

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность
 Отделение школы Отделение контроля и диагностики

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Оценка риска возникновения ЧС при транспортировке сжиженного газа
УДК 614.8:656.135:661.91-404

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1EM01	Еремин Дмитрий Сергеевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Амелькович Ю.А.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Верховская М.В.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Сечин А.И.	д.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП 20.04.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Амелькович Ю.А.	к.т.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен структурировать знания, готов к решению сложных и проблемных вопросов;
ОПК(У)-2	Способен генерировать новые идеи, их отстаивать и целенаправленно реализовывать;
ОПК(У)-3	Способен акцентированно формулировать мысль в устной и письменной форме на государственном языке Российской Федерации и на иностранном языке;
ОПК(У)-4	Способен организовывать работу творческого коллектива в обстановке коллективизма и взаимопомощи;
ОПК(У)-5	Способен моделировать, упрощать, адекватно представлять, сравнивать, использовать известные решения в новом приложении, качественно оценивать количественные результаты, их математически формулировать.
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен ориентироваться в полном спектре научных проблем профессиональной области;
ПК(У)-2	Способен создавать модели новых систем защиты человека и среды обитания;
ПК(У)-3	Способен анализировать, оптимизировать и применять современные информационные технологии при решении научных задач;
ПК(У)-4	Способен идентифицировать процессы и разрабатывать их рабочие модели, интерпретировать математические модели в нематематическое содержание, определять допущения и границы применимости модели, математически описывать экспериментальные данные и определять их физическую сущность, делать качественные выводы из количественных данных, осуществлять машинное моделирование изучаемых процессов;
ПК(У)-5	Способен использовать современную измерительную технику, современные методы измерения;

ПК(У)-6	Способен применять методы анализа и оценки надежности и техногенного риска;
ПК(У)-7	Способен организовывать и руководить деятельностью подразделений по защите среды обитания на уровне предприятия, территориально-производственных комплексов и регионов, а также деятельность предприятия в режиме чрезвычайной ситуации ;
ПК(У)-8	Способен осуществлять взаимодействие с государственными службами в области экологической, производственной, пожарной безопасности, защиты в чрезвычайных ситуациях;
ПК(У)-9	Способен участвовать в разработке нормативно-правовых актов по вопросам техносферной безопасности;
ПК(У)-10	Способен к рациональному решению вопросов безопасного размещения и применения технических средств в регионах;
ПК(У)-11	Способен применять на практике теории принятия управленческих решений и методы экспертных оценок.
ДПК(У)-12	Способен осуществлять педагогическую деятельность в области профессиональной подготовки
ДПК(У)-13	Способен осуществлять технико-экономические расчеты мероприятий по повышению безопасности
ДПК(У)-14	Способен проводить экспертизу безопасности и экологичности технических проектов, производств, промышленных предприятий и территориально-производственных комплексов

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

Школа Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность
Отделение школы Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Ю.А. Амелькович
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
1ЕМ01	Еремину Дмитрию Сергеевичу

Тема работы:

Оценка риска возникновения ЧС при транспортировке сжиженного газа

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Приказ № 27-40/с от 27.01.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:

10.06.2022

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования: Компрессорная станция «Парабель», расположенная по адресу с. Парабель. Область применения: повышение давления в газопроводе, транспортировка сжиженного углеводородного газа по газопроводу Оборудование: Агрегат газоперекачивающий, Установка очистки газа, Технологические трубопроводы КС, Технологическая обвязка ГПА, Блок подготовки сжатого воздуха, Газопровод
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Провести оценку вероятности возникновения аварийных ситуаций на магистральном газопроводе; 2. Произвести расчет параметров

	поражающих факторов сценария развития чрезвычайной ситуации. 3. Предложить мероприятия по предупреждению возникновения чрезвычайной ситуации при эксплуатации магистральных газопроводов.
Перечень графического материала	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Верховская Марина Витальевна, доцент ОСГН, к.э.н.
«Социальная ответственность»	Сечин Александр Иванович, профессор ООД, д.т.н.
"Иностранный язык"	Ажель Юлия Петровна, старший преподаватель ОИЯ
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
1. Анализ обеспечения безопасности функционирования магистральных газопроводов	
2. Предупреждение опасных факторов при эксплуатации МГ	
3. Прогнозирование параметров поражающих факторов сценария развития ЧС	
4. Features of natural gas	
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	05.02.2022

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Амелькович Юлия Александровна	к.т.н.		05.02.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ЕМ01	Еремин Дмитрий Сергеевич		05.02.2022

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность
 Отделение школы Отделение контроля и диагностики
 Период выполнения 2020/2021 – 2021/2022 учебные года

Форма представления работы:

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2022
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
29.11.2020	Формулирование целей и задач работы, формулирование предмета и объекта разработки	10
29.11.2020	Анализ обеспечения безопасности функционирования магистральных газопроводов	20
30.06.2021	Предупреждение опасных факторов при эксплуатации магистральных газопроводов	10
25.12.2021	Прогнозирование параметров поражающих факторов сценария развития чрезвычайной ситуации	20
14.05.2022	Анализ полученных результатов и выводы о достижении цели в основном разделе ВКР	20
14.05.2022	Разработка разделов «Социальная ответственность», «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», "Иностранный язык"	10
01.06.2022	Оформление ВКР и презентационных материалов	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Амелькович Ю.А.	к.т.н.		14.03.2022

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП 20.04.01 «Техносферная безопасность»	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Амелькович Ю.А.	к.т.н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1EM01	Еремину Дмитрию Сергеевичу

Школа	ИШНКБ	Отделение школы	ОКД
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	20.04.01 Техносферная безопасность

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	<i>Бюджет проекта - не более 150 тыс. руб.;</i>
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	<i>Коэффициент дополнительной заработной платы 12%; накладные расходы 16%; районный коэффициент 30%.</i>
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	<i>Размер отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30%.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Определение потенциальный потребителей результатов НТИ Проведение анализ конкурентных технических решений и SWOT-анализ
2. Разработка устава научно-технического проекта	Определение потенциальный потребителей результатов НТИ Проведение анализ конкурентных технических решений и SWOT-анализ
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Разработка плана проекта Определение бюджета и рисков проекта
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки сравнительной эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. «Портрет» потребителя результатов НТИ 2. Сегментирование рынка 3. Оценка конкурентоспособности технических решений 4. Матрица SWOT-анализа 5. Линейный график проведения и бюджет НТИ 6. Диаграмма Ганта проведения НТИ 7. Потенциальные риски 8. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ 	
--	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	15.02.2022
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Верховская Марина Витальевна	к.э.н.		15.02.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ЕМ01	Еремин Дмитрий Сергеевич		15.02.2022

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1EM01	Еремину Дмитрию Сергеевичу

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОКД
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	20.04.01 Техносферная безопасность

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Введение	<p>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</p> <p>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</p>	<p><i>Объект исследования: магистральный газопровод, КС «Парабель»</i></p> <p><i>Область применения: транспортировка газа</i></p> <p><i>Рабочая зона: <u>производственное помещение, освещение смешанное, наличие рабочего стола, ламп освещения, ПЭВМ</u></i></p> <p><i>Размеры помещения: 20 м²</i></p>
-----------------	--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	<ul style="list-style-type: none"> – СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений»; – ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность. Общие требования; – ГОСТ 12.1.033-81 Пожарная безопасность. Термины и определения; – ГОСТ 30403-2012 Конструкции строительные. Метод испытаний на пожарную опасность; – СанПиН 2.2.4.33.59-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах»; – ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация; – СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений; – Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) "Технический регламент
---	--

	<p>о требованиях пожарной безопасности";</p> <ul style="list-style-type: none"> – ГН 2.2.5.685-98 предельно-допустимые концентрации(ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны; – СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*; – ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. – СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003
2. Производственная безопасность	<p>Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды</p> <p>Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов</p> <ul style="list-style-type: none"> – недостаточная освещенность рабочей зоны – неудовлетворительный микроклимат – утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу – повышенный уровень шума – повышенная загазованность воздуха рабочей зоны – поражение электрическим током – движущиеся машины и механизмы
3. Экологическая безопасность	<p>Анализ объекта воздействия на литосферу, гидросферу, атмосферу</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	<p>Определить перечень возможных ЧС: разгерметизация оборудования, взрыв, пожар, утечка метана</p> <p>Наиболее типичная ЧС: возникновение пожара</p> <p>Рассмотреть профилактические мероприятия, требования к безопасности и меры по ликвидации ее последствий</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	15.02.2022
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД	Сечин Александр Иванович	д.т.н., доцент		15.02.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ЕМ01	Еремин Дмитрий Сергеевич		15.02.2022

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 127 с., 29 рис., 35 табл., 32 источника, 2 прил.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, магистральный газопровод, риск, взрыв, безопасность, компрессорная станция.

Объектом исследования является компрессорная станция «Парабель», расположенная в с. Парабель.

Цель работы – оценка риска возникновения ЧС на магистральном газопроводе.

В данной работе произведен анализ опасных факторов при эксплуатации МГ, рассмотрены система проведения сбора информации о произошедших инцидентах и авариях и анализе этой информации, средства обнаружения взрывопожароопасных веществ, механизмов контроля радиационной и химической обстановки, а также мероприятия, выполняемые на производстве, по локализации и ликвидации ЧС. Произведен анализ опасных факторов на МГ. Проведена оценка вероятности возникновения аварийных ситуаций на МГ. Исходя из этой оценки был выявлен самый наихудший сценарий – это разрыв магистрального газопровода. Было построено дерево событий в результате разрыва МГ. Были рассчитаны критерии пожаровзрывоопасности при сгорании сжиженного углеводородного газа, а также расчет числа пострадавших при разрыве магистрального газопровода.

Для предотвращения риска возникновения ЧС предложены мероприятия, способствующие его уменьшению.

Область применения: магистральный газопровод, компрессорные станции.

Экономическая эффективность/значимость работы: сокращение материального ущерба и человеческих потерь при возникновении ЧС.

Список сокращений

ЧС – чрезвычайная ситуация

КС – компрессорная станция

МГ – магистральный газопровод

ГОСТ – государственный стандарт

НФГО – нештатные формирования по выполнению мероприятий по гражданской обороне;

АСДНР – аварийно-спасательные и другие неотложные работы;

СНиП – строительные нормы и правила

СП – свод правил

ФЗ – федеральный закон

РФ – Российская Федерация

ПБ – правила безопасности

НПБ – нормы пожарной безопасности

Оглавление

Введение.....	17
1. Анализ обеспечения безопасности функционирования магистральных газопроводов.....	19
1.1. Природа газа и его сбыт	19
1.2. Образование и распределение газовых месторождений.....	21
1.3. Подготовка природного газа к транспортировке.....	24
1.4. Состав сооружений и классификация магистральных газопроводов ...	25
1.5. Статистика аварий на объектах магистрального газопровода	31
1.6. Причины возникновения аварий на магистральном газопроводе	31
1.7. Производственные аварии связанные со взрывом на газовых предприятиях	34
1.8. Сведения о возможном ущербе	38
2. Предупреждение опасных факторов при эксплуатации МГ	39
2.1. Анализ опасных факторов при эксплуатации магистральных газопроводов.....	39
2.2. Система проведения сбора информации о произошедших инцидентах и авариях и анализе этой информации.....	40
2.3. Мероприятия по локализации и ликвидации последствий аварий на объекте	41
2.4. Системы обнаружения взрывоопасных концентраций, устройства контроля радиационной и химической обстановки	41
3. Прогнозирование параметров поражающих факторов сценария развития ЧС.....	43
3.1. Общие сведения об объекте исследования	43
3.1.1. Компрессорная станция «Парабель».....	43
3.2. Оценка вероятности реализации аварийных ситуаций	47
3.3. Оценка пожаровзрывоопасности КС «Парабель».....	51
3.3.1. Расчет интенсивности теплового излучения и времени существования «Огненного шара».....	52
3.3.2. Расчет параметров волны давления при сгорании горючего вещества	54

3.3.3. Расчет размеров возможного пожара и его потенциальной энергии	55
3.3.4. Определение числа пострадавших при разрыве газопровода.....	57
3.3.5. Оценка экологических и экономических последствий чрезвычайной ситуации на КС «Парабель»	64
3.4. Предложение организационно-технических мероприятий по снижению рисков и предупреждению чрезвычайной ситуации.....	68
3.5. Определение результатов от внедрения мероприятий.....	70
4. Финансовый менеджмент	71
4.1. Предпроектный анализ	71
4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования	71
4.1.2. Анализ конкурентных технических решений	71
4.1.3. SWOT-анализ	73
4.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации	77
4.2. Инициация проекта.....	78
4.2.1. Цели и результат проекта.....	78
4.2.2. Ограничения проекта.....	79
4.3. Планирование управления научно-техническим проектом	80
4.3.1. План проекта	80
4.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ.....	81
4.3.3. Разработка графика проведения научного исследования.....	81
4.3.4. Бюджет научного исследования.....	85
4.3.5. Расчет материальных затрат НТИ.....	85
4.3.6. Расчет затрат на специальное оборудование для НТИ	85
4.3.7. Основная заработная плата исполнителей темы.....	86
4.3.8. Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала	88
4.3.9. Отчисления на социальные нужды	88
4.3.10. Накладные расходы	89
4.3.11. Реестр рисков проекта	90
4.4. Определение эффективности.....	90

5. Социальная ответственность	92
5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	92
5.2. Производственная безопасность	94
5.2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов	94
5.3. Экологическая безопасность.....	101
5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	102
5.5. Пожаровзрывобезопасность на КС	103
Заключение	106
Список публикаций.....	108
Список использованной литературы.....	109
Приложение А	112
Приложение Б	125

ВВЕДЕНИЕ

Основным способом транспортировки газа в настоящее время является его прокачка по газопроводу, позволяющая перемещать на большие расстояния огромные объемы природного газа под давлением в 75 атм. Общая протяженность магистральных газопроводов, максимальный диаметр части которых достигает 1400 мм, на территории нашей страны более 172 тысяч километров. Из-за силы трения между газом и стенкой трубы, а также между слоями газа во время продвижения по газопроводу скорость движения газа замедляется, а его давление уменьшается.

С целью компенсации естественных энергетических потерь на всем протяжении магистрального газопровода с определенной периодичностью сооружаются компрессорные станции, на которых давление перекачиваемого газа доводится до необходимой величины в 75 атмосфер. Несмотря на существенные затраты по постройке и обслуживанию магистрального газопровода со всей его инфраструктурой, данный способ транспортировки газа является самым экономичным из всех существующих на сегодняшний день.

Выбор трассы для прокладки газопроводов осуществляется с учетом множества факторов:

- экономической эффективности;
- плотности застройки;
- наличия блуждающих токов;
- коррозионной активности грунтов и т.д.

За пределами и на территории населенных пунктов используется подземная укладка трубопроводов, а на предприятиях надземная. На территории, где проживают люди используется надземное проведение труб. Газопровод устанавливается в домах, где имеется свободный доступ к трубам с газом.

На магистральном газопроводе серьезную опасность для людей, оборудования и окружающей среды представляет возможность утечки и

воспламенения газа, находящегося под высоким давлением. В настоящее время число аварий и смертельных случаев становится меньше, но опасность этих ситуаций остается на прежнем уровне. Исходя из этого очевидно, что оценка уровня безопасности магистральных газопроводов является весьма актуальной задачей, решение которой приводит к предотвращению травматизма и снижению материальных потерь.

Цель работы: оценка риска возникновения ЧС на магистральном газопроводе

Задачи:

- 1) Провести оценку вероятности возникновения аварийных ситуаций на магистральном газопроводе;
- 2) Произвести расчет параметров поражающих факторов основного сценария развития ЧС;
- 3) Предложить мероприятия по предупреждению возникновения чрезвычайной ситуации при эксплуатации магистральных газопроводов.

1. АНАЛИЗ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ.

1.1. Природа газа и его сбыт

При распаде веществ, состоящих из органики, образуется природный газ. Из нефтесодержащих продуктов, при их добыче, как правило, выделяется иной газ, который в свою очередь не прошел стадии очистки.

Пока газ присутствует в земных глубинах, он существует в виде скоплений, при нормальных условиях в газообразном состоянии, или в растворенном виде в воде или нефти.



Рисунок 1 – Характеристики природного газа

По своему составу необработанный газ по большей части включает в себя метан, оставшуюся малую долю представляют из себя органические соединения и прочие примеси, которые представлены на рисунке 2.



Рисунок 2 – Разновидности примесей

Добываемый на месторождении природный газ не виден человеческим взглядом, а также его невозможно почувствовать. Для того, чтобы потребитель мог определить опасность в результате утечки газа, ему придают запах искусственным путем. Причем насыщенность запаха такова, что человек чувствует газ, когда объем газа достиг 1%. При 4% человек может погибнуть или при возникновении открытого огня может быть вероятность взрыва.

Из-за того, что природный газ является самым недорогим и наиболее экологичным видом топлива его доля в мировой индустрии в последние десятилетия сильно выросла. При использовании газа количество выделяемых в атмосферу вредных веществ значительно ниже, чем при использовании топлива, получаемого из нефти и угля, добыча которых сокращается с каждым годом.

Газ признают одним из лучших видов топлива, используемом в народном хозяйстве. Природный газ легко воспламеняется и регулируется в процессе горения, не выделяет дыма и копоти, полностью сгорает, не оставляя золы и выделяет большое количество тепловой энергии. Запасы природного газа в недрах Земли огромны.

Природный газ помимо использования в промышленности и народном хозяйстве, нашел широкое применение в жизнедеятельности людей, а также активно используется как топливо для транспорта общего и личного пользования.

Большинство промышленных предприятий, в которых имеются котельные установки, используют газ в качестве горючего. На химических комбинатах из природного газа получают вещества, из которых делают различные виды материалов. На первоначальных этапах развития газовой отрасли использование природного газа сопровождалось частыми авариями, катастрофами, несчастными случаями (например, газовые рожки, используемые для освещения улиц и помещений в XIX веке, приводили к пожарам и отравлению людей), но с развитием технологий, оборудования, техники безопасности использование газа в настоящее время в промышленности и в

быту ничуть не более опасно, чем при использовании других видов топлива.

Потребление природного газа неравномерно и зависит от множества факторов. На это влияет как сезонность потребности в топливе (зима, лето), так и температурный режим в холодное время года (теплая зима – холодная зима). Еще одним критерием является наличие экономических районов страны с интенсивно развитой промышленностью, что также приводит к повышенному потреблению природного газа по сравнению с другими территориями [1].

Для бесперебойного обеспечения природным газом промышленных районов в местах их расположения, а также рядом с крупными городами, создаются газохранилища большой емкости – газгольдеры. С целью финансовой экономии газ хранят под землей. Для этого природный газ закачивают в подземные пустоты, образующиеся после истощения месторождений и окончания добычи нефти и газа.

Создание наземных газовых хранилищ с большим объемом хранения не эффективно и экономически гораздо более затратно, чем подземный способ хранения.

1.2. Образование и распределение газовых месторождений

Россия обладает самыми большими в мире запасами природного газа и по этому показателю ей нет равных. Наша страна является крупнейшим экспортером природного газа в разные уголки мира [2].

Благодаря большому количеству освоенных нефтегазовых структур и транспортной сети, население и промышленность будут обеспечены дешевым, производительным гоючим и материалом, но, к сожалению, это не всегда возможно.

Крупные месторождения природного газа находятся в Ямало-Ненецком автономном округе в России. Уренгойское месторождение является одним из крупнейших месторождений в мире и третьим по величине месторождением в мире с запасами газа более 10 триллионов кубометров.

На месторождении эксплуатируются более 1300 скважин, которые в

2021 году добыли 762 млрд м³ природного газа.

В настоящее время оставшиеся запасы природного газа месторождения составляют 10,5 трлн м³, что, в свою очередь, составляет 65,6% от запасов месторождения Уренгойское.

Природный газ и нефть в недрах Земли образовывались многие миллионы лет. Первичным материалом для образования нефти и газа послужил самый нижний слой почвы, образовавшийся в результате бескислородного гниения умерших существ, а также минералов и карбоната кальция.

Благодаря эволюционным процессам и времени, самый нижний слой почвы преобразовывался в более упругий материал под весом отложений, оседавших на этот слой, что способствовало появлению большого давления и температуры на него. За счет этого, под действием определенной температуры, происходило образование нефти, при более высокой образовывался природный газ.

Еще одним источником образования не очищенного от примесей газа, при котором добывается объем значительно превышающий из других источников, стал нижний слой почвы с различной высшей растительностью.

В процессе естественного нагрева отложений из ботанических структур в мелководьях образовывалась осадочная рыхлая порода, затем – уголь с высшей удельной теплотой сгорания, а следом твердое горючее полезное ископаемое, которое, в свою очередь, является исходным материалом для получения газа[3].

Чтобы добыть газ, необходимо преодолеть определенное расстояние, так как он расположен глубоко в недрах Земли. Одним из многочисленных городов по добыче газа можно выделить Новый Уренгой, ведь именно в нем расположена самая глубокая скважина по добыче природного газа длиной 6 километров.

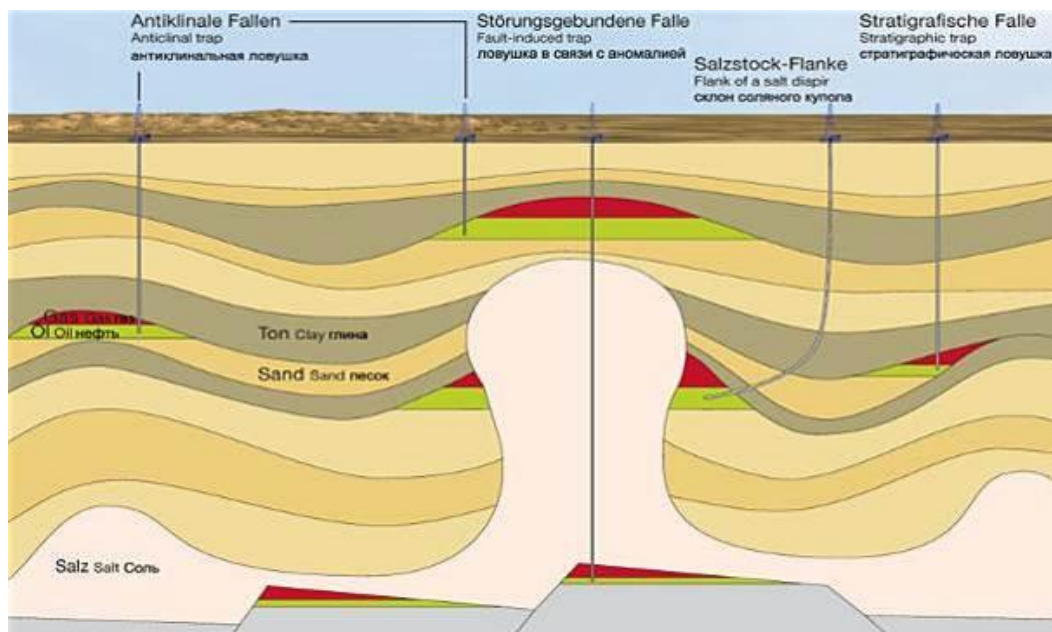


Рисунок 3 – Расположение природного газа в литосфере

Природный газ располагается в порах земли под высоким давлением. Чтобы он оказался в скважине, ему необходимо попасть в зону с более низким давлением. Благодаря этому он и поступает через скважину на поверхность в систему сбора.

Скважины предназначенные для добычи природного газа и нефти из слоев земли, являются выработками круглого сечения диаметром не более двух метров. При бурении скважин используют автоматизированное оборудование, так как нахождение людей на территории строго запрещено для избежания несчастных случаев.

Для того, чтобы пробурить скважину в недрах земли используют узконаправленную буровую установку, которая представлена на рисунке 4.

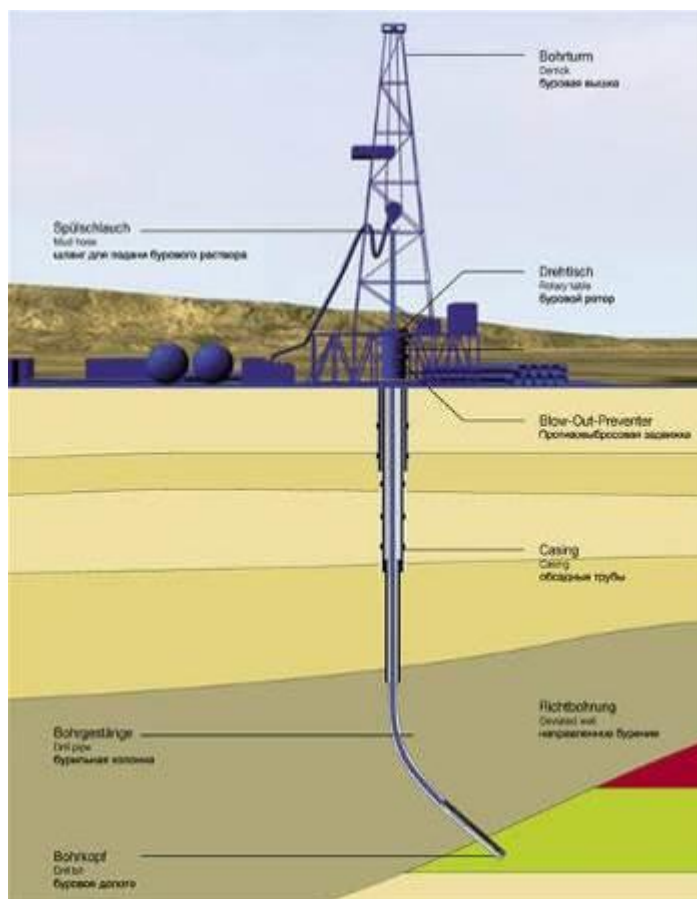


Рисунок 4 – Буровая установка

По всему месторождению скважины распределяют равномерно для того, чтобы избежать перепадов пластового давления, так как есть вероятность передвижения природного газа между участками месторождения, а также для предупреждения обводнения залежи.

1.3. Подготовка природного газа к транспортировке

Для того, чтобы потребитель смог воспользоваться добытым из недр земли природным газом, его для начала подготавливают к транспортировке. Из-за присутствия в газе примесей, затрудняющих его транспортировку и применение невозможна его подача к конечному потребителю без предварительной подготовки: сушки (удаления паров воды), удаление сероводорода, вызывающего сильную коррозию оборудования, приводящую его к выходу из строя, а также удаление иных вредных примесей. Для бесперебойной работы по подаче к потребителю помимо подготовительных

работ с самим газом, проводятся необходимые работы и с газопроводом для поддержания его состояния отвечающим условиям транспортировки газа. Для этих целей используются азотные установки, посредством которых создаются условия, препятствующие транспортируемому газу вступать в реакцию с какими-либо веществами (инертные условия).

Существует несколько схем подготовки газа к транспортировке от места добычи до конечного потребителя. Одна из схем предусматривает строительство вблизи места добычи газа комплексного оборудования по подготовке газа к его дальнейшему транспортированию, на котором осуществляется его обработка. Если в составе природного газа присутствуют примеси иных газов, то такой газ в обязательном порядке подлежит обработке на газоперерабатывающем заводе, в результате чего из газа удаляют серу и гелий[4].

1.4. Состав сооружений и классификация магистральных газопроводов

Прежде чем попасть к конечному потребителю газ проходит несколько этапов технологической цепи, взаимосвязанных между собой. Этапы представлены на рисунке 5.

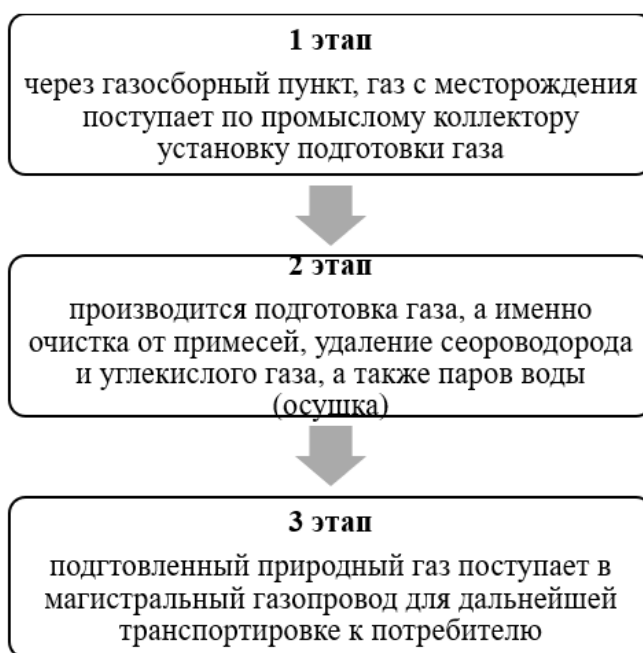
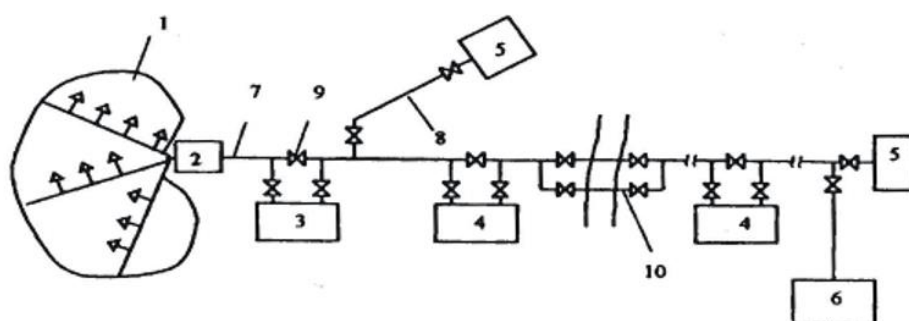


Рисунок 5 – Этапы технологической цепи

Технологическая цепочка по доставке природного газа к потребителю представляет собой единое целое. Модель МГ показана на рисунке 6.



1 – газосборные сети; 2 – промышленный пункт сбора газа; 3 – головные сооружения; 4 – компрессорная станция; 5 – газораспределительная станция; 6 – подземные хранилища газа; 7 – магистральный трубопровод; 8 – ответвления от магистрального трубопровода; 9 – линейная арматура; 10 – двухниточный проход через водную преграду.

Рисунок 6 – Модель МГ

Магистральный газопровод представляет собой целый комплекс сооружений, обеспечивающий транспортировку и хранение газа, который представлен на рисунке 7.



Рисунок 7 – Основные объекты МГ

Каждый элемент магистрального газопровода является важной и неотъемлемой частью, обеспечивающей его бесперебойную работу. Головные сооружения предназначены для подготовки природного газа к транспортировке, осуществлению его учета и компримированию (закачиванию под давлением необходимым для транспортирования газа).

Ввиду того, что с преодолением расстояния газа, давление в трубопроводе падает, предусматривают на всей линейной части компрессорные станции, которые устанавливаются на определенной дистанции друг от друга для повышения давления в трубе. Наибольшая часть из них оборудовано приводом из газовых турбин, оставшаяся часть электрическим приводом.

Для того, чтобы газ можно было подать потребителям, необходимо снизить его давление в трубе. Для этого предусматриваются станции газового распределения, которые, в свою очередь, и нормализуют его для дальнейшего использования потребителем. Помимо этого в газ вводят определенные органические вещества, которые придают ему особый запах, способствующий облегчению обнаружения утечек метана[5].

В дальнейшем со станций газового распределения, метан транспортируется в газопроводы городов и деревень к местам его потребления. При этом, чтобы давление находилось в норме, предусматриваются пункты газового регулирования.

В больших городах использование метана происходит не в равных объемах из-за чего возникает необходимость в строительстве рядом с ними подземных газовых хранилищ для сглаживания возникающих ситуаций.

Состав линейных сооружений представлен на рисунке 8.



Рисунок 8 – Состав линейных сооружений

Краны для перекрытия газопровода устанавливают с определенным интервалом. Управляться краны должны в ручном и дистанционном режимах. Арматура для запираания включает в себя механизмы, которые самостоятельно срабатывают при аварийной ситуации.

У газопровода могут быть несколько ниток проложенных рядом. Они на определенном расстоянии соединяются перемычками с устройствами для запираания.

В состав магистральных газопроводов включены места хранения труб, дороги проложенные рядом с местом прохождения газопровода, площадки для приема малой авиации, каналы связи, ремонтные пункты линейно-эксплуатационной службы.

Состав сооружений МГ зависит от условий эксплуатации, например, промежуточные компрессорные станции могут отсутствовать на МГ небольшой протяженности. Исходя от наличия или отсутствия конкретных примесей в газе, сооружения установок по очистке от них (например сероводорода, углекислого газа) не вызываются технологической необходимостью и такие установки могут отсутствовать[6].

МГ делятся на классы в зависимости от давления, под которым они работают. Классы представлены на рисунке 9.



Рисунок 9 – Классы рабочих давлений МГ

Газопроводы, работающие под давлением менее 1,2 МПа не классифицируются как МГ. Радиус газопровода может достигать 710 мм, а их длина достигает сотни километров.

Одним из важнейших элементов системы газоснабжения является газопровод, на сооружение которого приходится от 70 до 80% всех затрат.

Газопровод в зависимости от своего назначения делится на 3 класса. Схема представлена на рисунке 10.

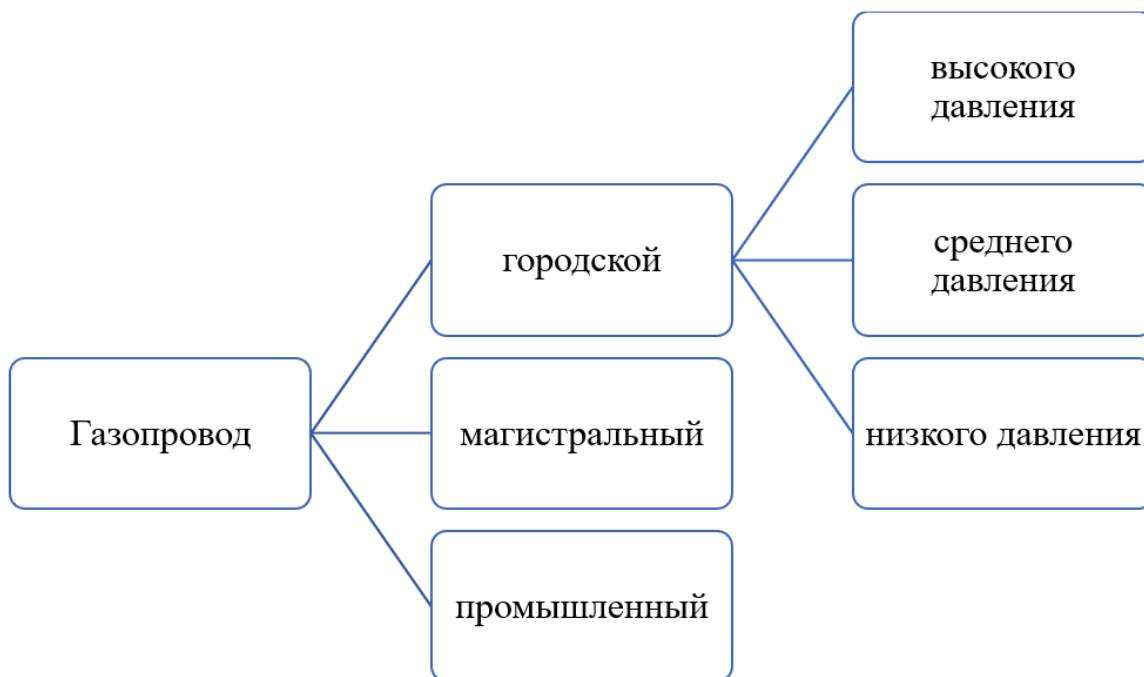


Рисунок 10 – Схема классов газопровода

Существует несколько ступеней систем подачи газа городам, селам и деревням.

Первая участвует в подаче газа потребителю по сетям низкого давления.

Вторая участвует в подаче газа потребителю по сетям средне-низкого или высоко-низкого давления.

Третья участвует в подаче газа потребителю по сетям высокого, среднего и низкого давления.

Данные системы подачи газа потребителям распределяют метан по трубопроводам разных категорий, которые представлены на рисунке 11.

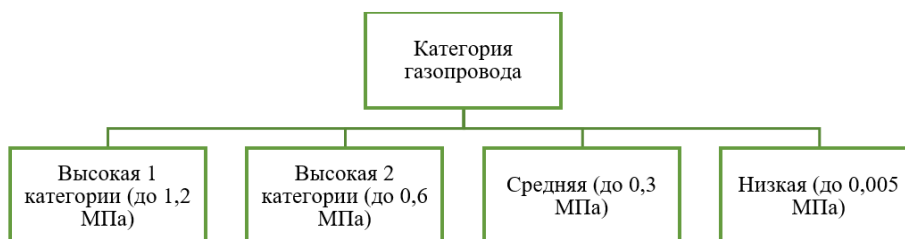


Рисунок 11 – Категории газопровода

Распределительные газопроводы всех давлений, ГРС, и ГРП являются составной частью системы газоснабжения. В целях обеспечения безопасности потребителей система подачи газа должна быть надежной.

Трубопровод высокого давления посредством станций газового распределения питает хранилища газа и крупные предприятия.

Трубопровод среднего давления через пункты регулирования подает метан на промпредприятия и в хозяйственную отрасль по обслуживанию населения.

Трубопроводы низкого давления обеспечивают газом жилой сектор и небольшие коммунальные предприятия.

Для обеспечения нормальной работы, с учетом разницы давлений, трубопроводы связываются между собой посредством пунктов и установок регулирования газа.

Виды расположения газопроводов представлены на рисунке 12.

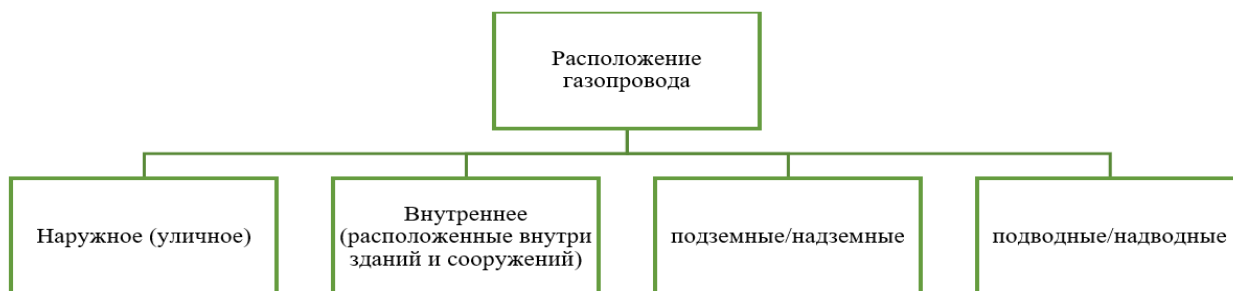


Рисунок 12 – Виды расположения газопроводов

С учетом назначения газопроводы делятся на:

- вводные;
- сбросные;
- распределительные;
- промежуточные;
- газопроводы-вводы;
- продувочные.

Газопроводы могут быть изготовлены из металла (сталь, медь) или из неметаллического материала (полиэтилен). Стальные трубы используются при прокладке магистральных газопроводов, в то время как неметаллические трубы обычно используются внутри зданий и сооружений, когда не происходит резких перепадов температуры.

1.5. Статистика аварий на объектах магистрального газопровода

За прошедший год было зафиксировано 20 аварий и ни одного смертельного случая при эксплуатации магистральных газопроводов. В сравнении с предшествующими годами это является хорошим показателем[7].

К источникам, способствующим возникновению аварийных ситуаций и нарушающих устойчивость объектов МГ можно отнести: устаревшее оснащение газовых котельных, износ оборудования подземных газопроводов, газорегуляторных пунктов, отработавшие свой нормативный срок, требующие незамедлительного ремонта. Также можно отнести недостаточный уровень переключивания и диагностики малонаджных газопроводов.



Рисунок 13 – Количество аварий и смертельных случаев на МГ

Из гистограммы можно сделать вывод о том, что риск возникновения аварий и несчастных случаев со смертельным исходом хоть и уменьшается, но по прежнему остается.

1.6. Причины возникновения аварий на магистральном газопроводе

Из-за перемещения природного газа по магистральному газопроводу вырабатывается статическое электричество, которое, в свою очередь, имеет очень большие значения разности потенциалов, вследствие чего возникает электризация между близлежащими объектами и трубопроводом[8].

Если сила электрического поля над поверхностью газа достигает максимума это может привести к появлению разрядов, которые, в свою очередь, ведут к взрывам или пожарам.

Последствия, причиной которых могут явиться соприкосновении с атмосферным электричеством:

- «удар» молнии, который может спровоцировать возникновение пожара, а также нанести травмы персоналу, обслуживающему магистральный газопровод;

- механические повреждения, в результате воздействия ударной волны от атмосферного электрического разряда;

- взрыв взрывоопасной смеси в результате воспламенения от искрения в местах плохого контакта электрических соединений.

При движении по газопроводам, газ почти всегда вызывает электростатический разряд, находящийся в зависимости общего объема транспортируемого газа. Для того, чтобы определить уровень электрического заряда в газе, применяются специально-защищенные устройства с соблюдением всех требований пожаро- взрывобезопасности. Пожар или взрыв могут возникнуть при разности потенциалов, составляющих от 4 до 8 кВ.

Еще одной причиной искрообразования может служить повреждение в результате внешнего воздействия либо саморазрушение газопровода из-за внутренних факторов и сопровождающегося в результате этого механического воздействия металлических частей[9].

Источники открытого огня вблизи газопровода, а также проведение на нем огневых работ с нарушением техники безопасности могут быть причиной возникновения аварийной ситуации.

Причины, из-за которых могут произойти аварии на МГ показаны на рисунке 14.

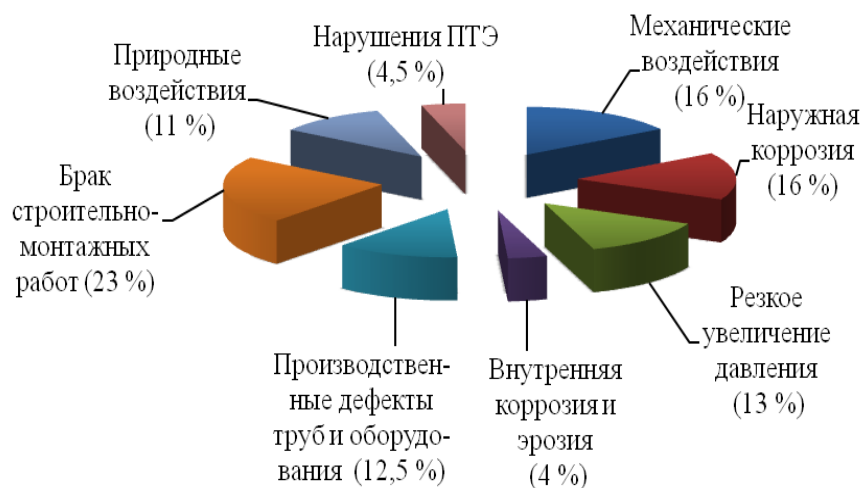


Рисунок 14 – Причины аварий на МГ

Обстоятельства при которых происходит возгорание ГВС в ограниченном пространстве указаны на рисунке 15.

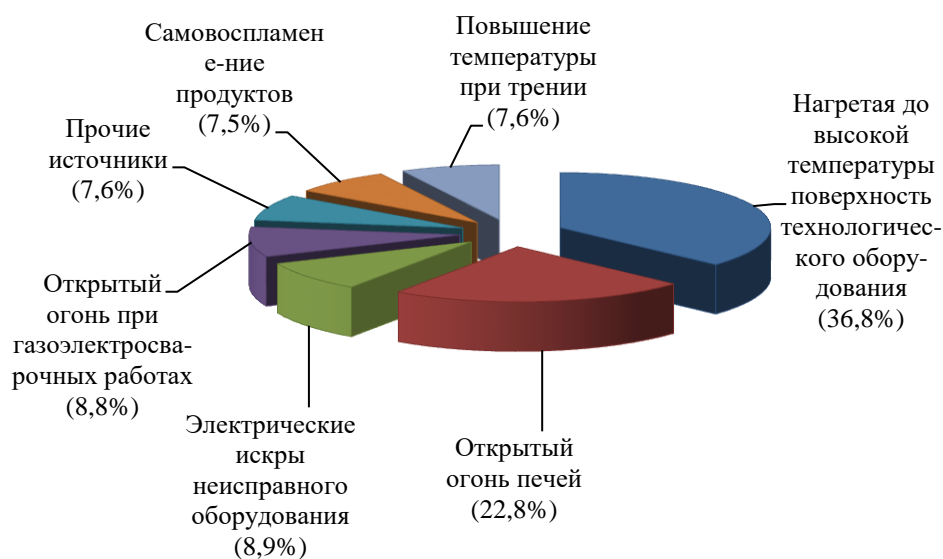


Рисунок 15 – Обстоятельства возгорания ГВС в ограниченном пространстве

Данные Газпрома за период с 2013 по 2021 гг. о частоте аварий приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Частота аварий по данным Газпрома

Количественная мера	Качественная мера		
Случаи реализации опасности	Диапазон частоты реализации опасности, случаев/год		
Определение	Диапазон	Толкование	
1	2	3	
Многочисленные	Более 1	10 ⁰	Более одного раза в год на объекте
Отдельные	1...0,1	10 ⁻¹	Несколько случаев за десятилетие эксплуатации
Единичные	01...0,01	10 ⁻²	Один раз за время существования объекта
Маловероятные	0,001...0,0001	10 ⁻⁴	Отдельные случаи в практике
Редкие	0,0001...0,00001	10 ⁻⁵	Отдельные случаи в мировой практике
Уникальные	менее 0,000001	10 ⁻⁶	Возможны по законам природы

Анализ данных показывает, что представленные виды аварий происходят редко и вероятность их наступления не высока.

1.7. Производственные аварии связанные со взрывом на газовых предприятиях

Угрозу для людей, строений и установок может создавать возможный взрыв ГВС, образовавшейся в результате выброса хранящихся веществ внутрь строений или открытую местность из-за разрушения газопровода. Воспламенение образовавшейся газовой смеси может произойти от любого источника открытого огня или короткого замыкания неисправной электропроводки, случайной искры при проведении любых работ с нарушением правил пожарной безопасности[10].

Одной из главных составляющих магистрального газопровода является компрессорная станция. Возможные аварийные случаи, которые могут произойти на КС представлены на рисунке 16:

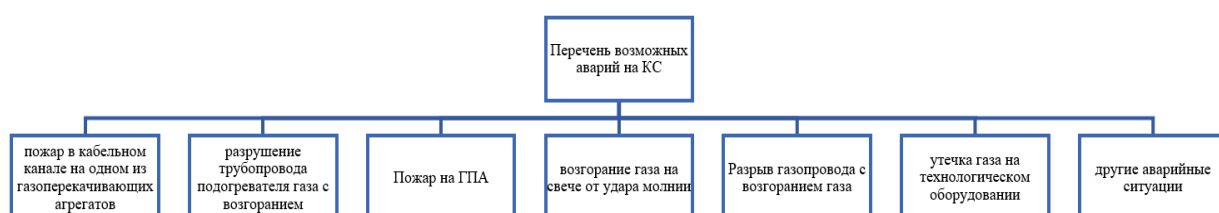


Рисунок 16 – Возможные аварии на компрессорной станции

Для определения степени негативного влияния поражающих факторов на человека и окружающую среду необходимо учитывать параметры воздействия, которые представлены на рисунке 17.

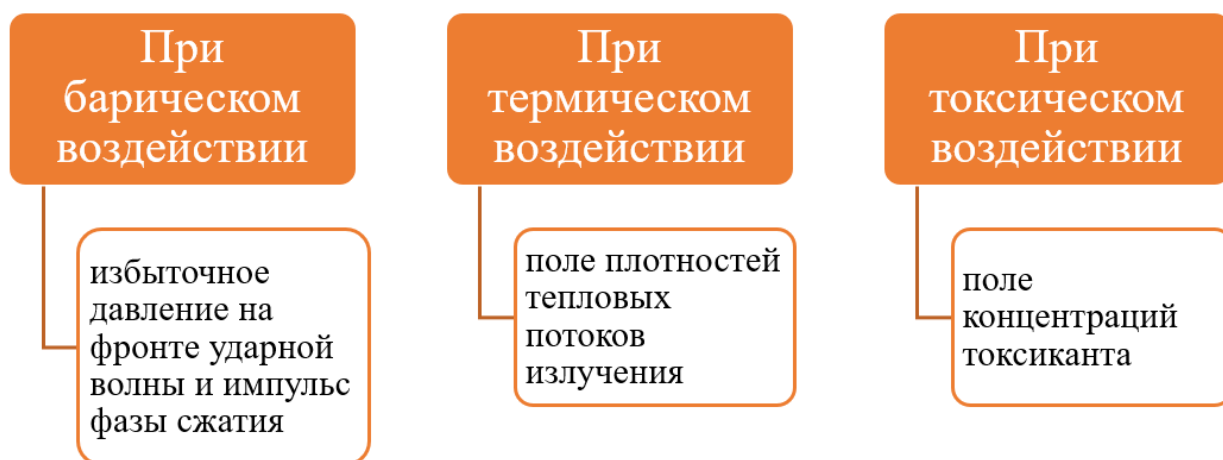


Рисунок 17 – Параметры воздействия

Техногенная авария всегда развивается в определенной последовательности. Происходят логически связанные между собой отдельные события на основании которых можно предположить возможные вид и величину поражающих факторов, а также размер ущерба людям и окружающей природной среде[11].

Параметры различных поражающих факторов источника техногенной чрезвычайной ситуации представлены в ГОСТ Р 22.0.07 – 95 (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристика поражающего фактора техногенной ЧС

Наименование поражающего фактора источника техногенной ЧС	Наименование параметра поражающего фактора источника техногенной ЧС
Воздушная ударная волна	Избыточное давление во фронте ударной волны. Длительность фазы сжатия. Импульс фазы сжатия.
Обломки, осколки	Масса обломка, осколка. Скорость разлета обломка, осколка
Тепловое излучение	Энергия теплового излучения. Мощность теплового излучения. Время действия источника теплового излучения

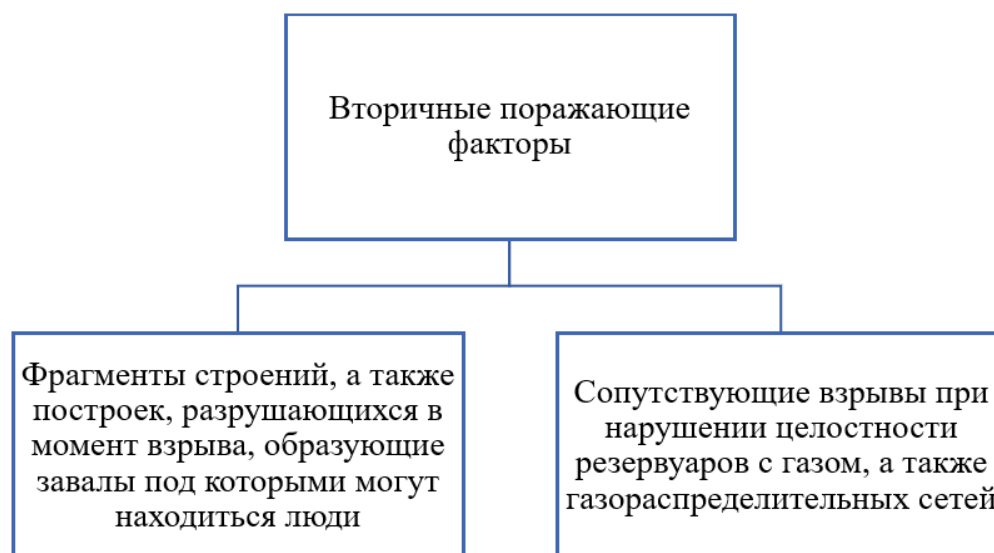


Рисунок 18 – Вторичные факторы поражения

Пожары и взрывы являются одной из причин следствия от разгерметизации, которые способствуют повреждению производственной структуры. Помимо этого повреждения электролиний и нарушение целостности трубопровода, а также выход из строя оборудования может привести к другим схожим ситуациям. Из-за воздействия высокой температуры во время пожаров на конструкции из металла возможна их деформация, последствием которой является нарушение целостности зданий и сооружений, а также самих конструкций.

Успешная ликвидация чрезвычайной ситуации зависит от оперативного проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ. Быстрота и правильность действий людей по борьбе с возникшей ЧС лежит в основе того, чтобы зона аварии не увеличивалась, а возможный ущерб не возрастал[12].

В качестве расчетного случая для аварий со взрывом принят режим горения называемый детонационным. При этом режиме значительно увеличиваются нагрузки, поэтому на его основе производится предсказывание технической картины случаев аварий со взрывом.

Размер детонации взрывоопасных смесей, зависит от следующих условий, которые представлены на рисунке 19.

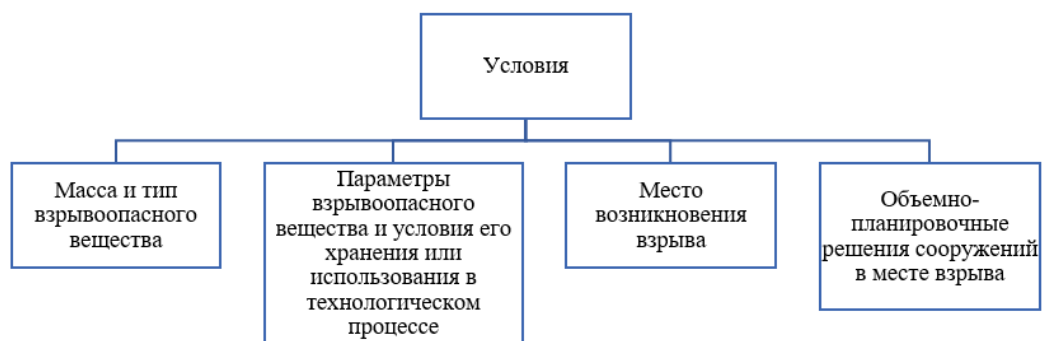


Рисунок 19 – Условия

Аварийный ситуации, связанные с детонацией взрывоопасных веществ, возможны на объектах транспортировки газа как внутри зданий и сооружений, так и на открытом пространстве.

Причиной возникновения взрывопожароопасной ситуации внутри сооружений может служить газоздушная смесь, образовавшаяся в результате аварии на трубопроводе, а так же при повреждении газового оборудования.

Если на территории объекта используются взрывопожароопасные газы, ЛВЖ и пыль в объеме, который может соответствовать взрывопожароопасной смеси, то такие объекты принято считать пожаровзрывоопасными[13].

В прямой зависимости от условий расположения взрывоопасных продуктов находится результат взрыва на пожаровзрывоопасных объектах.

В случае нахождения взрывоопасного продукта внутри здания или сооружения взрыв в результате аварии развивается по сценарию замкнутого пространства.

Характерные модели аварийных ситуаций последствий взрывов в производственных помещениях представлены на рисунке 20.

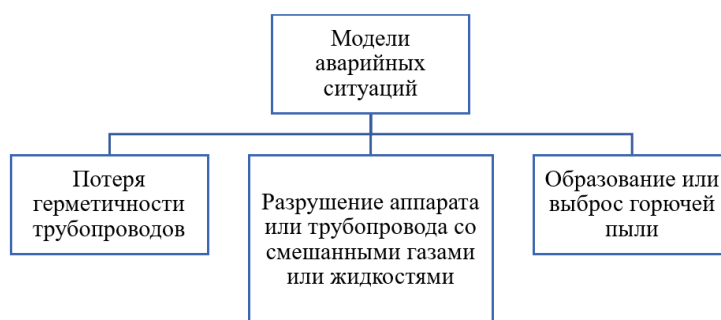


Рисунок 20 – Модели аварийных ситуаций

Прогноз последствий взрыва внутри помещения основывается на том, что процесс взрыва в помещении развивается в режиме детонации. При аварии образовавшаяся взрывоопасная смесь полностью или частично занимает объем помещения, которая при взаимодействии с открытым огнем приведет к взрыву и пожару.

1.8. Сведения о возможном ущербе

Предполагаемый полный ущерб состоит из прямых потерь, косвенного и экологического ущерба.

Прямой ущерб определяют с учетом потерь предприятия от уничтожения основных фондов, а также товарно-материальных ценностей. Затраты на локализацию и ликвидацию подразделяются на расходы, связанные с локализацией и ликвидацией аварий, а также на их расследование причин возникновения. Помимо перечисленных затрат, входят затраты на компенсацию пострадавшим вследствие аварии[14].

Косвенный ущерб определяют потерей дохода предприятия, зарплатой сотрудников и условно-постоянными расходами, а также уплатой различных неустоек, штрафов в следствии простоя из-за аварии.

Экологический ущерб определяют суммой ущербов от токсического загрязнения, термическим воздействием (уничтожением лесных угодий, возгоранием торфяника), связанным с воспламенением газа, засорением прилегающей территории обломками зданий и сооружений, остатками оборудования и т.п.

2. ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МГ

2.1. Анализ опасных факторов при эксплуатации магистральных газопроводов

На КС могут происходить аварии из-за внезапных и мощных выбросов взрывопожароопасных веществ, которые приводят к взрывам и разрушениям.

На газокompрессорной станции обращаются вещества с низким нижним концентрационным пределом воспламенения, способные образовать взрывоопасные смеси горючих газов и паров с воздухом.

Эти вещества также считаются вредными, потому что вызывают травмы, профзаболевания и нарушения здоровья попадая в организм человека.

Углеводороды предельные C_1-C_7 по характеру воздействия на организм человека относятся к четвертому классу опасности, метанол к третьему классу опасности[15].

Опасные и вредные факторы, воздействующие на людей в результате взрыва газовоздушных смесей, которые образуются при нарушении герметичности сосудов и трубопроводов, представлены на рисунке 21.

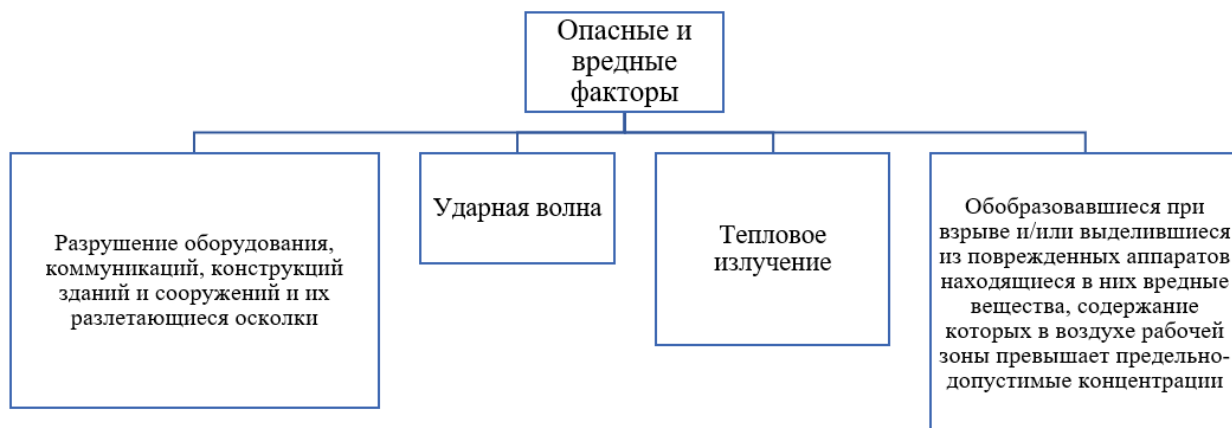


Рисунок 21 – Опасные и вредные факторы

2.2. Система проведения сбора информации о произошедших инцидентах и авариях и анализе этой информации

Сведения по аварийности в ООО «Газпром трансгаз Томск» собираются в соответствии со следующими нормативными документами, представленными на рисунке 22:

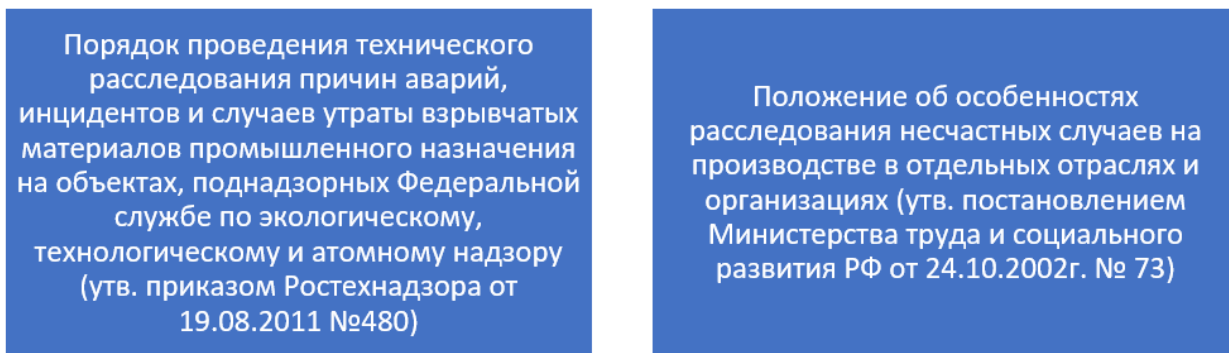


Рисунок 22 – Документы

В ООО «Газпром трансгаз Томск» разработан и согласован с Управлением Западно-Сибирского округа Ростехнадзора Стандарт организации «Расследование и учет инцидентов на опасных производственных объектах ООО «Газпром трансгаз Томск»» (СТО ГТТ 0113-086-2012). Сообщение о произошедшем случае, полученное от персонала промышленной площадки или подрядчиков, делающих диагностику оборудования, надзорных органов, а также случайных свидетелей, без промедления заносится дежурным в журнал учета происшествий.

Уполномоченное лицо, получившее информацию, обязано без задержек оповестить:

- свое непосредственное начальство;
- ПДС Общества;
- пожарную охрану.

После выполнения указанных действий, дежурный обязан собрать подробную информацию о возможных причинах и уровне опасности случившегося.

2.3. Мероприятия по локализации и ликвидации последствий аварий на объекте

В штат всех промышленных площадок Томского ЛПУМГ ООО «Газпром трансгаз Томск» включены дежурные аварийно-восстановительные бригады, а также созданы НФГО из числа персонала. Они используются для выполнения задач по ликвидации аварий и выполнения задач по защите персонала от негативных воздействий поражающих факторов при аварии. Помимо этого, используются любые специалисты из числа работников предприятия, транспорт, подъемные механизмы и другие технические средства, которыми оснащена промышленная площадка филиала. В необходимых случаях привлекаются силы и средства Томского УАВР. Из близлежащих городов и пунктов проживания людей для устранения аварий и их последствий может оказываться помощь пожарной службой и муниципальных КЧС и ОПБ (оперативных штабов), других организаций. Также заключён договор с профессиональным аварийно-спасательным формированием ООО «Газпромбезопасность».

В Томском ЛПУМГ ООО «Газпром трансгаз Томск» на все опасные производственные объекты разработаны планы ликвидации аварий (ПЛА). Во 2-ой оперативной части ПЛА подробно расписан порядок действий дежурного персонала диспетчерской службы, компрессорных цехов, газокompрессорных станций, аварийных бригад и НФГО в конкретной чрезвычайной ситуации. Алгоритм действий используется при проведении противоаварийных тренировок персонала в службах, а также на учениях и занятиях по ГОЧС.

2.4. Системы обнаружения взрывоопасных концентраций, устройства контроля радиационной и химической обстановки

Для контроля за опасными газами и их концентрациями используют систему обнаружения, работающую в автоматическом режиме.[16] Надежность системы увеличена за счет источника непрерывного питания. Система подает сигналы о выявлении газа и создает условия, при которых минимизируется

риск взрыва, посредством выполнения алгоритма поочередных действий. Датчики настраиваются на подачу предупредительного сигнала в зависимости от концентраций газа, при которых может произойти взрыв.

Система обнаружения газа работает на следующих принципах:

Предварительное оповещение для обеспечения безопасного выхода людей из помещений;

Обнаружение скоплений взрывопожароопасных газов в помещениях и на улице до достижения потенциально опасного уровня.

Для уменьшения объема пожаровзрывоопасного газа до минимальных показателей осуществляется остановка и перекрытие оборудования, но только после процесса, запускающегося при индикации обнаруженного газа. Также на отдельных участках предусматривается функция автоматического включения системы продувки и противопожарной защиты.

В соответствии с нормами датчики должны устанавливаться не только на участках, где обращаются пожаровзрывоопасные газы, но и в тех местах, где имеет место быть возможность скопления пожароопасных веществ в непроветриваемых местах[17].

Система обнаружения газовыделений имеет в себе особенность: в зависимости от таких факторов как степень критичности, а также то, где располагается оборудование, система может выполнить остановку процесса. Индикационная система обнаружения по всем нормам и правилам должна устанавливаться на пульте в главной операторной.

3. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОРАЖАЮЩИХ ФАКТОРОВ СЦЕНАРИЯ РАЗВИТИЯ ЧС

3.1. Общие сведения об объекте исследования

Территория, где прокладываются сети магистральных газопроводов и газопроводов-отводов Томского ЛПУМГ является частью Томской области, лежащей в юго-восточной части Западно-Сибирской равнины.

Трассы газопроводов расположены в основном вдоль реки Оби и в междуречье Оби и Томи. Характер местности - равнинный, высотные отметки не превышают 75 метров, на правобережье Томи слабохолмистый, высотные отметки на этой территории не превышают 200 м.

Регион отличается большой сетью рек. Через русла судоходных рек Оби, Томи, Чаи, Парабели, Васюгана, Шегарки проложены МГ и отводы. Ширина русел этих рек в местах переходов составляет от 40 до 700 метров. Так же МГ пересекают многочисленные мелкие реки (р.р. Кисловка, Чигас, Чемондаевка, Бол. и Мал. Суготка, Таловка, реки Чёрная, Бол. Киргизка, Бол. и Мал. Ушайки, Басандайка, Бровка, Черловка, Мундрова, Таптан, Бол. и Мал. Татош, Касарга, старая Обь, Исток, Шуделька, Вяловка), ширина русла которых в местах переходов не более 30 метров.

3.1.1. Компрессорная станция «Парабель»

КС «Парабель» расположена в 3 км южнее центра с. Парабель – административного центра Парабельского района Томской области.

Территория компрессорной станции стоит на слое почвы, покрытой растительностью, общей толщиной порядка 0,3 м. Слой почвы располагается на лессовидных тугопластичных суглинках, которые залегают на глубину до 5,5 метров. Ниже под суглинками располагаются тугопластичные глины. По степени морозной пучинистости суглинки относятся к средне-пучинистым. Грунтовые воды до глубины 10м отсутствуют.

Сейсмичность в районе площадки КС «Парабель» не наблюдается.

Характер застройки промплощадки КС «Парабель»-промышленный, малоэтажный. В восточной части территории промплощадки на открытых площадках располагается основное технологическое оборудование КЦ, пылеуловители, обвязка ГПА, в западной части расположены здания служебно- эксплуатационного и ремонтного блока, производственно- энергетического блока, прочие строения. Высота технологических сооружений не превышает 6 метров, высота зданий-не более 2-х этажей.

Климат Томской области характеризуется как континентальный с теплым летом и холодной зимой, что учитывается Томским ЛПУМГ для всех своих объектов.



Рисунок 23 – Зона ответственности Томского ЛПУМГ

КС «Парабель» - это опасный производственный объект средней опасности, относится к 3 классу опасности.

млн.м3/сут.

Режим работы – круглосуточный, круглогодичный.

Перечень оборудования КС «Парабель», приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Оборудование КС «Парабель»

№	Наименование оборудования	Количество, шт.	Краткая характеристика опасности	Характеристика
1.	Агрегат газоперекачивающий – 4 шт.	4	Обращение опасного вещества, использование оборудования, работающего под давлением более 0,07 МПа	Рраб=5,4 Мпа Количество в-ва 37,625т Год изготовления 2009 Год ввода в эксплуатацию 2010
2.	Установка очистки газа	1	Обращение опасного вещества, использование оборудования, работающего под давлением более 0,07 МПа	Количество вещества 0,9 т Год изготовления 2009 Год ввода в эксплуатацию 2010
3.	Технологические трубопроводы КС	1	Обращение опасного вещества, использование оборудования, работающего под давлением более 0,07 МПа	Количество вещества 2,5 т Год изготовления. 2009 Год ввода в эксплуатацию 2010
4.	Технологическая обвязка ГПА	1	Обращение опасного вещества, использование	Количество вещества 0,1 т Год изготовления 2009 Год ввода в

			оборудования, работающего под давлением более 0,07 МПа	эксплуатацию 2010
5.	Блок подготовки сжатого воздуха	1	Использование оборудования, работающего под давлением более 0,07 МПа	Количество вещества 0,03 т Год изготовления 2009 Год ввода в эксплуатацию 2010
6.	Газопровод	1	Обращение опасного вещества, использование оборудования, работающего под давлением более 0,07 МПа	Количество вещества 0,15 т Год изготовления 2004 Год ввода в эксплуатацию 2004

Численность сотрудников, постоянно находящихся на самой КС 2 человека. Площадь административного здания 800 м².

На территории промышленной площадки находится 7 производственных зданий – компрессорная станция, автоматическая газораспределительная станция (расстояние от КС 500 м), автозаправочная станция (расстояние от КС 350 м), склад (расстояние от КС 250 м), узел связи (расстояние от КС 300 м), котельная (расстояние от КС 150 м), дизельная электростанция (расстояние от КС 50 м). Административное здание располагается в 300 м. от КС.



Рисунок 24 – Парабельская промплощадка

3.2. Оценка вероятности реализации аварийных ситуаций

Газ из поврежденной системы взрывается не всегда. Для взрыва необходима смесь газа и воздуха в определенной пропорции, поэтому чаще всего происходит возгорание метана. Если метана в воздухе мало, то такая смесь не загорается.

Оценка вероятности реализации аварийных ситуаций по обобщенным статистическим данным представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Оценка вероятности аварийных ситуаций

Ожидаемая частота возникновения, 1/год		Тяжесть последствий			
		Катастрофический отказ	Критический отказ	Некритический отказ	Отказ с пренебрежимо малыми последствиями
вероятный отказ	$10^{-1}-10^{-2}$	-	-	Не рабочее состояние манометров	-
Возможный отказ	$10^{-2}-10^{-4}$	-	Отказ машинного оборудования	-	-
Редкий отказ	$10^{-4}-10^{-6}$	Разрыв магистрального газопровода	Разрыв соединительных газопроводов		-

Причины и последствия аварии на МГ, представлены на рисунке 24.



Рисунок 25 – Схема развития аварийной ситуации

События, которые могут произойти представлены на рисунке 25.

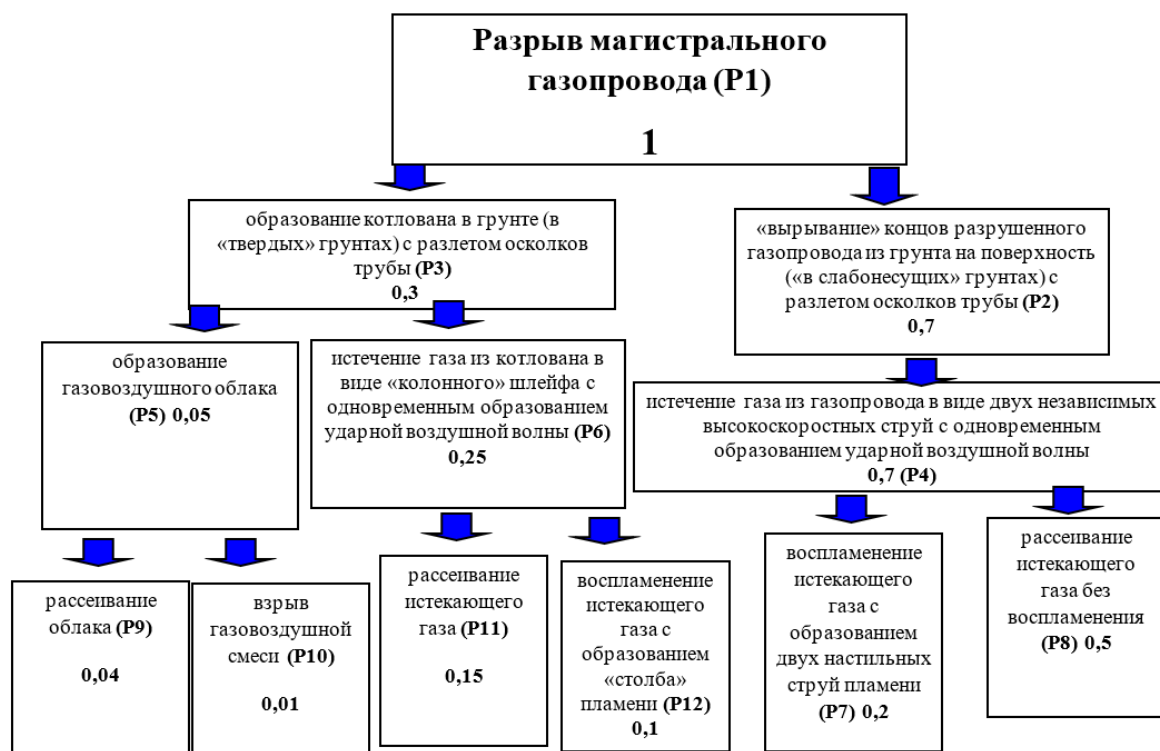


Рисунок 26 – Дерево событий

За исходную величину равную 1 возьмем разрыв МГ. На основании этого будем производить расчеты вероятности возникновения отдельных событий.

Значение частоты возникновения отдельного события или сценария пересчитывается путем умножения частоты возникновения инициирующего события на условную вероятность развития аварии по конкретному сценарию.

Частоту возникновения сценария аварийной ситуации при разрыве МГ, с воспламенением истекающего газа и образованием двух настильных струй можно рассчитать по формуле:

$$P_{\text{н.стр.пл}} = P1 \cdot P12 \cdot P24 \cdot P47 = 1 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 0,2 = 9,8 \cdot 10^{-2}$$

Вероятность возникновения взрыва газозвдушной смеси:

$$P_{\text{взр}} = P1 \cdot P13 \cdot P35 \cdot P510 = 1 \cdot 0,3 \cdot 0,05 \cdot 0,01 = 1,5 \cdot 10^{-4}$$

Вероятность возникновения «столба» пламени:

$$P_{\text{ст.п.}} = P1 \cdot P13 \cdot P36 \cdot P612 = 1 \cdot 0,3 \cdot 0,25 \cdot 0,1 = 7,5 \cdot 10^{-3}$$

Вероятность разрыва МГ без воспламенения:

$$P_{\text{без воспл}} = P_1 \cdot P_{12} \cdot P_{24} \cdot P_{48} = 1 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 0,5 = 0,245$$

Вероятность возникновения взрыва и пожара:

$$P_{\text{взр пож}} = P_7 + P_{10} + P_{12} = P_1 \cdot P_{12} \cdot P_{24} \cdot P_{47} + P_1 \cdot P_{13} \cdot P_{35} \cdot P_{510} + P_1 \cdot P_{13} \cdot P_{36} \cdot P_{612} =$$

$$= 1 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,3 \cdot 0,05 \cdot 0,01 + 1 \cdot 0,3 \cdot 0,25 \cdot 0,1 = 9,8 \cdot 10^{-2} + 1,5 \cdot 10^{-4} + 7,5 \cdot 10^{-3}$$

$$= 0,105$$

Статистические данные говорят о том, что больше всего аварий при повреждении газопровода происходит без возгорания.

В то же время наибольший ущерб возникает при авариях с образованием взрывопожароопасной ГВС, приводящей к разрушению сооружений.

Таким образом, с учетом тяжести возможных последствий будем рассматривать наиболее опасное развитие чрезвычайной ситуации.

Расчетный сценарий

В 15:20 в результате резкого скачка давления в системе происходит разрыв трубопровода внутри компрессорной станции. Вытекающий газ смешивается с воздухом и ГВС в короткий промежуток времени достигает критической концентрации. В результате искрообразования от разлетающихся металлических объектов, происходит возгорание ГВС сопровождающееся взрывом.

Таблица 5 – Исходные данные

Расстояние между задвижками l	30 м
Диаметр трубопровода d	1000 мм
Максимальный расход q	5 м ³ /с
Время срабатывания задвижек (автоматическое отключение) T	30 с
Трубопровод высокого давления P _T	7,5 МПа
Плотность размещения персонала на объекте на открытой местности	0,002 чел/м ²
Плотность размещения персонала на объекте в административном здании	0,05 чел/м ²

3.3. Оценка пожаровзрывоопасности КС «Парабель»

Оценка пожаровзрывоопасности КС «Парабель» позволит определить параметры поражающих факторов и оценить последствия от разрыва магистрального газопровода[18].

В таблице 6 представлена характеристика метана, находящегося на КС «Парабель».

Таблица 6 – Характеристика метана

m, кг	20000
$Q_{ст}$, Дж/кг	$5 \cdot 10^7$
m , кг/(м ² ·с)	0,08
n, кг/(м ² ·ч)	46
Q, кДж/кг	50000
K	0,0006

Для определения оценки пожаровзрывоопасности нужно произвести расчет составляющих, которые представлены на рисунке 25.

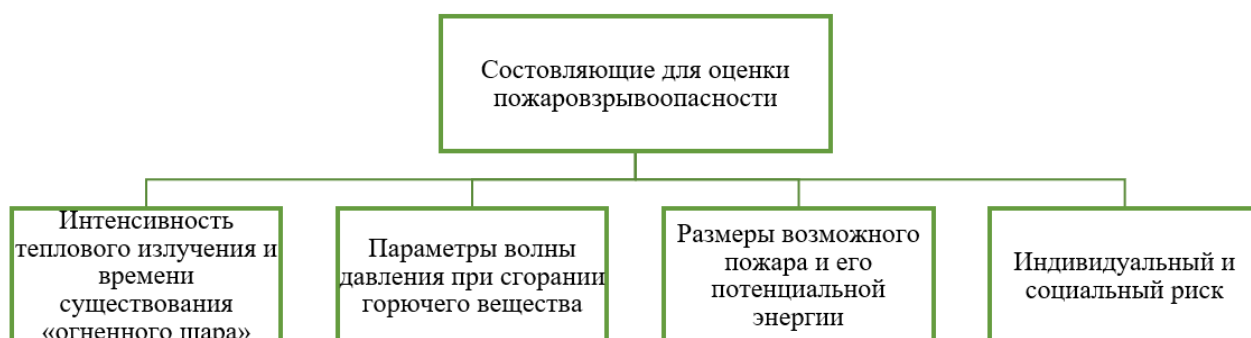


Рисунок 27 – Составляющие для оценки пожаровзрывоопасности

3.3.1. Расчет интенсивности теплового излучения и времени существования «Огненного шара»

Образование «Огненных шаров» приводит к тяжелым последствиям. Они вызывают вторичные пожары, так как интенсивность теплового излучения очень высока.

1. Расчет интенсивности теплового излучения «огненного шара» q , кВт/м², проводят по формуле:

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \tau, \quad (1)$$

где E_f – среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени, кВт/м²;

F_q – угловой коэффициент облученности;

τ – коэффициент пропускания атмосферы.

2. E_f определяют на основе имеющихся экспериментальных данных. Допускается принимать E_f равным 450 кВт/м².

3. F_q рассчитывают по формуле:

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

где H – высота центра «огненного шара», м;

D_s – эффективный диаметр «огненного шара», м;

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

4. Эффективный диаметр «огненного шара» D_s рассчитывают по формуле:

$$D_s = 5,33m^{0,327}, \quad (3)$$

где m – масса горючего вещества, 20000 кг

5. H определяют в ходе специальных исследований. Допускается принимать H равной $D_s/2$.

6. Время существования «огненного шара» t_s , с, рассчитывают по формуле:

$$t_s = 0,92m^{0,303}. \quad (4)$$

7. Коэффициент пропускания атмосферы τ рассчитывают по формуле:

$$\tau = \exp\left[-7,0 \cdot 10^{-4} \left(\sqrt{r^2 + H^2} - D_s/2\right)\right]. \quad (5)$$

1. Определяем эффективный диаметр «огненного шара» D_s :

$$D_s = 5,33 \cdot 20000^{0,327} = 135,8 \text{ м.}$$

2. Принимая $H = D_s/2 = 67,9$ м, находим угловой коэффициент облученности F_q :

$$F_q = \frac{\frac{H}{D_s} + 0,5}{4\left[\left(\frac{H}{D_s} + 0,5\right)^2 + \left(\frac{r}{D_s}\right)^2\right]^{1,5}} = \frac{\frac{67,9}{135,8} + 0,5}{4\left[\left(\frac{67,9}{135,8} + 0,5\right)^2 + \left(\frac{50}{135,8}\right)^2\right]^{1,5}} = 0,2.$$

Находим коэффициент пропускания атмосферы τ :

$$\begin{aligned} \tau &= \exp\left[-7,0 \cdot 10^{-4} \left(\sqrt{r^2 + H^2} - \frac{D_s}{2}\right)\right] = \\ &= \exp\left[-7,0 \cdot 10^{-4} \left(\sqrt{50^2 + 67,9^2} - \frac{135,8}{2}\right)\right] = 0,98. \end{aligned}$$

4. Принимая $E_f = 450$ кВт/м², находим интенсивность теплового излучения q :

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 450 \cdot 0,2 \cdot 0,98 = 88,2 \text{ кВт/м}^2.$$

5. Определяем время существования «огненного шара» t_s :

$$t_s = 0,92m^{0,303} = 0,92 \cdot 20000^{0,303} = 18,5 \text{ с.}$$

Итак, значение интенсивности излучения «Огненного шара» составляет 88,2 кВт/м², при такой величине возможны ожоги первой степени и смертельное поражение людей.

3.3.2. Расчет параметров волны давления при сгорании горючего вещества

Основными параметрами волны давления при сгорании горючего вещества в открытом пространстве являются избыточное давление и импульс волны давления. При большой величине избыточного давления возможно повреждение находящихся поблизости оборудования и других зданий [19].

Избыточное давление Δp , кПа, развиваемое при сгорании, рассчитывают по формуле:

$$\Delta p = p_0(0,8m_{\text{пр}}^{0,33} / r + 3m_{\text{пр}}^{0,66} / r^2 + 5m_{\text{пр}} / r^3), \quad (6)$$

где p_0 – атмосферное давление, кПа (допускается принимать равным 101 кПа);

r – расстояние от геометрического центра облака, м;

$m_{\text{пр}}$ – приведенная масса, кг, рассчитанная по формуле:

$$m_{\text{пр}} = (Q_{\text{сг}} / Q_0)m_{\text{г,п}}Z, \quad (7)$$

где

$Q_{\text{сг}}$ – удельная теплота сгорания газа или пара, для метана $5 \cdot 10^7$ Дж/кг;

Z – коэффициент участия, который допускается принимать равным 0,05;

Q_0 – константа, равная $4,52 \cdot 10^6$ Дж/кг;

$m_{\text{г,п}}$ – масса горючих газов и (или) паров, поступивших в результате аварии в окружающее пространство, кг.

Импульс волны давления i , Па · с, рассчитывают по формуле:

$$i = 123 \cdot m_{\text{пр}}^{0,66} / r. \quad (8)$$

1. Находим приведенную массу $m_{\text{пр}}$ по формуле:

$$m_{\text{пр}} = (Q_{\text{сг}} / Q_0)m_{\text{г,п}}Z = \left(\frac{5 \cdot 10^7}{4,52 \cdot 10^6} \right) \cdot 20000 \cdot 0,05 = 11062 \text{ кг.}$$

1. Находим избыточное давление Δp по формуле:

$$\begin{aligned} \Delta p &= p_0(0,8m_{\text{пр}}^{0,33}/r + 3m_{\text{пр}}^{0,66}/r^2 + 5m_{\text{пр}}/r^3) = \\ &= 101 \text{ кПа} \left(\frac{0,8 \cdot 11062^{0,33} \text{ кг}}{50 \text{ м}} + \frac{3 \cdot 11062^{0,66} \text{ кг}}{50^2 \text{ м}} + \frac{5 \cdot 11062 \text{ кг}}{50^3 \text{ м}} \right) = \\ &= 250 \text{ кПа}. \end{aligned}$$

2. Находим импульс волны давления i по формуле:

$$i = 123 \cdot \frac{m_{\text{пр}}^{0,66}}{r} = \frac{123 \cdot 11062^{0,66} \text{ кг}}{50 \text{ м}} = 1147,8 \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

3.3.3. Расчет размеров возможного пожара и его потенциальной энергии

Размер пожара и его потенциальную энергию определяют на основе учета особенностей газа, технологического оборудования и его конструктивного исполнения[20].

1. Площадь возможного пожара $F_{\text{пож}}$ определяют по формуле:

$$F_{\text{пож}} = \pi \cdot (V_{\text{л}} \cdot \tau_{\text{р}})^2, \quad (9)$$

где $V_{\text{л}}$ – линейная скорость распространения пламени, м/с (принимается 0,12 м/с);

$\tau_{\text{р}}$ – расчетное время развития пожара, 120 с.

Тогда

$$F_{\text{пож}} = 3,14 \cdot (0,12 \cdot 120)^2 = 651,1 \text{ м}^2.$$

Тогда диаметр пожара

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{пож}}}{\pi}} = 28,79 \text{ м}.$$

2. Высота пламени h , м, рассчитывается по формуле:

$$h = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{m}{\rho_{\text{в}} \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61}, \quad (10)$$

где d – диаметр пожара, м;

m – удельная массовая скорость выгорания, 0,1 кг/(м²·с);

$\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха, кг/м³ (равна 1,2);

g – ускорение свободного падения, м/с²;

$$h = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{m}{\rho_g \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61} =$$

$$= 42 \cdot 28,79 \text{ м} \cdot \left(\frac{0,08 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})}{1,2 \text{ кг}/\text{м}^3 \cdot \sqrt{9,8 \text{ м}/\text{с}^2 \cdot 28,79 \text{ м}}} \right)^{0,61} = 41,4 \text{ м}.$$

3. Продолжительность пожара τ рассчитывают исходя из условия, что СУГ горит размещенный на 100 м^2 без условия тушения:

$$\tau = N/n, \quad (11)$$

где N – количество горючего вещества, кг;

n – скорость выгорания СУГ, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ (равна 46).

$$\tau = N/n = 20000 \text{ кг}/46 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}) = 435 \text{ с} = 0,12 \text{ ч}.$$

4. Потенциальная энергия пожара $E_{\text{пож}}$ вычисляется по формуле:

$$E_{\text{пож}} = G_{\text{н}} \cdot Q \cdot K, \quad (12)$$

где $G_{\text{н}}$ – масса сгораемого вещества, кг;

Q – теплота сгорания метана, $\text{кДж}/\text{кг}$ ($50000 \text{ кДж}/\text{кг}$);

K – коэффициент недожога (равен для метана – $0,0006$).

$$E_{\text{пож}} = 20000 \text{ кг} \cdot 50000 \text{ кДж}/\text{кг} \cdot 0,0006 = 600 \cdot 10^3 \text{ кДж}.$$

Итак, в данном разделе рассчитаны критерии пожаровзрывоопасности при сгорании метана, значения которых представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Критерии пожаровзрывоопасности

№ п/п	Наименование критерия	Обозначение	Значение	Единица измерения
1	Интенсивность теплового излучения «огненного шара»	q	88,2	$\text{кВт}/\text{м}^2$
2	Время существования «огненного шара»	t_s	18,5	с
3	Избыточное давление	Δp	250	кПа
4	Импульс волны давления	i	1147,8	$\text{Па} \cdot \text{с}$
5	Площадь пожара	$F_{\text{пож}}$	651,1	м^2
6	Диаметр пожара	d	28,79	м
7	Высота пламени	h	41,4	м
8	Продолжительность пожара	τ	0,12	ч
9	Потенциальная энергия пожара	$E_{\text{пож}}$	600	кДж

3.3.4. Определение числа пострадавших при разрыве газопровода

1. Определим режим взрывного превращения облака ГВС.

Из таблицы 1 в приложении Б определяем класс пространства окружающего место аварии - 3 класс.

Из таблицы 2 приложения Б определяем класс взрывоопасного вещества – 4 класс. Из таблицы 3 приложения Б определяем вероятный режим взрывного превращения - 3 режим.

2. Определим радиусы зон разрушений

Масса метана составляет $m=20$ т.

Из таблицы 4 приложения Б определяем вспомогательные коэффициенты (a) для различных степеней разрушений зданий.

Радиусы зон разрушений определяются по формуле

$$R_i = 10^{(0,321gM+a)} = 10^{R'}, \quad (13)$$

где R_i - радиус зоны разрушения (полной, сильной, средней, слабой), м;

M – масса топлива, участвующая в реакции, т;

a – вспомогательный коэффициент;

R' - условный радиус зоны разрушения.

$$R_{1пром} = 10^{(0,32 lg M+a)} = 10^{(0,32 lg 20+1,58)} = 97,7м$$

$$R_{1адм} = 10^{(0,32 lg M+a)} = 10^{(0,32 lg 20+1,67)} = 120,2м$$

$$R_{2пром} = 10^{(0,32 lg M+a)} = 10^{(0,32 lg 20+1,82)} = 169,8м$$

$$R_{2адм} = 10^{(0,32 lg M+a)} = 10^{(0,32 lg 20+1,92)} = 213,7м$$

$$R_{3пром} = 10^{(0,32 lg M+a)} = 10^{(0,32 lg 20+2,02)} = 269,1м$$

$$R_{3адм} = 10^{(0,32 lg M+a)} = 10^{(0,32 lg 20+2,27)} = 478,6м$$

$$R_{4пром} = 10^{(0,32 lg M+a)} = 10^{(0,32 lg 20+2,32)} = 537м$$

$$R_{4адм} = 10^{(0,32 lg M+a)} = 10^{(0,32 lg 20+2,62)} = 1071,5м$$

Таблица 8 – Зоны полных, сильных, средних и слабых разрушений

Тип здания	Степень разрушения и радиус зон, м.			
	Полные(1)	Сильные(2)	Средние(3)	Слабые(4)
Промышленные	97,7	169,8	269,1	537
Административные	120,2	213,7	478,6	1071,5

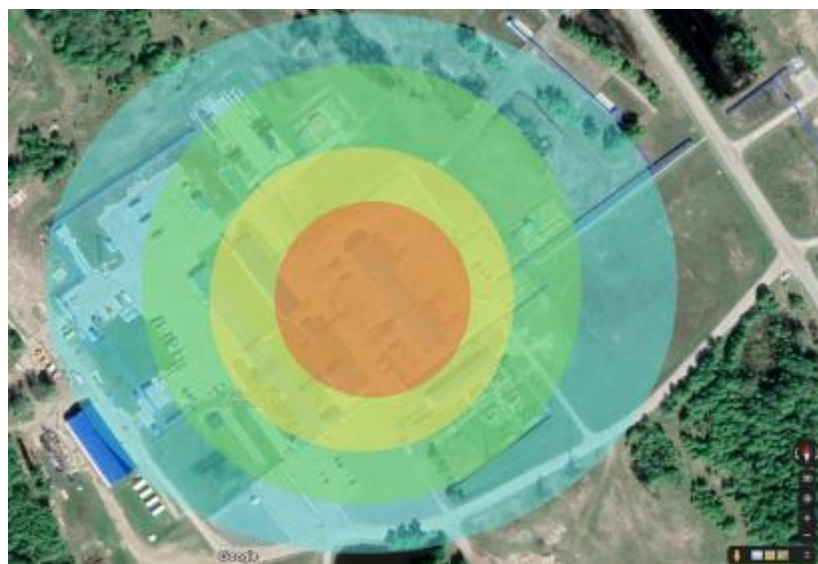


Рисунок 28 – Области барического воздействия ударной волны

Полные – ■; сильные – ■; средние – ■; слабые – ■

Автоматическая газораспределительная станция, автозаправочная станция, узел связи, административное здание получают слабые разрушения, склад получит средние разрушения, котельная получит сильные разрушения, дизельная электростанция, компрессорная станция получит полную степень разрушения.

3. Радиусы зон поражения людей определяются с помощью вспомогательного коэффициента (a) по таблице 5 приложения Б, аналогично, как для определения радиусов зон разрушения.

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

Радиус зоны, в которой погибнет 99% людей составляет $R_{6m} = 66$ м.

$$R_6 = 10^{(0,32 \lg M + a)} = 10^{(0,32 \lg 20 + 1.41)} = 66$$

Площадь зоны:

$$S_6 = \pi \times R_6^2, \quad (14)$$

$$S_6 = 3,14 \times 66^2 = 13678 \text{ м}^2.$$

Число погибших в шестой зоне рассчитывается по формуле:

$$N_6 = S_6 \times \rho_{ом} \times P_{6,м}, \quad (15)$$

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

$$N_6 = 13678 \times 0,0002 \times 0,99 = 2,7 \approx 3 \text{ чел.}$$

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

$$S_5 = S_5' - S_6, \quad (16)$$

где S_5' - суммарная площадь 5 и 6 зоны.

$$R_5 = 10^{(0,32 \lg M+a)} = 10^{(0,32 \lg 20+1,45)} = 72,44$$

Радиус границы пятой зоны $R_5 = 72,4 \text{ м}$, тогда

$$S_5 = 3,14 \times 72,4^2 - 3,14 \times 66^2 = 2781 \text{ м}^2.$$

Число пострадавших в пятой зоне

$$N_5 = 2781 \times 0,0002 \times 0,95 = 0,52 \approx 1 \text{ чел.}$$

Число пострадавших людей в остальных зонах не определяем, так как их не будет.

Общее число погибших людей от воздушной ударной волны составит 4 человек.

3. Определим число погибших людей, находящихся в административных зданиях.

Административное здание попало в зону сильных разрушений, в остальных зонах зданий нет. Количество людей, находящихся в административном здании

$$N_{4,ж} = S_{ж} \times \rho_{ж}, \quad (17)$$

$$N_{4,ж} = 800 \times 0,05 = 40 \text{ чел.}$$

где $S_{ж}$ - площадь административного здания, м^2 ; $\rho_{ж}$ - плотность персонала административном здании.

Вероятность выживания людей в зоне сильных разрушений в административных зданиях $P_{4ж} = 98\%$.

Число пострадавших людей в зданиях равно

$$N_3 = N_{4ж} \times (1 - P_{4ж}), \quad (18)$$

$$N_3 = 40 \times (1 - 0,98) = 0,8 \approx 1 \text{ чел.}$$

Число погибших от воздушной ударной волны в административном здании 1 человек.

4. Определим число людей, пораженных тепловым воздействием[21].

Тепловой поток на поверхности огненного шара (Q_0) составит 180 кВт/м².

Площадь, покрываемая огненным шаром

$$S_{ои} = 3,14 \times R_{ои}^2, \quad (19)$$

$$S_{ои} = 3,14 \times 135,8^2 = 57907 \text{ м}^2.$$

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

Число погибших рассчитывается по формуле:

$$N_{ои} = S_{ои} \times \rho_{ом}, \quad (20)$$

$$N_{ои} = 57906 \times 0,0002 = 11.$$

Число погибших людей, находящихся в зоне, где вероятность их гибели составляет более 95 %.

Радиус зоны, где наблюдается данный тепловой индекс, равен:

$$X_{95} = R_{ои} \times Q_0^{0,5} \times (t/J)^{3/8}, \quad (21)$$

$$X_{95} = 135,8 \times 180^{0,5} \times (18,5/3700)^{3/8} = 255 \text{ м.}$$

Площадь зоны, где вероятность гибели людей более 95 %

$$S_{95} = 3,14 \times (255^2 - 135,8^2) = 146270 \text{ м}^2.$$

Число пострадавших в данной зоне

$$N_{95} = S_{95} \times P_{97,5} \times \rho_{ом}, \quad (22)$$

$$N_{95} = 146270 \times 0,975 \times 0,0002 = 29чел.$$

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

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

Радиус зоны, где наблюдается данный индекс дозы теплового излучения

$$X_{65} = 135,8 \times 180^{0,5} \times (18,5/1500)^{3/8} = 346м.$$

Площадь зоны

$$S_{65} = 3,14 \times (346^2 - 255^2) = 171729м^2.$$

Число пострадавших в данной зоне

$$N_{65} = 171729 \times 0,8 \times 0,0002 = 26,9 \approx 27чел.$$

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

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

Радиус зоны, где наблюдается данный индекс дозы теплового излучения

$$X_{45} = 135,8 \times 180^{0,5} \times (18,5/800)^{3/8} = 437м.$$

Площадь зоны

$$S_{45} = 3,14 \times (437^2 - 346^2) = 223734м^2.$$

Число пострадавших в данной зоне

$$N_{45} = 223734 \times 0,45 \times 0,0002 = 19,1 \approx 20чел.$$

Число погибших людей в зоне, где вероятность их гибели составляет от 5 до 25 % (в среднем - 15 %).

Параметры зоны: $J_5 = 500$

Радиус зоны, где наблюдается данный индекс дозы теплового излучения

$$X_{15} = 135,8 \times 180^{0,5} \times (18,5/500)^{3/8} = 528\text{м.}$$

Площадь зоны

$$S_{15} = 3,14 \times (528^2 - 437^2) = 275739\text{м}^2.$$

Число пострадавших в данной зоне

$$N_{15} = 275739 \times 0,15 \times 0,0002 = 7,2 \approx 8\text{чел.}$$

Общее число пострадавших от теплового потока

$$N_{m.n} = N_{100} + N_{95} + N_{80} + N_{45} + N_{15},$$

$$N_{m.n} = 11 + 29 + 27 + 20 + 8 = 95\text{чел.}$$

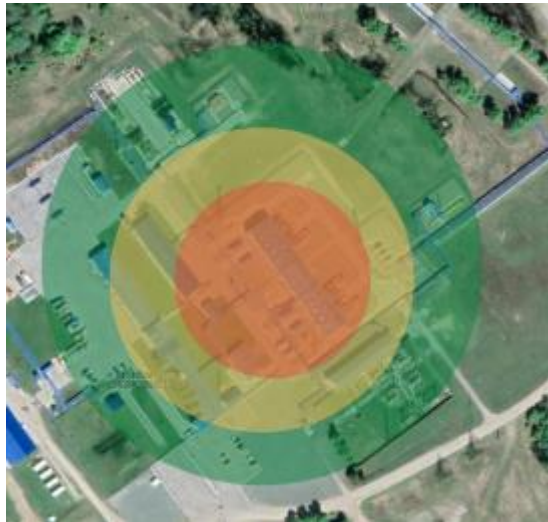


Рисунок 29 – Области термического воздействия предполагаемой аварии

Область огненного шара – ■; область гибели 65% людей – ■; область гибели 45% людей – ■

5. Число погибших на компрессорной станции в следствие чрезвычайной ситуации.

Число умерших от воздействия ударной волны и высокой температуры вычисляется суммой вероятностей наступления смерти от каждого из поражающих факторов.

Количество безвозвратных людских потерь на участке распространения огненного шара и ударной волны радиусом 72,44 м погибнет 100 % сотрудников, то есть 2 человека с вероятностью 99%.

Количество мгновенно умерших в пятой зоне распространения огненного шара и ударной волны, с вероятностью в 97,5% рассчитывается по формуле:

$$N_{5,95} = S_5 \times \rho_{ом} \times (P_{95} + P_{97,5} - P_{95} \times P_{97,5}), \quad (23)$$

$$N_{5,95} = 146270 \times 0,0002 \times (0,95 + 0,975 - 0,95 \times 0,975) = 29,1 \approx 30 \text{ чел.}$$

Количество погибших в зоне действия теплового потока (вероятность гибели 97,5 %)

$$N_{95} = 3,14 \times (255^2 - 135,8^2) \times 0,0002 \times 0,975 = 27 \text{ чел.}$$

Количество погибших во всех зонах совместного действия воздушной ударной волны и теплового потока

$$N_{6-3,95} = 2 + 30 + 27 = 59 \text{ чел.}$$

Число умерших в результате чрезвычайной ситуации на компрессорной станции:

$$N_{\text{ОБЩ}} = N_{6-3,95} + N_{\text{Т.п.}} + N_3 = 59 + (27 + 20 + 8) + 1 = 115 \text{ ЧЕЛ.}$$

3.3.5. Оценка экологических и экономических последствий чрезвычайной ситуации на КС «Парабель»

Экономический ущерб

Для предприятия ущерб, причиненный конструкциям, оборудованию и другим основным производственным фондам, определяется по остаточной стоимости, согласно данным бухгалтерского учета, за вычетом стоимости износа, с учетом степени повреждений.

Оценочная стоимость основных фондов определяется по формуле:

$$C_{оцен} = C_m - Z_{\%} \times C_m, \quad (24)$$

Где,

C_m – Стоимость ОФ;

$Z_{\%}$ – процент износа ОФ.

Процент износа оборудования определяется по формуле:

$$Z_{\%} = \left(\frac{ЭВ}{ТС} \right) \times 100, \quad (25)$$

Где,

ЭВ – фактический возраст ОФ;

ТС – нормативный срок функционирования ОФ.

Остаточная стоимость ОФ определяется по формуле:

$$C_{ост} = C_{оцен} - (C_{оцен} \times k), \quad (26)$$

Где, k – степень разрушения ОФ, %.

Таблица 9 – Общий экономический ущерб ОФ при возникновении чрезвычайной ситуации

Наименование ОФ	Стоимость ОФ, тыс. руб.	Возраст ОФ, лет	Нормативный срок функционирования ОФ, лет	Степень износа, %	Степень разрушения, %	Оценочная стоимость, тыс.руб.	Остаточная стоимость, тыс.руб.	Ущерб ОФ, тыс. руб
Агрегат газоперекачивающий	120000	11	30	30	100	84000	0	84000

Установка очистки газа	80000	11	30	30	100	56000	0	56000	
Технологические трубопроводы КС	40000	11	30	30	100	28000	0	28000	
Технологическая обвязка ГПА	55000	11	30	30	100	38500	0	38500	
Блок подготовки сжатого воздуха	30000	11	30	30	100	21000	0	21000	
Газопровод	20000	11	30	30	100	14000	0	14000	
Котельная	12000	11	30	30	70	8400	2520	5880	
ДЭС	10000	11	30	30	100	7000	0	7000	
ИТОГ								2520	254380

1) Производим расчет остаточной стоимости агрегата газоперекачивающего:

$$C_{оцен} = C_m - Z\% \times C_m = 120000 - 30\% \times 120000 = 84000 \text{ тыс. руб.}$$

$$Z\% = \left(\frac{\text{ЭВ}}{\text{ТС}} \right) \times 100 = \left(\frac{11}{30} \right) \times 100 = 30\%$$

$$C_{ост} = C_{оцен} - (C_{оцен} \times k) = 84000 - 84000 \times 100\% = 0 \text{ тыс. руб.}$$

2) Производим расчет остаточной стоимости установки очистки газа:

$$C_{оцен} = C_m - Z\% \times C_m = 80000 - 30\% \times 80000 = 56000 \text{ тыс. руб.}$$

$$Z\% = \left(\frac{\text{ЭВ}}{\text{ТС}} \right) \times 100 = \left(\frac{11}{30} \right) \times 100 = 30\%$$

$$C_{ост} = C_{оцен} - (C_{оцен} \times k) = 56000 - 56000 \times 100\% = 0 \text{ тыс. руб.}$$

3) Производим расчет остаточной стоимости технологических трубопровода:

$$C_{оцен} = C_m - Z\% \times C_m = 40000 - 30\% \times 40000 = 28000 \text{ тыс. руб.}$$

$$Z\% = \left(\frac{\text{ЭВ}}{\text{ТС}} \right) \times 100 = \left(\frac{11}{30} \right) \times 100 = 30\%$$

$$C_{\text{ост}} = C_{\text{оцен}} - (C_{\text{оцен}} \times k) = 28000 - 28000 \times 100\% = 0 \text{ тыс. руб.}$$

4) Производим расчет остаточной стоимости технологической обязанности ГПА:

$$C_{\text{оцен}} = C_m - Z_{\%} \times C_m = 55000 - 30\% \times 55000 = 38500 \text{ тыс. руб.}$$

$$Z_{\%} = \left(\frac{\text{ЭВ}}{\text{ТС}} \right) \times 100 = \left(\frac{11}{30} \right) \times 100 = 30\%$$

$$C_{\text{ост}} = C_{\text{оцен}} - (C_{\text{оцен}} \times k) = 38500 - 38500 \times 100\% = 0 \text{ тыс. руб.}$$

5) Производим расчет остаточной стоимости блока подготовки сжатого воздуха:

$$C_{\text{оцен}} = C_m - Z_{\%} \times C_m = 30000 - 30\% \times 30000 = 21000 \text{ тыс. руб.}$$

$$Z_{\%} = \left(\frac{\text{ЭВ}}{\text{ТС}} \right) \times 100 = \left(\frac{11}{30} \right) \times 100 = 30\%$$

$$C_{\text{ост}} = C_{\text{оцен}} - (C_{\text{оцен}} \times k) = 21000 - 21000 \times 100\% = 0 \text{ тыс. руб.}$$

6) Производим расчет остаточной стоимости газопровода:

$$C_{\text{оцен}} = C_m - Z_{\%} \times C_m = 20000 - 30\% \times 20000 = 14000 \text{ тыс. руб.}$$

$$Z_{\%} = \left(\frac{\text{ЭВ}}{\text{ТС}} \right) \times 100 = \left(\frac{11}{30} \right) \times 100 = 30\%$$

$$C_{\text{ост}} = C_{\text{оцен}} - (C_{\text{оцен}} \times k) = 14000 - 14000 \times 100\% = 0 \text{ тыс. руб.}$$

7) Производим расчет остаточной стоимости котельной:

$$C_{\text{оцен}} = C_m - Z_{\%} \times C_m = 12000 - 30\% \times 12000 = 8400 \text{ тыс. руб.}$$

$$Z_{\%} = \left(\frac{\text{ЭВ}}{\text{ТС}} \right) \times 100 = \left(\frac{11}{30} \right) \times 100 = 30\%$$

$$C_{\text{ост}} = C_{\text{оцен}} - (C_{\text{оцен}} \times k) = 8400 - 8400 \times 70\% = 2520 \text{ тыс. руб.}$$

8) Производим расчет остаточной стоимости ДЭС:

$$C_{\text{оцен}} = C_m - Z_{\%} \times C_m = 10000 - 30\% \times 10000 = 7000 \text{ тыс. руб.}$$

$$Z_{\%} = \left(\frac{\text{ЭВ}}{\text{ТС}} \right) \times 100 = \left(\frac{11}{30} \right) \times 100 = 30\%$$

$$C_{\text{ост}} = C_{\text{оцен}} - (C_{\text{оцен}} \times k) = 7000 - 7000 \times 100\% = 0 \text{ тыс. руб.}$$

Ущерб от потери сырья определяется по формуле:

$$Y_{\text{п.с.}} = m \times C_{\text{СУГ}}, \quad (4)$$

Где,

m – масса выброшенного сжиженного углеводородного газа, т;

$C_{\text{СУГ}}$ – стоимость 1 тонны сжиженного углеводородного газа.

Производим расчет стоимости потерянного сырья:

$$Y_{\text{п.с.}} = m \times C_{\text{СУГ}} = 20 \times 25000 = 500000 \text{ руб.}$$

Производим расчет общего экономического ущерба:

$$C_{\text{эконом}} = 254380 + 425 = 254805 \text{ тыс. руб.}$$

Ущерб, в результате ЧС, составил 254805 тыс. рублей.

Определение величины экологического ущерба

Степень загрязнения атмосферы, вследствие выброса сжиженного углеводородного газа определяется массой летучих углеводородов.

Расчет ущерба окружающей среде от выбросов СУГ в атмосферу определяется по формуле:

$$Y_{\text{ос}} = 5 \times K_{\text{и}} \times C_{\text{а}} \times m, \quad (27)$$

Где,

$Y_{\text{ос}}$ рассчитывается как плата за сверхлимитный выброс загрязняющих веществ с применением повышающего коэффициента 5.

$K_{\text{и}}$ – коэффициент индексации платы за загрязнение окружающей среды в пределах установленного лимита, составляет 100.

$C_{\text{а}}$ – ставка платы за выброс 1 тонны углеводородов в атмосферу, руб/т;

m – масса, выброшенных углеводородов в атмосферу.

Ставка платы за выброс углеводородов в окружающую среду определяется по формуле:

$$C_{\text{а}} = H_{\text{б}} \times K_{\text{э}}, \quad (28)$$

Где,

H_6 – базовый норматив платы за выброс 1 тонны углеводородов в атмосферу в пределах установленного лимита, составляет 100 руб/т;

K_3 – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферы в отдельном регионе. Для Западно-Сибирского района он составляет 1,2.

Производим расчет ущерба окружающей среде от выбросов СУГ в атмосферу:

$$C_a = H_6 \times K_3 = 100 \times 1,2 = 120 \text{ руб/т};$$

$$Y_{oc} = 5 \times K_n \times C_a \times m = 5 \times 100 \times 120 \times 20 = 1200 \text{ тыс. руб.}$$

Выплаты за нанесенный ущерб окружающей среде составили 1200 тыс. рублей.

Общий экологический и экономический ущерб в результате возникновения чрезвычайной ситуации на КС составляет:

$$Y_{общ} = 254805 + 1200 = 256005 \text{ тыс. рублей}$$

3.4. Предложение организационно-технических мероприятий по снижению рисков и предупреждению чрезвычайной ситуации

Для обеспечения промышленной безопасности, защиты производственного персонала и территорий от аварий или чрезвычайных ситуаций техногенного характера, учитывая повышенную опасность технологического объекта, для магистрального газопровода предлагается разработать план организационных и технических мероприятий, направленных на повышение уровня производственной и промышленной безопасности, а также способствующий снижению риска аварий, в который необходимо включить:

Организационные мероприятия

- осуществлять переработку производственных инструкций и инструкций по охране труда с учетом изменений в действующем законодательстве, нормативно-технической документации и ведомственных нормативно-правовых актов
- усилить контроль со стороны специалистов отдела охраны труда за газоопасными и огневыми работами выполняемых по наряду – допуску
- создать специальный полигон для отработки действий спасателей при поиске и спасении пострадавших
- создать специальный участок для выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту газопроводов
- в обязанности отдела кадров включить обязанности по организации и проведения профессионального отбора работников для выполнения работ на объектах МГ
- в целях отработки и совершенствования навыков, проводить 1 раз в квартал учебно-тренировочные занятия с сотрудниками предприятия по действиям при возникновении аварийных ситуаций на магистральном газопроводе

Технические мероприятия

- диагностика газового оборудования со сроком службы более 20 лет;
- принятие дополнительных мер по защите зданий и сооружений от пожара, располагающихся на расстоянии менее 10 метров от распределительного газопровода;
- обеспечение дополнительными средствами пожаротушения наиболее опасных участков магистрального газопровода;
- проведение капитального ремонта отдельных участков магистрального газопровода и замена изношенного газового оборудования;
- оснащение переносными газоанализаторами работников, выполняющих работы по технической эксплуатации распределительного газопровода;
- проведение диагностики и замены, при необходимости, отключающих устройств на вводе газопровода в цеха;
- на газопроводе нанести маркировку, показывающую направление движения газа;
- во фланцевых соединениях, отключающих задвижки, установить прокладочные кольца для установки заглушек для выполнения ремонтных работ;
- инструкции по эксплуатации и схемы газоснабжения разместить на информационных стендах в легко доступных местах производственных помещений

Эксплуатационные мероприятия

- не допускать к выполнению ремонтных и регламентных работ на объектах магистрального газопровода не квалифицированных и не обученных работников, а также не имеющих соответствующий допуск;
- не допускать производство ремонтных и регламентных работ с использованием не сертифицированного оборудования;
- нарушения в работе газового оборудования фиксировать в журнале учета неисправностей;
- в целях обеспечения безопасной эксплуатации распределительного газопровода технический осмотр проводить в начале и в конце рабочей смены;
- по окончании ремонтных работ непосредственно на трубопроводе места подключения оборудования и новые сварные швы проверять на наличие утечек переносным газоанализатором в процессе продувки.

3.5. Определение результатов от внедрения мероприятий

Эффект от мероприятий рассчитывается по формуле:

$$\text{Эпб} = \text{Эрем} + \text{У}^{\text{Гпр}} \quad (29)$$

Экономический результат от увеличения межремонтного периода оборудования в результате более безопасной его эксплуатации (Эрем) рассчитывается по формуле:

$$\text{Эрем} = \text{У} \times (\text{N}_{\text{до}} - \text{N}_{\text{после}}), \quad (30)$$

где У – ущерб (потери) предприятия при аварии, руб.;

$\text{N}_{\text{до}}$, $\text{N}_{\text{после}}$ – количество дней простоя оборудования в ремонте до и после проведения мероприятия, дни.

$\text{Эрем} = 0$, так как задействуются другие компрессорные станции и предприятие не потеряет прибыль от потребителей

При оценке экономических результатов от мероприятия величина предотвращённого ущерба (Упр) должна быть приведена в годовую соразмерность, т.е. рассчитывается годовой предотвращённый ущерб ($\text{У}^{\text{Гпр}}$) с учётом вероятности возникновения аварийной ситуации:

- при полном предотвращении события:

$$\text{У}^{\text{Гпр}} = \text{П}_{\text{до}} \times \varphi; \quad (31)$$

- при снижении вероятности возникновения события:

$$\text{У}^{\text{Гпр}} = \text{П}_{\text{до}} \times (\varphi_{\text{до}} - \varphi_{\text{после}}); \quad (32)$$

- при сокращении отрицательных последствий от аварий:

$$\text{У}^{\text{Гпр}} = (\text{П}_{\text{до}} - \text{П}_{\text{после}}) \times \varphi, \quad (33)$$

где $\text{П}_{\text{до}}$, $\text{П}_{\text{после}}$ – потери (ущерб) от аварии до и после проведения мероприятия, руб.;

$\varphi_{\text{до}}$, $\varphi_{\text{после}}$ – вероятность возникновения аварийной ситуации до и после

проведения мероприятия, год.

$$\text{У}^{\text{Гпр}} = \text{П}_a \times \varphi = 256005 \times 0,9 = 230404,5 \text{ тыс. руб.}$$

$$\text{Эпб} = \text{Эрем} + \text{У}^{\text{Гпр}} = 0 + 230404,5 = 230404,5 \text{ тыс. руб.}$$

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

4.1. Предпроектный анализ

4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

В данной выпускной квалификационной работе исследуется оценка рисков чрезвычайных ситуаций при эксплуатации МГ. В работе использовался вероятностный метод оценки рисков. Так как потенциальными потребителями результатов исследования являются НИ ТПУ, МЧС России по Томской области и владельцы МГ, проведем сегментирование рынка услуги организации для оценки рисков и принятия соответствующих мер, по критериям: виды организаций – масштаб организаций.

Таблица 10 – Сегментирование рынка услуги организаций

Масштаб организаций	Виды организаций		
	МЧС России	НИ ТПУ	Владельцы МГ
малый			
средний			
крупный			

Как видно из карты сегментирования, спрос присутствует во всех организациях. Это обусловлено тем, что оценка рисков является наиболее эффективным превентивным мероприятием. При оценке рисков учитываются не только неблагоприятные события и несчастные случаи, произошедшие ранее, но и опасности, пока не вызвавшие неблагоприятных последствий.

4.1.2. Анализ конкурентных технических решений

Сравним вероятностный метод с другими методами конкурентных решений. Для анализа альтернативных методов оценки рисков была выбрана

оценочная карта. Разработка, которая набрала наибольшее большое количество баллов, считается наиболее конкурентоспособной на рынке.

Для оценки конкурентных способов была выбрана шкала от 1 до 5, где:

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

В таблице 2 представлен анализ конкурентных технических решений.

B_B –вероятностный метод, B_Φ —феноменологический метод, B_3 – экспертный метод, K_B , K_Φ , K_3 – анализ конкурентных технических решений для оценки риска.

Таблица 11 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентноспособность		
		B_B	B_3	B_Φ	K_B	K_3	K_Φ
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Удобство в эксплуатации	0,11	5	3	2	0,55	0,33	0,22
Полнота представленных данных	0,13	5	3	3	0,65	0,39	0,39
Потребность в дополнительных исследованиях	0,16	3	2	2	0,48	0,32	0,32
Универсальность метода	0,1	3	2	2	0,3	0,2	0,2
Специальное оборудование	0,08	4	4	4	0,32	0,32	0,32
Предоставляемые возможности	0,13	5	3	4	0,65	0,39	0,52
Визуальное представление результатов	0,11	5	4	4	0,55	0,44	0,44
Экономические критерии оценки эффективности							
цена	0,08	3	3	3	0,24	0,16	0,16
Конкурентоспособность продукта	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Итого	1	37	33	32	4,14	2,95	2,97

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \times B_i \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность вида;

V_i – вес критерия (в долях единицы);

B_i – балл каждого вида транспорта (по пятибалльной шкале);

Согласно данным, представленным в таблице, можно сделать вывод, что использование вероятностного метода является наиболее эффективным и целесообразным при проведении оценки рисков ЧС при эксплуатации МГ. Уязвимость других методов обусловлена низким удобством применения данных методов и малыми предоставляемыми возможностями.

4.1.3. SWOT-анализ

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

Для того что бы найти сильные и слабые стороны, вероятностного метода и методов-конкурентов проведем SWOT–анализ.

Таблица 12 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Прогнозирование и выявление опасностей в широком масштабе</p> <p>С2. Способность охватывать различные виды газовой промышленности</p> <p>С3. Более низкая стоимость расчетов в сравнении с другими организациями, занимающимися оценкой риска на МГ</p> <p>С4. Потребность предприятий в проведении оценки рисков</p> <p>С5. Постоянная информационная насыщенность</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Невозможность предвидеть все риски</p> <p>Сл2. Большие временные затраты на полноценный расчет и выводов по нему</p> <p>Сл3. Для каждого потребителя требуется индивидуальный подход</p> <p>Сл4. Низкая скорость продвижения новых технологий в области оценки рисков</p> <p>Сл5 Недостаток финансирования на усовершенствование проекта</p>
--	---	--

<p>Возможности: В1.Создание партнерских отношений со всеми видами отраслей газовой промышленности В2. Большой потенциал усовершенствования методики оценки рисков. В3. Сокращение энергозатрат за счет реализации функциональной стратегии в области охраны труда, промышленной безопасности и экологии(HSE). В4.Появление новых МГ, требующих проведения оценки рисков В5. Создание новых видов методик оценки рисков</p>		
<p>Угрозы: У1. Падение спроса при появлении новых конкурентов У2. Невостребованность проекта в связи с истощением ресурсной базы У3.Неточность проведения оценки риска У4. Колебания цен на данное исследование У5.Снижение цен у конкурентов</p>		

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие помогают выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Таблица 13 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
		C1	C2	C3	C4	C5
Возможности проекта	B1	+	+	+	+	0
	B2	–	–	0	0	+
	B3	0	0	+	0	–
	B4	+	+	0	+	+
	B5	0	+	–	–	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие сильные стороны и возможности: B1C1C2C3C4, B4C1C2C4C5.

Таблица 14 – Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	–	–	0	–	–
	B2	+	+	+	+	0
	B3	–	+	+	+	–
	B4	–	–	+	–	–
	B5	+	+	+	+	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие слабые стороны и возможности: B2Сл1Сл2Сл3Сл4, B3Сл2Сл3Сл4, B5Сл1Сл2Сл3Сл4Сл5.

Таблица 15 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	–	+	+	–	–
	У2	–	+	–	+	–
	У3	+	+	–	–	+
	У4	–	–	+	–	–
	У5	0	–	0	–	–

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие сильные стороны и угрозы: У1С2С3, У2С2С4, У3С1С2С5.

Таблица 16 – Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	–	–	0	0	0
Угрозы проекта	У2	–	–	–	0	–
	У3	+	–	+	+	–
	У4	–	–	–	–	0
	У5	–	–	0	–	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие слабые стороны и угрозы: У3Сл1Сл3Сл4.

Таблица 17 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Прогнозирование и выявление опасностей в широком масштабе С2. Способность охватывать различные виды газовой промышленности С3. Более низкая стоимость расчетов в сравнении с другими организациями,</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Невозможность предвидеть все риски Сл2. Большие временные затраты на полноценный расчет и выводов по нему Сл3. Для каждого потребителя требуется индивидуальный подход Сл4. Низкая скорость</p>
--	---	--

	занимающимися оценкой риска на МГ С4. Потребность предприятий в проведении оценки рисков С5. Постоянная информационная насыщенность.	продвижения новых технологий в области оценки рисков Сл5 Недостаток финансирования на усовершенствование проекта.
Возможности: В1.Создание партнерских отношений со всеми видами отраслей энергетики В2. Большой потенциал усовершенствования методики оценки рисков. В3. Сокращение энергозатрат за счет реализации функциональной стратегии в области охраны труда, промышленной безопасности и экологии(HSE). В4.Рост и развитие новых МГ, требующих проведения оценки рисков В5. Создание новых видов методик оценки рисков.	- Более низкая стоимость расчетов в сравнении с другими организациями, занимающимися оценкой риска на МГ, дают хорошую возможность создавать партнерские отношения со всеми видами промышленности. -С каждым годом количество новых МГ увеличивается и, поэтому, увеличивается необходимость в проведении оценки рисков, следовательно, растет востребованность методики	-Методика нуждается в усовершенствовании, т. к. в ней есть некоторые негативные моменты, такие как невозможность предвидеть все риски, большие временные затраты на полноценный расчет и выводов по нему , при этом для каждого потребителя требуется индивидуальный подход. -При реализации функциональной стратегии в области охраны труда, промышленной безопасности и экологии(HSE) сократятся все негативные моменты, напрямую зависящие от энергозатрат. -Целесообразность в создании новых видов методик оценки рисков состоит в том, чтобы повысить положительные стороны и минимизировать негативные.
Угрозы: У1. Падение спроса при появлении новых конкурентов У2. Невостребованность проекта в связи с истощением ресурсной базой У3.Неточность проведения оценки риска. У4. Колебания цен на данное исследование. У5.Снижение цен у конкурентов.	-При появлении новых конкурентов на рынке следует ожидать падение спроса и, как в следствие этого, снижение финансового положения, и, возможно, сосредоточение только на определенных потребителях. -При истощении ресурсной базы потребитель будет вынужден прекратить своё производство и отказаться от услуг исследования, что ведет к невостребованности проекта.	-Все вышеперечисленные негативные моменты напрямую связаны с неточностью проведения оценки риска, поэтому методика нуждается в усовершенствовании. -Несмотря на большие возможности проекта, имеется потенциальная возможность неточности проведения оценки рисков.

Проведя SWOT-анализ, удалось выявить сильные и слабые стороны проекта, а так же выявить угрозы, с которыми есть вероятность столкнуться.

4.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации

Важно перед реализацией научной разработки необходимо оценивать степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (либо завершения).

Для данной процедуры необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень приведен в таблице 18.

Таблица 18 – Бланк оценки степени готовности проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	3
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	3
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	4
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	3
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	4	4
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	3	3
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	4
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	3
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	3	3
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	4	3
13	Проработаны вопросы	3	3

	финансирования коммерциализации научной разработки		
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	3
15	Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
	ИТОГО БАЛЛОВ	55	51

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (4.2)$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Из полученных значений, приведенных в бланке, можно сделать вывод, что перспективность выше среднего.

4.2. Инициация проекта

В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта.

4.2.1. Цели и результат проекта

Перед определением целей необходимо перечислить заинтересованные стороны проекта. Информация по заинтересованным сторонам представлена в таблице 19:

Таблица 19 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидание заинтересованных сторон
ВУЗЫ	Проведение исследования в области чрезвычайной ситуации на магистральном газопроводе
ГУ МЧС РОССИИ	Использование результатов исследования с целью профилактических мероприятий по снижению ЧС
Организации осуществляющие эксплуатацию МГ	Использование предложенных мероприятий для уменьшения риска возникновения ЧС

Цели и результаты проекта в таблице 20:

Таблица 20 – Цели проекта

Цели проекта:	<ul style="list-style-type: none"> • Анализ риска возникновения ЧС при эксплуатации МГ
Ожидаемые результаты проекта:	<ul style="list-style-type: none"> • Наглядность расчетов • Предлагаемые меры по уменьшению риска возникновения ЧС
Критерии приемки результата проекта:	<ul style="list-style-type: none"> • Выполнение проекта в срок • Эффективность расчетов

4.2.2. Ограничения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта. Факторы, ограничения и допущения представлены в таблице 21

Таблица 21 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения
Бюджет проекта	Отсутствует
Источник финансирования	НИ ТПУ
Сроки проекта	01.01.2021 – 31.05.2022
Фактическая дата утверждения плана управления проектом	15.02.2022
Плановая дата завершения проекта	31.05.2022

4.3. Планирование управления научно-техническим проектом

4.3.1. План проекта

Для выполнения научного исследования сформировалась рабочая группа, в состав которой вошли научный руководитель и выпускаемый инженер. Были распределены соответствующие обязанности исполнителей.

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и произведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 22.

Таблица 22– Перечень этапов, работ и распределения исполнителей

Основные этапы	№	Название	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение темы	Руководитель, инженер
	2	Выдача задания на тему	Руководитель
Теоретическая подготовка	3	Изучение литературы по теме	инженер
	4	Выбор исследуемого объекта	инженер
	5	Календарное планирование работ	Руководитель, инженер
	6	Изучение деятельности объекта	инженер
Теоретическая подготовка	7	Подбор нормативных документов	инженер
Проведение расчетов и их анализ	8	Идентификация территориальных рисков	инженер
	9	Проведение расчетов	инженер
	10	Анализ полученных результатов	инженер
Обобщение и оценка результатов	11	Вывод по цели	руководитель, инженер

4.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула (4.3):

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} \quad (4.3)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы человекодни;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяем продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями по формуле 4.4:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i} \quad (4.4)$$

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

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко дни;

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

4.3.3. Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобной и наглядной формой представления графика проведения научных работ является диаграмма Ганта. Она представляет собой горизонтальный ленточный график, на котором работы

по теме изображаются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Длительность каждого из этапов работ из рабочих дней необходимо перевести в календарные дни по формуле (4.5).

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (4.5)$$

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 (4.6).

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (4.6)$$

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. 23).

Согласно данным производственного и налогового календаря на 2021 год, количество календарных дней составляет 365 дней, количество выходных и праздничных дней – 118 дней, таким образом:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,47$$

Таблица 23 – 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	$t_{ож}$, чел-дни			
Составление и утверждение темы	2	2	2	Научный руководитель, инженер	1	1,47
Выдача задания на тему	3	3	3	Научный руководитель	1,5	2,2
Изучение литературы по теме	7	7	7	инженер	3,5	5,1
Выбор исследуемого объекта	4	4	4	инженер	2	2,9
Календарное планирование работ	5	5	5	Научный руководитель, инженер	2,5	3,6
Изучение деятельности объекта	3	3	3	инженер	1,5	2,2
Подбор нормативных документов	6	6	6	инженер	3	4,4
Идентификация территориальных рисков	8	8	8	инженер	4	5,8
Проведение расчетов	10	10	10	инженер	5	7,3
Анализ полученных результатов	4	4	4	инженер	2	2,9
Вывод по цели	2	2	2	Научный руководитель, инженер	1	1,47

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в виде табл. 24 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения научного проекта. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 24 – Календарный план НТИ

№	Вид работ	Исполнители	Т _{кi} , кол. дней	Продолжительность выполнения работ												
				Февраль		Март			Апрель			Май				
				1	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение темы	Руководитель, инженер	2	■	■											
2	Выдача задания на тему	Руководитель	3		■											
3	Изучение литературы по теме	инженер	7			■										
4	Выбор исследуемого объекта	инженер	4			■										
5	Календарное планирование работ	Руководитель, инженер	5					■	■							
6	Изучение деятельности объекта	инженер	3					■								
7	Подбор нормативных документов	инженер	6							■						
8	Идентификация территориальных рисков	инженер	8									■				
9	Проведение расчетов	инженер	10											■		
10	Анализ полученных результатов	инженер	4												■	
11	Вывод по цели	руководитель, инженер	2												■	■

■ – Инженер; ■ – руководитель.

4.3.4. Бюджет научного исследования.

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- накладные расходы.

4.3.5. Расчет материальных затрат НТИ

Для выполнения данного НТИ необходимы материалы, которые указаны в таблице 25.

Таблица 25 – материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за единицу, руб.	Затраты на материалы (З _м), руб.
Ручка	Шт	4	40	160
Тетрадь	Шт	3	50	150
Интернет	Шт	5 месяцев	620	3100
Электроэнергия	Уп.	5 месяцев	900	4500
Итого				7910

4.3.6. Расчет затрат на специальное оборудование для НТИ

В исследование затраты по статье «специальное оборудование для научных работ» не предусматриваются.

4.3.7. Основная заработная плата исполнительской темы

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

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (4.7)$$

Где,

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

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

Основная заработная плата научного руководителя и инженера рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \times T_{\text{р}}, \quad (4.8)$$

Где,

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

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \times M}{F_{\text{д}}}, \quad (4.9)$$

Где,

$Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- при отпуске в 24 рабочих дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;
- при отпуске в 48 раб.дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 26 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное количество дней	365	365
Количество нерабочих дней Выходные дни		

Праздничные дни	52	104
	14	14
Потери рабочего времени отпуск по болезни		
	56	24
	-	-
Действительный годовой фонд рабочего времени	248	223

Месячный должностной оклад работника определяется по формуле:

$$Z_m = Z_{ок} \times k_p, \quad (4.10)$$

Где,

$Z_{ок}$ – размер оклада руководителя, руб.;

k_p – районный коэффициент.

Месячный должностной оклад научного руководителя, руб:

$$Z_m = Z_{ок} \times k_p = 35000 \times 1,3 = 45500 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад инженера, руб:

$$Z_m = Z_{ок} \times k_p = 15000 \times 1,3 = 19500 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата научного руководителя, руб.:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \times M}{F_d} = \frac{45500 \times 10,4}{248} = 1908,06 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата инженера, руб.:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \times M}{F_d} = \frac{19500 \times 11,2}{223} = 979,37 \text{ руб.}$$

Произведем расчет рабочего времени:

Научный руководитель: $T_p=12$ раб.дней;

Инженер: $T_p=51$ раб.дней;

Основная заработная плата научного руководителя, руб.:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \times T_p = 1908,06 \times 12 = 22896,72 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата инженера, руб.:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \times T_p = 979,37 \times 51 = 49947,87 \text{ руб.}$$

Таблица 27 – Расчет основной заработной платы научного руководителя и инженера

Исполнители	З _{ок} , руб	к _р	З _м , руб.	З _{дн} , руб	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Научный руководитель	35000	1,3	45500	1908,06	12	22896,72
Инженер	15000	1,3	19500	979,37	51	49947,87
Итого						72844,59

4.3.8. Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \times Z_{\text{осн}}, \quad (4.11)$$

Где,

Z_{доп} – дополнительная заработная плата, руб.;

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

Z_{осн} – основная заработная плата, руб.

Таблица 28 – Дополнительная заработная плата исполнителей НТИ

Зарплата	Инженер	Научный руководитель
Основная зарплата, руб	49947,87	22896,72
Дополнительная зарплата, руб	5993,74	2747,6
Итого, руб.	55941,61	25644,32

4.3.9. Отчисления на социальные нужды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяются по формуле:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (55941,61 + 25644,32) = 24475,8 \text{ руб.},$$

Где,

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

4.3.10. Накладные расходы

В эту статью относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 - 90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Накладные расходы составляют 16 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле

$$C_{\text{накл}} = K_{\text{накл}} * (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (4.12)$$

Где,

$K_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

Накладные расходы:

$$C_{\text{накл}} = 0,16 * (55941,61 + 25644,32) = 13053,74 \text{ руб.}$$

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица 29 – Бюджет затрат НТП

№	Затраты по статьям						
	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Накладные расходы	Отчисления на социальные нужды	Итого бюджет
1	7910	–	72844,59	8741,34	13053,74	24475,8	127025,47

4.3.11. Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты. Информацию по данному разделу необходимо свести в таблицу (таблица 30).

Таблица 30 – Реестр рисков

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска*	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Потеря актуальности		3	5	средний	Внедрение новой методики определения оценки риска возникновения ЧС	Появление нового оборудования
2	Неточность метода		4	5	высокий	Доработка расчетов	Недостаточное изучение литературы

4.4. Определение эффективности

В ходе работы была выполнена цель – определение необходимого мероприятия по производственной безопасности, заключающиеся в анализе и оценке риска чрезвычайной ситуации на магистральном газопроводе.

Был проведен анализ конкурентно технических решений, где получен коэффициент исследования конкурентных показателей, и он находится выше среднего. В результате было получено, что бюджет затрат НИИ составит 127025,47 руб.

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Социальная ответственность – умение специалиста вести профессиональную деятельность в рамках подготовки с учетом социальных, правовых, экологических и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности, нести социальную ответственность за принимаемые решения.

Объектом исследования является КС «Парабель», расположенная по адресу с. Парабель, Парабельская промплощадка.

Площадь помещения, в которой работает 2 сотрудника, составляет 20 м², одно пластиковое окно из ПВХ, лампа накаливания, ПЭВМ. Работа осуществляется в основном в сидячем положении, с периодическим выходом для осмотра оборудования. Сотрудники сталкиваются с воздействием физических опасных и вредных факторов, таких как, отсутствие или недостаток естественного света в помещении, недостаточная освещенность рабочей зоны в ночное время суток, неудовлетворительные микроклиматические параметры, загазованность и запыленность воздуха в рабочей зоне. Так же присутствуют и психофизиологические факторы, такие как – умственное, зрительное и слуховое перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки.

Воздействие этих факторов снижает работоспособность, вызывает утомление, раздражение, недомогание.

5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правовой основой законодательства в сфере обеспечения безопасности жизнедеятельности является Конституция

Правовую основу обеспечения безопасности жизнедеятельности составляют соответствующие законы и постановления, подзаконные акты, принятые органами Российской Федерации и входящих в нее республик.

Правовой основой обеспечения государственной безопасности является целый ряд федеральных законов. Обеспечение экологической безопасности на территории РФ, формирование и укрепление экологического правопорядка основаны на Федеральном законе 1992 г. «Об окружающей природной среде» в комплексе с мерами организационного, правового, экономического и воспитательного характера.

Правовые нормы безопасности при осуществлении работы прописаны в представленных ниже документах:

- ✓ СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений»;
- ✓ ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность. Общие требования;
- ✓ ГОСТ 12.1.033-81 Пожарная безопасность. Термины и определения;
- ✓ ГОСТ 30403-2012 Конструкции строительные. Метод испытаний на пожарную опасность;
- ✓ СанПиН 2.2.4.33.59-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах»;
- ✓ ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация;
- ✓ СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;
- ✓ Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности";
- ✓ ГН 2.2.5.685-98 предельно-допустимые концентрации(ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны;
- ✓ СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*;

- ✓ ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
- ✓ СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003

5.2. Производственная безопасность

Перечень опасных и вредных факторов-представлены в таблице[23].

Таблица 31 – Возможные опасные и вредные факторы

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Анализ ОВПФ при эксплуатации КС		Поражение электрическим током	ГОСТ 12.1.045-84
	Недостаточная освещенность рабочей зоны		СП 52.13330.2016
	Неудовлетворительный микроклимат		СанПиН 2.2.4.548-96
	Повышенный уровень шума		СН 2.2.4/2.1.8.562-96
		Движущиеся машины и механизмы	ГОСТ 12.0.003-2015
	Повышенная загазованность воздуха рабочей зоны		ГОСТ 12.1.005-88
	Работа с ПЭВМ		СанПиН 2.2.2_2.4.1340-03

5.2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов

Недостаточная освещенность рабочей зоны

В процессе производственных операций или отдыхе сотрудники КС могут подвергаться воздействию слабой освещенности рабочей зоны.

Минимальная освещенность на рабочих местах не отличается от нормируемой средней освещенности в помещении более чем на 10% в соответствии с СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. Нормируемые характеристики освещения в помещениях и вне зданий обеспечиваются как светильниками рабочего освещения, так и их совместным действием со светильниками аварийного освещения.

Расчет искусственного освещения.

Произведем расчет освещения для помещения КС «Парабель». Размеры помещения: А (длина) – 5000 мм, В (ширина) – 4000 мм, h (высота) – 3000 мм. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 800$ мм. Расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_c = 200$ мм.

Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен $K_z = 1,5$. Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп $Z = 1,1$. Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОД-2-80. Этот светильник имеет две лампы мощностью 80 Вт каждая, длина светильника равна 1530 мм, ширина – 270 мм. Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой равная 1,4[26].

Расчет светового потока лампы определяется по формуле:

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

Φ – световой поток, Лм

E_n – нормированная минимальная освещенность, Лк;

S – площадь помещения, м²

K_z - коэффициент запаса;

Z – коэффициент неравномерности (для люминесцентных ламп = 1,1);

N – число ламп в помещении

η – коэффициент использования светового потока.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 3 - 0,8 - 0,2 = 2 \text{ м.}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 2 = 2,8 \text{ м}$$

Число рядов светильников в помещении:

$$Nb = B/L = 4/2,8 \approx 1 \text{ шт.}$$

Число светильников в ряду:

$$Na = A/L = 5/2,8 \approx 2 \text{ шт.}$$

Общее число светильников:

$$N = Na \cdot Nb = 2 \cdot 1 \approx 2 \text{ шт.}$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$L/3 = 2,8/3 \approx 0,93 \text{ м}$$

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{5 \cdot 4}{2 \cdot (5 + 4)} = 1,1$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОДОР с люминесцентными лампами при $\rho_{\text{П}} = 70\%$, $\rho_{\text{С}} = 50\%$ и индексе помещения $i = 1,1$ равен $\eta = 0,5$. Количество ламп в 2 светильниках – 4.

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{п}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot A \cdot B \cdot K_{\text{з}} \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{4 \cdot 0,5} = 4950 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{лд}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{лд}}} \cdot 100\% \leq 20\%$$

$$\frac{\Phi_{\text{Лд}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{Лд}}} * 100\% = \frac{5200 - 4950}{5200} * 100\% = 4\%$$

Таким образом: $-10\% \leq 4\% \leq 20\%$, необходимый световой поток светильника не выходит за пределы требуемого диапазона.

Неудовлетворительный микроклимат

В процессе производственных операций сотрудники КС могут подвергаться воздействию климатических условий на рабочем месте. Поэтому у них присутствует производственное помещение для отдыха с оптимальными климатическими условиями[27].

Таблица 32 – величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений на КС

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха
Холодный	Пб (233-290)	17-19	40-60	0,2
	Ш (более 290)	16-18	40-60	0,3
Теплый	Пб (233-290)	19-21	40-60	0,2
	Ш (более 290)	18-20	40-60	0,3

В роли средств индивидуальной защиты выступает спецодежда с высокими теплозащитными свойствами, воздухо непроницаемостью и др.

Для коллективной защиты применяется сокращение времени пребывания персонала в зоне воздействия вредных факторов, доставка к месту работы и с работы должна осуществляться в утепленном транспорте. Для периодического обогрева и отдыха работников предусматриваются специально оборудованные помещения. Расстояние от рабочего места до

помещения для обогрева не превышает 150 м для открытых территорий в соответствии с СанПиН 2.2.4.548-96.

Повышенный уровень шума

На КС источниками шума являются: движущиеся механизмы, работа газоперекачивающего агрегата, установка очистки газа, блок подготовки сжатого воздуха.

Эквивалентный уровень шума не превышает 80 дБА согласно ГОСТ 12.1.003-2014 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности». Работодатель обеспечивает мероприятия соблюдения гигиенических нормативов и снижение риска, связанного с воздействием шума на работников, таких как:

- оценку риска потери слуха работником;
- проектирование рабочих мест с учетом допустимого уровня риска;
- использование малошумных машин;
- использование материалов и конструкций, препятствующих распространению шума
- оптимальное размещение шумных машин, позволяющее минимизировать воздействие шума на рабочем месте;
- создание условий труда, при которых вредное воздействие шума не усугубляется наличием других неблагоприятных факторов;
- привлечение к работам лиц, не имеющих медицинских противопоказаний по шуму, и обеспечение прохождения ими регулярных медицинских обследований с применением средств аудиометрии;
- обучение работников правильному применению машин, уменьшающему риск появления у них профессиональной тугоухости;
- организацию профилактических мероприятий, ослабляющих неблагоприятное воздействие шума;

- составление комплексных программ сохранения слуха работников.

Повышенная загазованность воздуха рабочей зоны

На КС в случае повреждения оборудования или разгерметизации газопровода, сотрудник может столкнуться со следующим вредным веществом – природный газ (метан, 4 класс опасности)[27].

ПДК в воздухе рабочей зоны не превышает 7000 мг/м³ согласно ГН 2.2.5.685-98 Предельно допустимые концентрации (пдк) вредных веществ в воздухе рабочей зоны .

Сотрудники соблюдают меры предосторожности, а также используют средства индивидуальной защиты: спец. одежда, очки, перчатки, респиратор для защиты органов дыхания.

На КС рекомендуется применять средства индивидуальной защиты такие как: противогазы, респираторы, защитные маски и очки

Поражение электрическим током

На КС используется осветительная и силовая сеть с напряжением 220 В, которая является источником освещения бытовых, складских, конторских и промышленных объектов[28].

Таблица 33 – Максимальные напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки

Род тока	U, В	I, мА
	Не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменные, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Значения напряжений прикосновения и токов установленных для путей тока от одной руки к другой и от руки к ногам не превышают предельно допустимые согласно ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ.

Используются средства индивидуальной защиты рабочего персонала от поражения электрическим током:

- обеспечение недоступности токоведущих частей (кожухи, камеры), монтаж заземления;
- индивидуальные средства защиты (резиновые перчатки, резиновые сапоги)

Работа с ПЭВМ

На работника воздействует такой фактор как электромагнитное излучение ПК.

Таблица 34 – Предельно допустимые уровни облучения

Напряженность	Время контакта
10 мкРВт/см ²	8 часов
10-100 мкРВт/см ²	Не более 2-х часов
100-1000 мкРВт/см ²	Не более 20 минут

При работе с ПК через каждый час делается перерыв на 10-15 минут. Электромагнитное поле, создаваемое персональным компьютером, имеет сложный спектральный состав в диапазоне частот от 0 Гц до 1000 МГц, и в том числе мощность экспозиционной дозы мягкого рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана при любых положениях ПК не превышает 100 мкР/ч согласно СанПиН 2.2.2/2.4.2620-10 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ".

Применяются различные средства и методы защиты, такие как:

1. защита временем;
2. защита расстоянием;
3. экранирование источника излучения;
4. снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения;
5. Очки

Движущиеся машины и механизмы

На КС во время работы обслуживающего персонала при соприкосновении с движущимися частями оборудования возможно травмирование конечностей.

Движущиеся части оборудования являются потенциальным источником опасности, они оборудованы так, что возможность соприкосновения с ними минимальна согласно приказу от 27 ноября 2020 г. п 833н об утверждении правил по охране труда при размещении, монтаже, техническом обслуживании и ремонте технологического оборудования

Организационные меры по устранению возможных механических травм:

- Изучение правил правильной эксплуатации оборудования;
- Присутствие знаков безопасности и сигнальные цвета;
- Специальные сигналы, предупреждающие о запуске оборудования;

Технические меры по устранению возможных механических травм:

- Использование ограждений;
- Проверка пусковых и тормозных устройств;
- Своевременное устранение изъянов оборудования;

5.3. Экологическая безопасность

Влияние выбросов метана на литосферу, атмосферу и гидросферу оказывает губительное воздействие на окружающую среду.

Атмосферный воздух в районе КС загрязняется в основном вредными веществами как метан, содержащимися газопроводе.

Для уменьшения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и соблюдения санитарных норм на данной территории предусматриваются мероприятия:

- Полная герметизация технологического оборудования;

- Регулярная проверка оборудования на выявление утечек;
- При опустошении части газопровода производится удаление конденсата, скопившегося на дне;
- Прохождение периодических освидетельствований труб газопровода;

На гидросферу никакого влияния не оказывается, так как поблизости нет одного водоема, реки или озера.

На литосферу загрязняющие вещества оказывают серьезную угрозу, так как углеводородные загрязнители – это стойкие химические соединения, оказывающие губительное влияние на растительный покров вокруг КС.

С целью предотвращения загрязнений почв предусматриваются, ниже приведенные мероприятия:

- Планово проводится биологическая рекультивация нарушенных земель посевом;
- Внутритрубная диагностика газопровода на выявление дефектов газопровода и утечек

5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

На КС вероятны аварии, способствующие к появлению чрезвычайной ситуации, такие как – отключение электроэнергии, неисправность оборудования, разгерметизация газопровода или оборудования работающего под давлением, возникновение пожара. В следствие чего может произойти утечка сжиженных углеводородных газов, приводящее к взрыву газопровода[29].

Существует ряд превентивных мероприятий, направленных на предупреждение чрезвычайных ситуаций:

- Соблюдать контроль на объекте за выполнением правил противопожарной безопасности;
- Осуществляется контроль за соблюдением промышленной безопасности;

- Создаются резервы финансовых средств и материально-технических ресурсов для локализации и ликвидации чрезвычайной ситуации;
- Поддерживаются в исправном состоянии системы связи и оповещения;
- Заключаются договоры на случай возникновения ЧС с аварийно-спасательными службами;
- Производится планирование проведения эвакуаций сотрудников;

5.5. Пожаровзрывобезопасность на КС

Пожар – это неконтролируемое горение вне специального очага. Под пожарной безопасностью понимается состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивается защита материальных ценностей.

Согласно НПБ 105-03 по взрывопожарной и пожарной опасности помещение операторной в котором находятся 2 сотрудника относится к категории по взрывопожарной и пожарной опасности к ВЗ, класс зоны по ПУЭ П-Ша.

Для оповещения о возникновении пожара в каждом помещении установлены дымовые автономные пожарные извещатели, а оповещение о пожаре осуществляется подачей звуковых и световых сигналов во все помещения с постоянным или временным пребыванием людей, установлена аварийная вентиляция и пожарная автоматика[30].

Возникновение пожара на рассматриваемой КС обуславливается следующими факторами:

- нарушенная изоляция электрических проводов;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих компонентов.

Ответственность за обеспечение пожарной безопасности компрессорной станции лежит на ее руководителе. Он обеспечивает:

- а) круглосуточную охрану компрессорной станции;
- б) изучение и выполнение правил пожарной безопасности всеми работниками компрессорной станции;
- в) наличие и исправность технических средств тушения пожаров.

Компрессорная станция оснащается средствами первичного пожаротушения в соответствии с «Правилами противопожарного режима в Российской Федерации»[31] и "Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности"[32]:

Таблица 35 – оснащение КС первичными средствами пожаротушения

№ п/п	Наименование оборудования, материалов	Количество
1.	Пожарный автомобиль Урал АЦ-8,0-40	1
2.	Мотопомпа пожарная МП-13/80.01 «Гейзер»	1
3.	Огнетушитель ОП-50	10
4.	Огнетушитель ОП-10	20
5.	Огнетушитель ОП-8	10
6.	Огнетушитель ОП-5	10
7.	Огнетушитель ОУ-80	2
8.	Лопата совковая	10
9.	Лопата штыковая	10
10.	Багор	5
11.	Полотно противопожарное	5

В помещении, где располагаются сотрудники, присутствуют инструкции о действиях сотрудников при пожаре и способах оповещения аварийных служб.

Выводы

В данном разделе проведен анализ опасных и вредных факторов на рабочем месте работников КС «Парабель».

В разделе проработана нормативная база основанная, на материалах по охране труда и окружающей среды, а также безопасности в чрезвычайных ситуациях.

На КС «Парабель» работники соблюдают нормы и правила, предусмотренные законодательством РФ касательно компрессорных станций для предотвращения производственного травматизма.

Проанализировав данные, можно сделать вывод, что рабочее место соответствует нормативам, при условии соблюдения предложенных мероприятий по устранению опасных и вредных производственных факторов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной магистерской диссертации было рассмотрено, как производится подготовка природного газа к транспортировке посредством газопровода, состав сооружений и классификация газопроводов, были рассмотрены причины возникновения аварий на магистральном газопроводе и разобраны основные характеристики газа. Также в данной работе произведен анализ опасных факторов при эксплуатации МГ, рассмотрены система проведения сбора информации о произошедших инцидентах и авариях и анализе этой информации, средства обнаружения взрывопожароопасных веществ, механизмов контроля радиационной и химической обстановки, а также мероприятия, выполняемые на производстве, по локализации и ликвидации ЧС.

Произведен анализ опасных факторов на МГ. Проведена оценка вероятности возникновения аварийных ситуаций на МГ. Исходя из этой оценки был выявлен самый наихудший сценарий – это разрыв магистральном газопровода. Было построено дерево событий в результате разрыва МГ. Были рассчитаны критерии пожаровзрывоопасности при сгорании сжиженного углеводородного газа, а также расчет числа пострадавших при разрыве магистральном газопровода.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что взрыв магистральном газопровода в компрессорной станции приведет к большим разрушениям как самой КС, так и строений на близлежащей местности, а также человеческим жертвам. В результате аварии окружающей среде будет нанесен большой экологический вред, а собственнику магистральном газопровода причинен значительный экономический ущерб.

Для предотвращения риска возникновения ЧС предложены мероприятия, способствующие его уменьшению.

Исходя из предложенных мероприятий, был рассчитан экономический эффект, который составил 230404,5 тыс. рублей, что позволит предприятию понести меньшие потери и нанести меньший экологический ущерб.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

1. Еремин Д. С. Мероприятия по предупреждению травматизма на ООО "Газпром Трансгаз Томск" / Д. С. Еремин ; науч. рук. Ю. А. Амелькович // Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее : сборник научных трудов VIII Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых, 7 -12 октября 2019 г., г. Томск. — Томск : Изд-во ТПУ, 2019. — [С. 114].

2. Еремин Д. С. Разработка мероприятий по предупреждению возникновения чрезвычайной ситуации на автомобильной газозаправочной станции / Д. С. Еремин, Ю. А. Амелькович // Ресурсосберегающие технологии в контроле, управлении качеством и безопасности : сборник научных трудов IX Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых "Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее", 11-13 ноября 2020 г., г. Томск. — Томск : Изд-во ТПУ, 2021. — [С. 70-73].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Салюков, В.В. Магистральные газопроводы. Диагностика и управление техническим состоянием / В.В. Салюков. - М.: Недра, 2016. - 261 с.
2. Коршак, А. А. Компрессорные станции магистральных газопроводов. Учебное пособие / А.А. Коршак. - М.: Феникс, 2016. - 160 с.
3. Кульчечев В.М., Иванов Е.А., Дадонов Ю.А., Мокроусов С.Н. Трубопроводный транспорт природного газа, нефти и нефтепродуктов и его роль в обеспечении развития и стабильности топливноэнергетического комплекса // Безопасность труда в промышленности. - 2002. - №7. - с.4-10.
4. Мартынюка. - М.: Анализ опасностей, 2003. - 351 с. Андриянова М.А. Управление риском эксплуатации потенциально опасных объектов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Тулу, ТулГУ, 1999.
5. Арсеньев Ю.Н., Бушинский В.И., Фатуев В.А. Принципы техногенной безопасности производств и построения систем управления риском. ТулГУ, Тула, 1994. - 111 с. Мокроусов С.Н.
6. Пути повышения безопасности работы нефтегазового комплекса и систем магистрального трубопроводного транспорта // Безопасность труда в промышленности. - 2005. - №1. - с.18- 20.
7. "Ростехнадзо России" [Электронный ресурс]. – режим доступа:<http://www.gosnadzor.ru/>.
8. Гражданкин А.И., Дегтярев Д.В., Лисанов М.В., Печеркин А.С. Основные показатели риска аварии в терминах теории вероятностей // Безопасность труда в промышленности. - 2002. - №7. - с.35-39.
9. Мартынюк В.Ф., Прусенко Б.Е. Защита окружающей среды в чрезвычайных ситуациях. Москва, 2003.

- 10.Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. - М.: Наука, 1986. - 288 с.
- 11.Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. М.: Радио и связь, 1991. - 216 с.
- 12.Управление безопасностью магистральных газопроводов / В.А. Фатуев, С.А. Васин, В.И. Бушинский, В.М. Митин, К.А. Морозов; Под ред. д. т. н., проф., академика МАНЭБ В.А. Фатуева; изд.2-е; ТулГУ, М.: Недра, 2000. - 144 с.
- 13.Фатуев В.А., Митин В.М., Морозов К.А., Югфельд А.С. Теоретические основы построения систем управления риском опасных производств. - Учебное пособие. Тула, Тульский государственный университет, 2000. - 179 с.
- 14.Фатуев В.А., Морозов К.А., Югфельд А.С., Шадрин А.А. Обеспечение надежности магистральных газопроводов. - Тула: Гриф и К, 2003. - 130 с.
- 15.Чекинов Г.П., Чекинов С.Г. Ситуационное управление: состояние и перспективы // Информационные технологии. - 2004. - №2. - Приложение.
- 16.Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах (утв. Минтопэнерго РФ 01.11.1995 г.).
- 17.Техногенные системы и теория риска / А.В. Багров, А.К. Муртазов; Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина. - Рязань, 2010. -207 с.
- 18.Приказ МЧС РФ от 10 июля 2009 г. №404 « Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».
- 19.РД 03-496-02 Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах.
- 20.СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений».

- 21.ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность. Общие требования.
- 22.СанПиН 2.2.4.33.59-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».
- 23.ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
- 24.ГОСТ 12.1.003-2014 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».
- 25.ГН 2.2.5.685-98 предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
- 26.СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*.
- 27.СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
- 28.ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
- 29.ГОСТ 12.1.033-81 Пожарная безопасность. Термины и определения.
- 30.ГОСТ 30403-2012 Конструкции строительные. Метод испытаний на пожарную опасность.
- 31.Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 N 1479 (ред. от 21.05.2021) "Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации".
- 32.Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (последняя редакция) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

Приложение А

Features of natural gas

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ЕМ01	Еремин Дмитрий Сергеевич		

Руководитель ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Амелькович Юлия Александровна	к.т.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Ажель Юлия Петровна			

Analysis of ensuring the safety of the operation of main gas pipelines.

1. The nature of gas and its sale

When substances consisting of organic matter disintegrate, natural gas is formed. From oil-containing products, during their extraction, as a rule, another gas is released, which in turn has not passed the purification stage.

As long as the gas is present in the depths of the earth, it exists in the form of accumulations, under normal conditions in a gaseous state, or in dissolved form in water or oil.

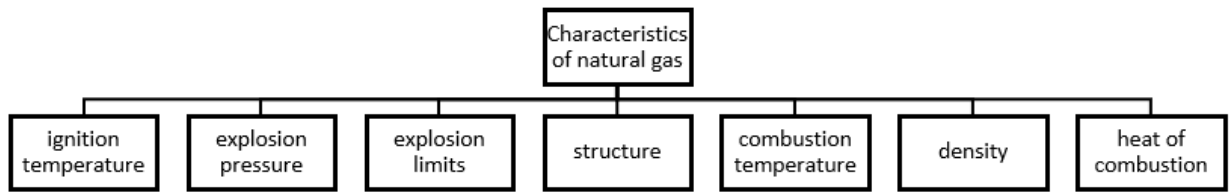


Figure 1 – Characteristics of natural gas

By its composition, the untreated gas mostly includes methane, the remaining small fraction consists of organic compounds and other impurities, which are shown in Figure 2.

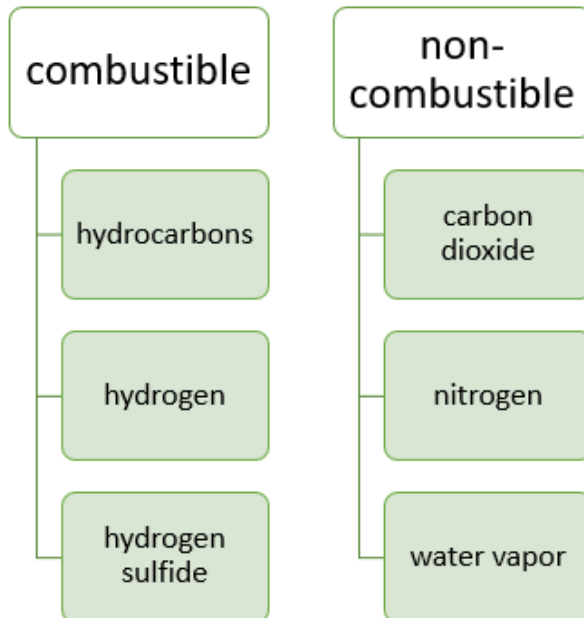


Figure 2 – Types of impurities.

The natural gas produced at the field is not visible to the human eye, and it is also impossible to feel it. In order for the consumer to determine the danger as a

result of a gas leak, he is given an artificial smell. Moreover, the saturation of the smell is such that a person feels gas when the volume of gas has reached 1%. At 4%, a person may die or if an open fire occurs, there may be a chance of an explosion.

Due to the fact that natural gas is the most inexpensive and most environmentally friendly type of fuel, its share in the global industry has grown significantly in recent decades. When using gas, the amount of pollutants released into the atmosphere is significantly lower compared to other fuels derived from oil and coal, the production of which is decreasing every year.

Gas is recognized as one of the best fuels used in the national economy. Natural gas is easily ignited and regulated during gorenje, does not emit smoke and soot, burns completely, leaving no ash and emits a large amount of thermal energy. The reserves of natural gas in the bowels of the Earth are huge.

Natural gas, in addition to being used in industry and the national economy, has found wide application in the life of people, and is also actively used as fuel for public and personal transport.

Most industrial enterprises that have boiler installations use gas as fuel. Chemical plants produce substances from natural gas that can be used for various types of materials. At the initial stages of the development of the gas industry, the use of natural gas was accompanied by frequent accidents, catastrophes, accidents (for example, gas horns used to light streets and premises in the XIX century, led to fires and poisoning of people), but with the development of technology, equipment, safety, the use of gas is now in industry and in everyday life it is no more dangerous than when using other types of fuel.

Natural gas consumption is uneven and depends on many factors. This is influenced by both the seasonality of fuel demand (winter, summer) and the temperature regime in the cold season (warm winter – cold winter). Another criterion is the presence of economic regions of the country with intensively developed industry, which also leads to increased consumption of natural gas compared to other territories.

For uninterrupted supply of natural gas to industrial areas in their locations, as well as near large cities, large-capacity gas storage facilities - gas tanks are being created. In order to save money, gas is stored underground. To do this, natural gas is pumped into underground voids formed after the depletion of deposits and the end of oil and gas production.

The creation of ground-based gas storage facilities with a large storage volume is not efficient and economically much more expensive than the underground storage method.

2. Formation and distribution of gas fields

Russia has the largest reserves of natural gas in the world and it has no equal in this indicator. Our country is the largest exporter of natural gas to different parts of the world.

Thanks to the large number of developed oil and gas structures and the transport network, the population and industry will be provided with cheap, productive fuel and material, but, unfortunately, this is not always possible.

Large natural gas deposits are located in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug in Russia. The Urengoy field is one of the largest fields in the world and the third largest field in the world with gas reserves of more than 10 trillion cubic meters.

More than 1,300 wells are operated at the field, which produced 762 billion m³ of natural gas in 2021.

Currently, the remaining natural gas reserves of the field amount to 10.5 trillion m³, which, in turn, accounts for 65.6% of the reserves of the Urengoy field.

Natural gas and oil have been formed in the bowels of the Earth for many millions of years. The primary material for the formation of oil and gas was the lowest layer of soil formed as a result of oxygen-free rotting of dead creatures, as well as minerals and calcium carbonate.

Due to evolutionary processes and time, the lowest layer of soil was transformed into a more elastic material under the weight of sediments deposited

on this layer, which contributed to the appearance of high pressure and temperature on it. Due to this, under the influence of a certain temperature, oil was formed, at a higher temperature, natural gas was formed.

Another source of formation of gas not purified from impurities, in which a volume significantly exceeding from other sources is extracted, was the lower layer of soil with various higher vegetation.

In the process of natural heating of sediments from botanical structures in shallow waters, sedimentary loose rock was formed, then coal with a higher specific heat of combustion, followed by a solid combustible mineral, which, in turn, is the starting material for gas production.

To extract gas, it is necessary to overcome a certain distance, since it is located deep in the bowels of the Earth. Novy Urengoy can be singled out as one of the many cities for gas production, because it is in it that the deepest natural gas well is located with a length of 6 kilometers.

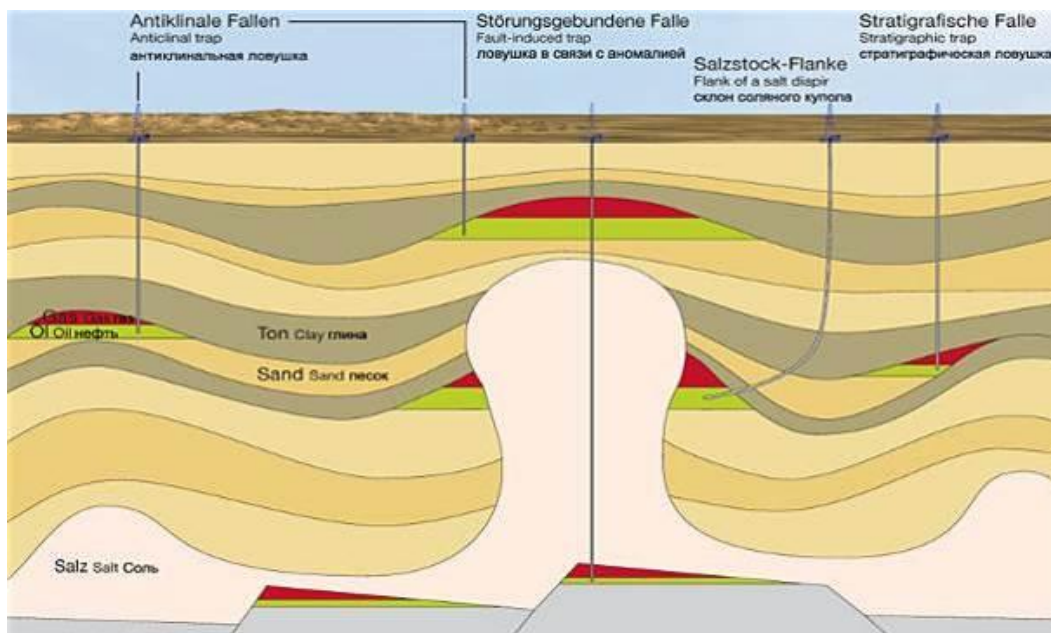


Figure 3 – Location of natural gas in the lithosphere

Natural gas is located in the pores of the earth under high pressure. In order for it to be in the well, it needs to get into a zone with a lower pressure. Due to this, it enters the collection system through the well to the surface.

Wells intended for the extraction of natural gas and oil from the layers of the earth are round-section workings with a diameter of no more than two meters. When drilling wells, automated equipment is used, since the presence of people on the territory is strictly prohibited to avoid accidents.

In order to drill a well in the bowels of the earth, a narrowly directional drilling rig is used, which is shown in Figure 4.

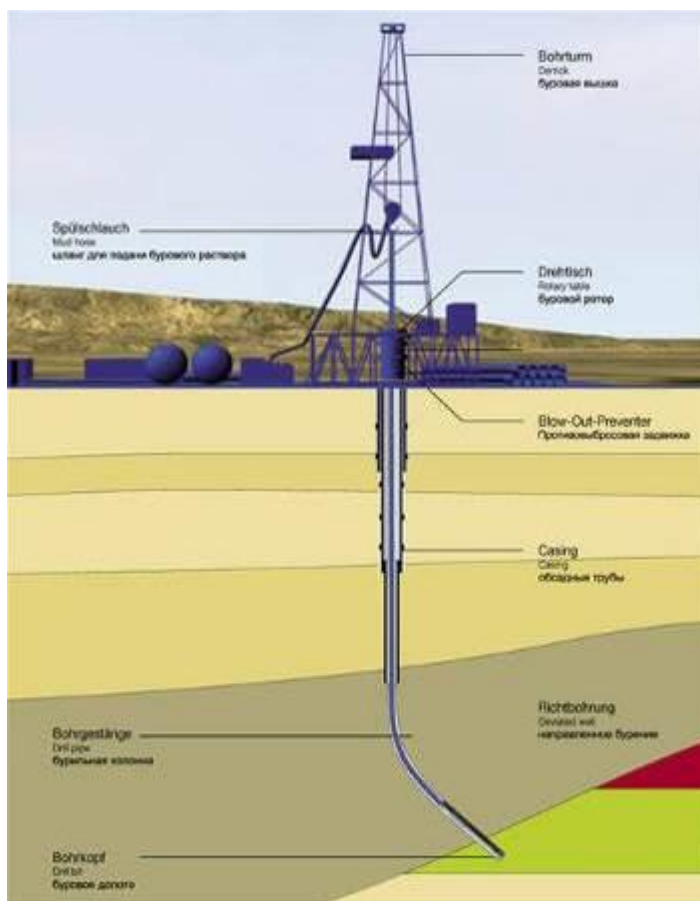


Figure 4 – Drilling rig

Wells are distributed evenly throughout the field in order to avoid changes in reservoir pressure, since there is a possibility of natural gas movement between the sections of the field, as well as to prevent flooding of the deposit.

3. Preparation of natural gas for transportation

In order for the consumer to be able to use natural gas extracted from the bowels of the earth, it is first prepared for transportation. Due to the presence of impurities in the gas that make it difficult to transport and use, it is impossible to supply it to the end user without preliminary preparation: drying (removal of water

vapor), removal of hydrogen sulfide, which causes severe corrosion of the equipment, leading to its failure, as well as removal of other harmful impurities. In order to ensure uninterrupted supply to the consumer, in addition to preparatory work with the gas itself, the necessary work is also carried out with the gas pipeline to maintain its condition that meets the conditions of gas transportation. For these purposes, nitrogen installations are used, through which conditions are created that prevent the transported gas from reacting with any substances (inert conditions).

There are several schemes for preparing gas for transportation from the production site to the final consumer. One of the schemes provides for the construction of complex equipment near the gas production site for preparing gas for its further transportation, on which it is processed. If there are impurities of other gases in the composition of natural gas, then such gas must be processed at a gas processing plant, as a result of which sulfur and helium are removed from the gas.

4. Structure of structures and classification of main gas pipelines

Before reaching the final consumer, gas passes through several stages of the technological chain, interconnected with each other. The steps are shown in Figure 5.

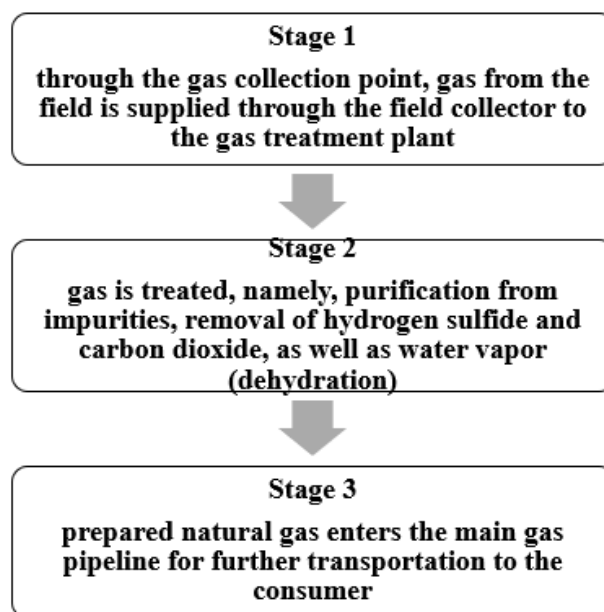
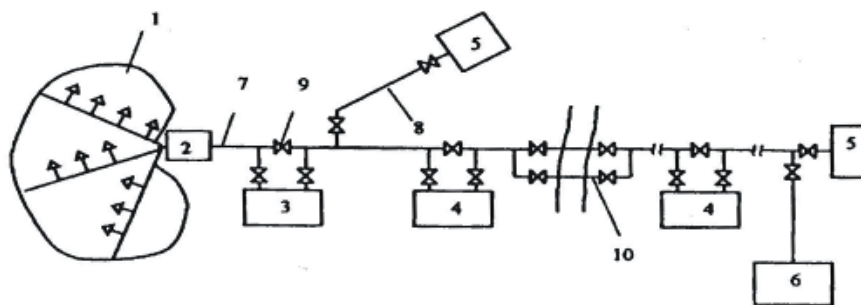


Figure 5 – Stages of the technological chain

The technological chain for the delivery of natural gas to the consumer is a single whole. The scheme of the main gas pipeline is shown in Figure 6.



1 - gas gathering networks; 2 – field gas collection point; 3 - head structures; 4 - compressor station; 5 - gas distribution station; 6 - underground gas storages; 7 - main pipeline; 8 - branches from the main pipeline; 9 - linear fittings; 10 - a two-line passage through a water barrier.

Figure 6 – Diagram of the main gas pipeline

The main gas pipeline is a whole complex of structures providing transportation and storage of gas, which is shown in Figure 7.

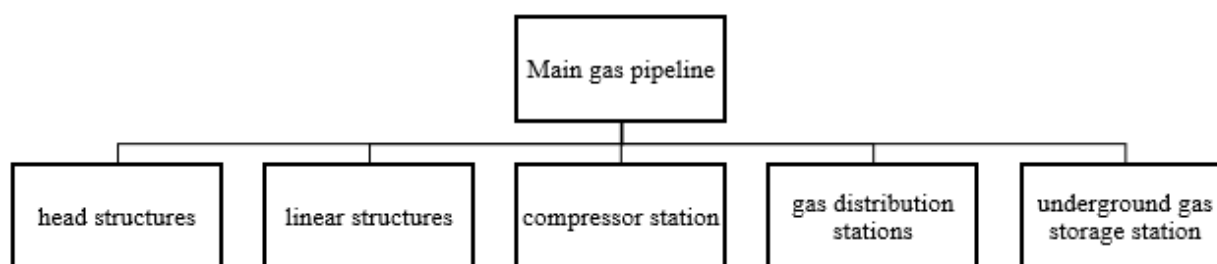


Figure 7 – The main objects of MG

Each element of the main gas pipeline is an important and integral part that ensures its uninterrupted operation. The head structures are designed for the preparation of natural gas for transportation, the implementation of its accounting and compression (injection under pressure necessary for gas transportation).

Due to the fact that with the overcoming of the gas distance, the pressure in the pipeline decreases, compressor stations are provided for the entire linear part, which are installed at a certain distance from each other to increase the pressure in the pipe. The largest part of them is equipped with a drive from gas turbines, the remaining part with an electric drive.

In order for the gas to be supplied to consumers, it is necessary to reduce its pressure in the pipe. For this purpose, gas distribution stations are provided, which, in turn, normalize it for further use by the consumer. In addition, certain organic substances are introduced into the gas, which give it a special smell that facilitates the detection of methane leaks.

In the future, from gas distribution stations, methane is transported to the gas pipelines of cities and villages to the places of its consumption. At the same time, in order for the pressure to be normal, gas regulation points are provided.

In large cities, the use of methane does not occur in equal volumes, which makes it necessary to build underground gas storage facilities next to them to smooth out emerging situations.

The composition of linear structures is shown in Figure 8.

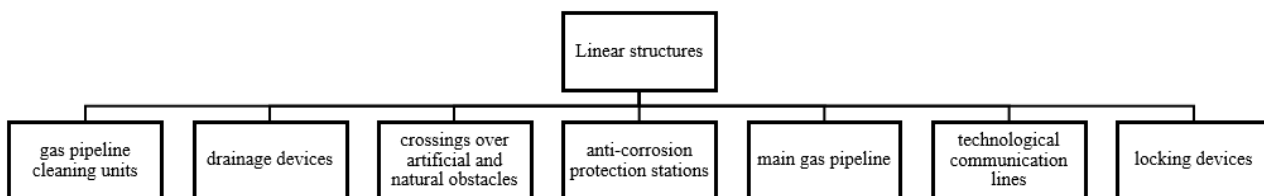


Figure 8 – Composition of linear structures

Cranes for shutting off the gas pipeline are installed at a certain interval. Cranes should be operated in manual and remote modes. The locking fittings include mechanisms that independently trigger in an emergency.

The gas pipeline may have several threads laid side by side. They are connected at a certain distance by jumpers with locking devices.

The composition of the main gas pipelines includes pipe storage sites, roads laid next to the place of passage of the gas pipeline, platforms for receiving small aircraft, communication channels, repair points of the linear maintenance service.

The composition of MG structures may vary depending on the operating conditions, for example, intermediate compressor stations may be absent on a small MG length. Depending on the presence or absence of specific impurities in the gas, the construction of installations for cleaning them (for example, hydrogen

sulfide, carbon dioxide) is not caused by technological necessity and such installations may be absent.

MG are divided into classes depending on the pressure under which they work. The classes are shown in Figure 9.

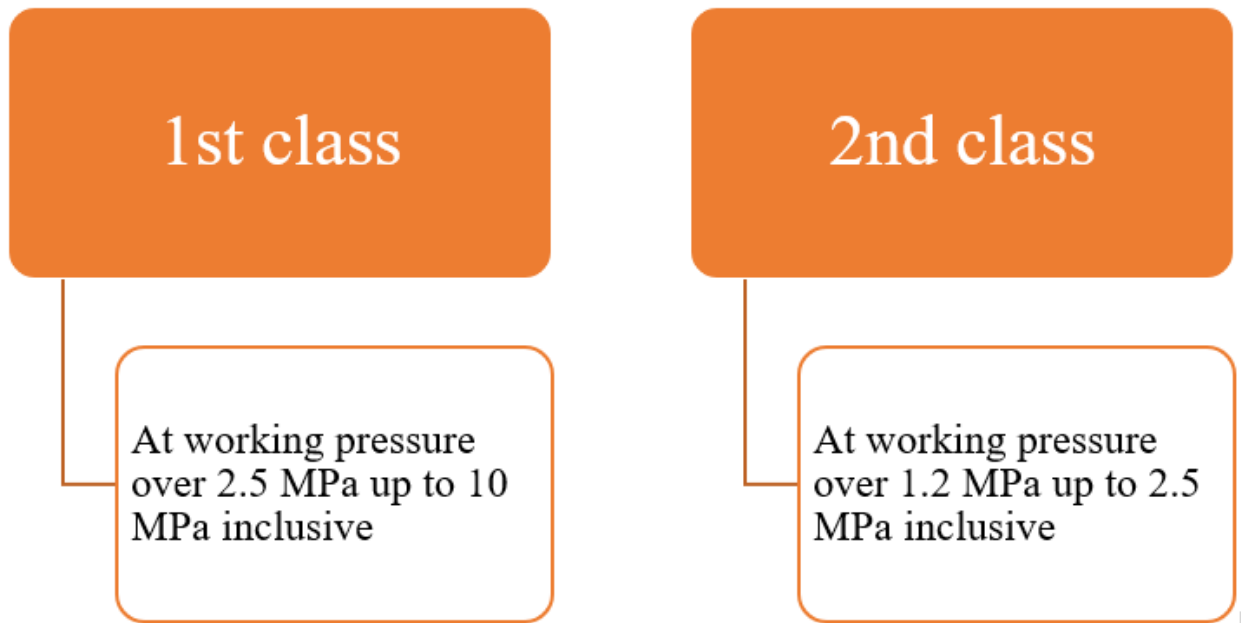


Figure 9 – Working pressure classes MG

Gas pipelines operating under a pressure of less than 1.2 MPa are not classified as MG. The radius of the gas pipeline can reach 710 mm, and their length reaches hundreds of kilometers.

One of the most important elements of the gas supply system is a gas pipeline, the construction of which accounts for 70 to 80% of all costs.

The gas pipeline, depending on its purpose, is divided into 3 classes. The scheme is shown in Figure 10.

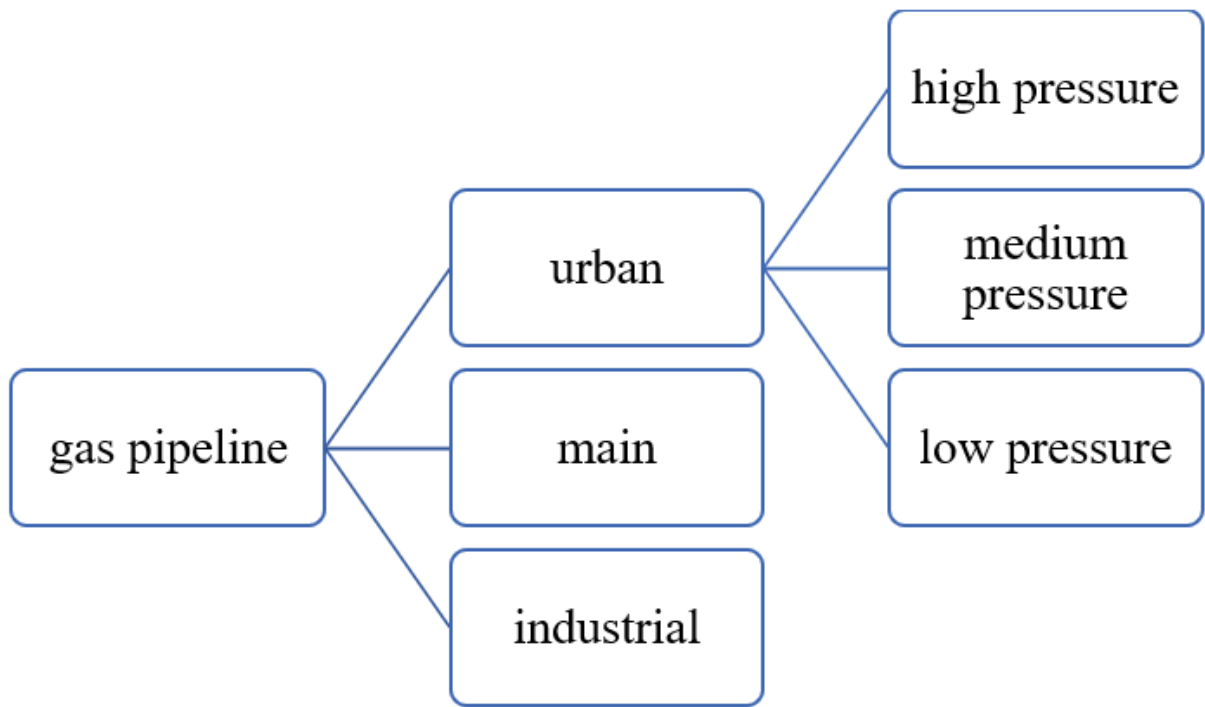


Figure 10 – Diagram

There are several stages of gas supply systems for cities, villages and villages.

The first one participates in the supply of gas to the consumer through low-pressure networks.

The second is involved in the supply of gas to the consumer via medium-low or high-low pressure networks.

The third is involved in the supply of gas to the consumer through high, medium and low pressure networks.

These gas supply systems distribute methane to consumers through pipelines of different categories, which are shown in Figure 11.

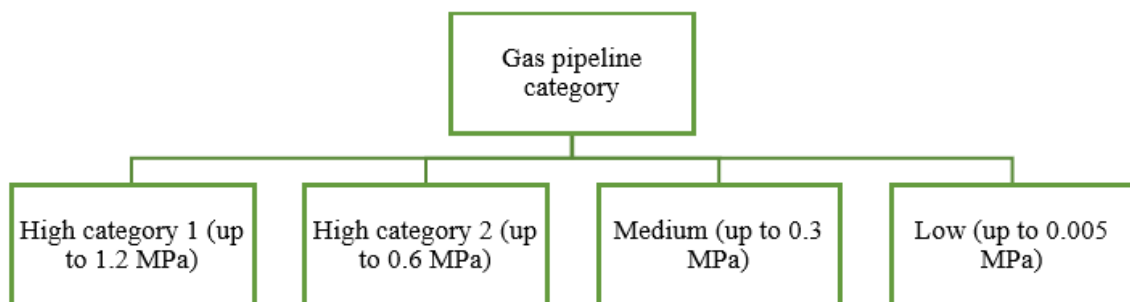


Figure 11 – Categories of the gas pipeline

Distribution gas pipelines of all pressures, GRS, and hydraulic fracturing are an integral part of the gas supply system. In order to ensure the safety of consumers, the gas supply system must be reliable.

The high-pressure pipeline feeds gas storage facilities and large enterprises through gas distribution stations.

The medium-pressure pipeline supplies methane through the control points to industrial enterprises and to the economic sector for servicing the population.

Low-pressure pipelines provide gas to the residential sector and small utility companies.

To ensure normal operation, taking into account the pressure difference, the pipelines are interconnected by means of gas control points and installations.

The types of location of gas pipelines are shown in Figure 12.

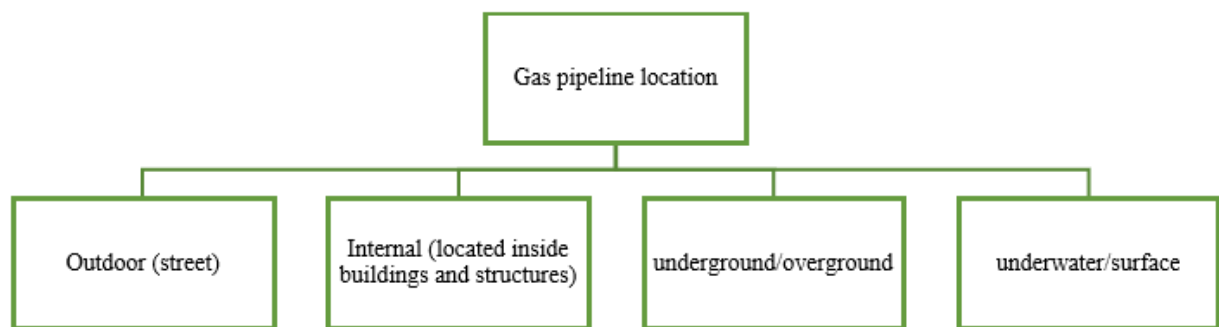


Figure 12 – Types of location of gas pipelines.

Depending on their purpose, gas pipelines are divided into:

- introductory;
- reset;
- distribution;
- intermediate;
- gas pipelines-inputs;
- purge.

Gas pipelines can be made of metal (steel, copper) or non-metallic material (polyethylene). Steel pipes are used in the laying of main gas pipelines, while non-metallic pipes are usually used inside buildings and structures when there are no sudden temperature changes.

5. Statistics of accidents at the facilities of the main gas pipeline

Over the past year, 20 accidents and no deaths were recorded during the operation of main gas pipelines. In comparison with previous years, this is a good indicator.

The sources contributing to the occurrence of emergency situations and violating the stability of MG facilities include: outdated equipment of gas boilers, wear of equipment of underground gas pipelines, gas control points that have fulfilled their regulatory period, requiring immediate repair. It is also possible to attribute an insufficient level of shifting and diagnostics of unreliable gas pipelines.

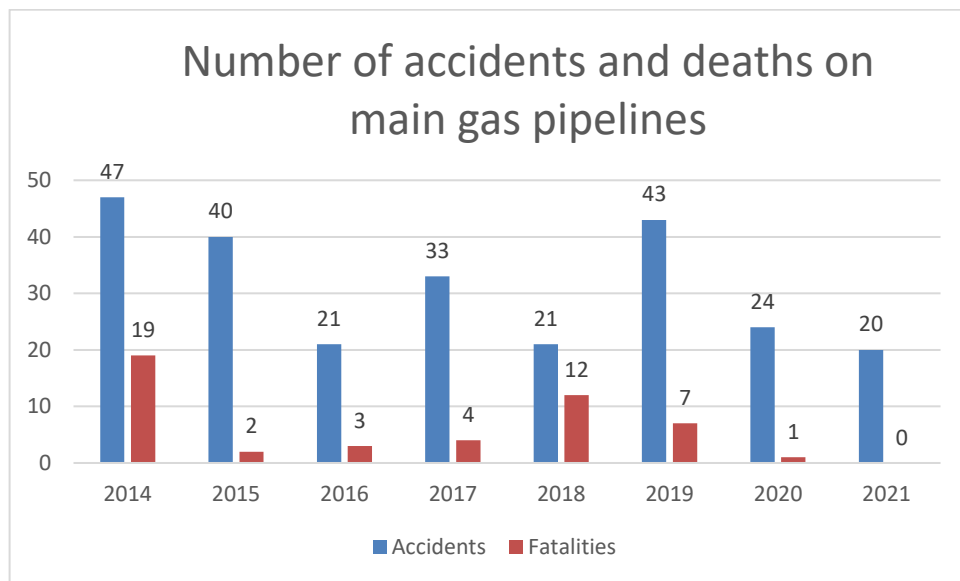


Figure 13 – Histogram

From the histogram, it can be concluded that the risk of accidents and fatal accidents, although decreasing, still remains.

Приложение Б

Таблица Б 1 – Характеристика классов пространства, окружающего место аварии

№ класса	Характеристика пространства
1	Наличие труб, полостей и т.д.
2	Сильнозагроможденное пространство: наличие замкнутых объемов, высокая плотность размещения технологического оборудования, лес, большое количество повторяющихся препятствий
3	Сильнозагроможденное пространство: отдельно стоящие технологические установки, резервуарный парк
4	Слабозагроможденное пространство и свободное пространство

Таблица Б 2 – Классификация взрывоопасных веществ

Класс 1	Класс 2	Класс 3	Класс 4
Ацетилен	Акрилонитрат	Ацетальдегид	Бензол
Винилацетилен	Акролеин	Ацетон	Дизтопливо
Водород	Аммиак	Бензин	Дихлорбензол
Гидразин	Бутан	Винилацетат	Додекан
Метилацетилен	Бутилен	Винилхлорид	Керосин
Нитрометан	Пентадиен	Гексан	Метан
Окись пропилена	Пропан	Генераторный газ	Метилбензол

Таблица Б 3 – Режимы взрывного превращения облакоов топливно-воздушных смесей

Класс топлива	Класс окружающего пространства			
	1	2	3	4
1	1	1	2	3
2	1	2	3	4
3	2	3	4	5
4	3	4	5	6

Таблица Б 4 – Вспомогательные коэффициенты (а) для определения размеров зон разрушений зданий от ударной волны

Степень разрушения	Тип зданий	Режим взрывного превращения					
		1	2	3	4	5	6
Полная	П	1,71	1,66	1,58	1,52	1,42	1,32
	А	1,91	1,82	1,67	1,62	1,52	1,42
Сильная	П	2,06	1,96	1,82	1,77	1,67	1,57
	А	2,16	2,06	1,92	1,87	1,77	1,67
Средняя	П	2,26	2,21	2,02	1,97	1,82	1,77
	А	2,36	2,35	2,27	2,17	2,02	1,97
Слабая	П	2,53	2,46	2,42	2,32	2,22	2,17
	А	2,71	2,66	2,62	2,52	2,42	2,32

Таблица Б 5 – Вспомогательные коэффициенты (а) для определения зон поражения людей воздушной ударной волны

Номер зоны и вероятность поражения людей, %	Режим взрывного превращения					
	1	2	3	4	5	6
99	1,51	1,43	1,41	1,38	1,35	1,34
90	1,60	1,46	1,45	1,44	1,43	1,42
50	1,66	1,52	1,50	1,49	1,48	1,47
10	1,72	1,62	1,60	1,59	1,58	1,57
1,0	1,79	1,70	1,69	1,68	1,65	1,64
Порог поражения	1,85	1,78	1,76	1,74	1,72	1,70