	60	35

№ п/п	Наименование объектов, до которых определяется расстояние	Расстояние, м, от зданий, сооружений и оборудования технологических систем АЗС	
		с наличием СУГ	с наличием сжатого газа
7	Автомобильные дороги общей сети (край проезжей части):		
	I, II и III категории	25	15
	IV и V категории	20	12
	Маршруты электрифицированного городского транспорта (до контактной сети)	25	15
8	Железные дороги общей сети (до подошвы насыпи или бровки выемки)	40	30
9	Очистные канализационные сооружения и насосные станции, не относящиеся к АЗС	60	15
10	Технологические установки категорий А _н , Б _н , Г _н , здания и сооружения с наличием радиоактивных и вредных веществ I и II классов опасности по ГОСТ 12.1.007-76*	100	100
11	Линии электропередач, электроподстанции (в том числе трансформаторные подстанции)	По ПУЭ	
12	Склады лесных материалов, торфа, волокнистых горючих веществ, сена, соломы, а также участки открытого залегания торфа	50	30

Минимальные расстояния от многотопливных АЗС, АГНКС и АГЗС (кроме АГЗС с одностенными резервуарами) до объектов, к ним не относящихся, принимаются в соответствии с таблицей 3.

Нормы пожарной безопасности НПБ 111-98* «Автозаправочные станции. Требования пожарной безопасности» (утв. приказом ГУГПС МВД РФ от 23 марта 1998 г. N 25) [23].

7.8 ВЫВОД

Целью раздела «Социальная ответственность» было рассмотрение характеристики объекта исследования и области его применения, и различных факторов влияющих на рабочих, населения и окружающую среду.

В разделе производственная безопасность проведён анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения, а также анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.

В разделе экологическая безопасность произведён анализ защиты селитебной зоны, анализ воздействия объекта на атмосферу, гидросферу, литосферу и разработаны решения по обеспечению экологической безопасности. Так же представлены нормативно-технические документы регулирующие охрану окружающей среды.

В разделе безопасность в чрезвычайных ситуациях представлен и проанализирован перечень возможных ЧС на объекте исследования, выбрана наиболее типичная ЧС для объекта, которой является пожар. Проведены разработки по превентивным мерам предупреждения ЧС. Разработан план действий в результате пожара и мер по ликвидации его последствий.

Изучены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. Специальные правовые нормы трудового законодательства и организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проделанной работы были выполнены следующие задачи:

Проведён анализ опасностей действующего производства АГЗС «Черемошники», выявлены наиболее типичные ЧС для объекта.

Проведены расчёты зон поражения при возникновении ЧС на объекте. Выполнено распределение потенциального территориального риска. Разработан сценарий чрезвычайной ситуации на объекте. Определены возможные зоны поражения при ЧС. Наглядно, на рисунке представлено распределение потенциального территориального риска, который характеризует зоны поражения ударной волны от взрыва резервуара содержащего СУГ.

Представлены расчёты зон поражения смеси в открытом пространстве. Проведён расчёт 4 зон поражения, которые выделяют при взрывах химических веществ: бризантная зона равная 35,6 м; зона действия продуктов взрыва (огненного шара) равная 60,5 м и время истечения равное 10,5 с; зона действия ударной волны, где:

- зона полных разрушений равна 128 м;
- зона сильных разрушений равна 180 м;
- зона средних разрушений равна 230 м;
- зона слабых разрушений 370 м.

Разработана вероятностная модель взрыва резервуара содержащего СУГ, на автомобильной газозаправочной станции. Проведено построение и анализ вероятностной модели в виде «дерева событий». Представлена схема «дерева событий» и пояснение в виде таблицы. Это поможет наглядно увидеть вероятности осуществления тех или иных событий, которые могут привести к взрыву на АГЗС.

Представлено описание активных молниеприемников, к каким последствиям может привести удар молнии и расчёт молниезащиты для автомобильной газозаправочной станции. Приведено описание активной

молниезащиты, рассмотрено назначение и принцип работы активных молниеприемников PREVECTRON, приведены формулы для расчётов защищаемых радиусов, определён уровень молниезащиты. Произведён расчёт защищаемых радиусов для активной молниезащиты и приведены рисунки с наглядным представлением зон покрытия.

В ходе проделанной работы, было выяснено как расположить опору с установленным на неё молниеприемником для того, чтобы вся территория АГЗС, в том числе и резервуары содержащие СУГ были защищены от прямого попадания молнии.

Проведён анализ эффективности предлагаемой молниезащиты, и на основе данного анализа было выявлено, что активная молниезащита гораздо эффективнее пассивной.

Установлено, что пассивная молниезащита обеспечивает защиту в радиусе 7,82 м, а активная молниезащита обеспечивает защиту в радиусе 90 м, что эффективнее в 11,5 раз.

В работе были проанализированы возможные опасности, которые может представлять собой автомобильная газозаправочная станция для рабочего персонала, местных жителей и их имущества, а также окружающей среды.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

V Всероссийская научно-практической конференция студентов и молодых ученых «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность», 25 мая –29 мая 2015 г. Секция 5, тема доклада: «Современные методы анализа риска аварий и пожаров на химических опасных объектах».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ПБ-12-527-03. Федеральный горный и промышленный надзор России. Постановление об утверждении правил безопасности при эксплуатации автомобильных заправочных станций сжиженного газа. –М.: Гостехнадзор России, 2003. – 3 с.
2. ГОСТ 22.0.05-97. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. –М.: Гостехнадзор России, 1994. –10 с.
3. Электронная библиотека [Электронный ресурс] / Экологическое пособие; – Электрон, дан. – М.: Эл. б-ка, 2006. URL: <http://bibliotekar.ru/>, свободный, – Яз. рус. Дата обращения: 03.04.2016 г.
4. Издательский центр «Академия»: Безопасность жизнедеятельности / Сапронов Ю.Г.– М.: 2006. –8 с.
5. Библиотека экономиста [Электронный ресурс] / Общие сведения об авариях на химически опасных объектах; – Электрон, дан. –М.: Эл. б-ка. URL: <http://www.grandars.ru/>, свободный, – Яз. рус. Дата обращения: 03.08.2016 г.
6. Горный информационно-аналитический бюллетень: Методики оценки риска на угольных шахтах / Медведев А.Е.;. – М.: 2009. 30 с.
7. Приказ Минпромэнерго РФ от 12.04.2006 №78. Об утверждении методических рекомендаций по разработке и подготовке к принятию проектов технических регламентов. –М.: Минпромэнерго РФ, 2006. –18 с.
8. 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.
9. Моделирование и прогнозирование чрезвычайных ситуаций. Белгород: БелГТАСМ. –2002. – 60 с.
10. Пожарная безопасность. Взрывобезопасность. Справ. Изд. / А.Н. Баратов, Е.Н. Иванов, А.Я. Корольенко. – М.: Химия. – 1987. – 272 с.
11. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. РД 34.21.122-87 Москва, 1987, Минэнерго СССР.

12. Паспорт активного молниеприемника [Электронный ресурс] / типы и паспортные данные Активного молниеприемника; – Электрон. дан. URL: http://molniinet.ru/doc/indelec/Pasport_PRIVECTORN2.pdf, свободный, – Яз. рус. Дата обращения: 04.07.2016 г.
13. Молниеприёмники с упреждающей стримерной эмиссией Prevector 2 Millenium Руководство по эксплуатации. Франция 2012г., – 24 с.
14. Постановление Правительства РФ от 25.04.2012 N 390. О противопожарном режиме. – М.: Председатель правительства. – 2014 г. – 27 с.
15. РД 34.21.122-87. Характеристики интенсивности грозовой деятельности и грозопоражаемости зданий и сооружений. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России. – 1987. – 1 с.
16. СН РК 2.04-29-2005. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. – 2005. – 27 с.
17. Нормы проектирования молниезащиты объектов магистральных нефтепроводов и коммуникаций организаций системы «ТрансНефть». ОАО «АК «Транс нефть»», – 2010г. – 44 с.
18. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений РД 34.21.122-87.
19. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций СО 153-34.21.122-2003.
20. Правила устройств электроустановок. Утверждены постановлением Правительства РК от 24.10.2012 №1355. – Москва. – 2012. – 606 с.
21. Правила устройства электроустановок. ПУЭ 7-го изд. Глава 1.7. Заземление и защитные меры электробезопасности. Москва: НИЦ ЭНАС, 2002.
22. ГОСТ Р 50571.18-2002 (МЭК 60364-4-442-93) «Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Глава 44. Защита от перенапряжений. Раздел 442. Защита электроустановок до 1 кВ от перенапряжений вызванных замыканиями на землю в электроустановках выше 1 кВ».

23. НПБ 11-98* «Автозаправочные станции. Требования пожарной безопасности». –1998. – 3 с.
24. Правила технической эксплуатации и требования безопасности труда в газовом хозяйстве Российской Федерации. –М. –1992 г. – 35 с.
25. Приказ Ростехнадзора N 559 "Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности автогазозаправочных станций газомоторного топлива". –2014 г.
26. ПБ 12-527-03 «Правила безопасности при эксплуатации автомобильных заправочных станций сжиженного газа».
27. ЦОДЛ «МинМакс» [Электронный ресурс] / Должностная инструкция оператора АГЗС; – Электрон. дан. URL: <http://lipinet.ru/forum/viewtopic.php?p=3694>, свободный, – Яз. рус. Дата обращения: 03.04.2016 г.
28. ПБ 09-556-03 «правила безопасности для складов сжиженных углеводородных газов и легковоспламеняющихся жидкостей под давлением». – 2003. –42 с.
29. ГОСТ 12.0.002-80 «система стандартов и безопасности труда». – 1990г. – 12 с.
30. СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование». – 1991 г. – 81 с.
31. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». –1996 г. –64 с.
32. Закон РСФСР «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения». –1991г.
33. Закон Российской Федерации «Об охране окружающей природной среды». –1991г.
34. Закон Российской Федерации «О защите прав потребителей». – 1992г.

35. Закон Российской Федерации «О сертификации продукции и услуг». –1993г.
36. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий». – 2003 г. – 37 с.
37. СП 11-107-98 «Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций». – 1998 г. – 44 с.
38. 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.