

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

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработки мероприятий по предупреждению аварийных ситуаций на опасном производственном объекте

УДК 614.8:622.691.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E81	Абасова Диана Руслановна		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор ОСГН	Гасанов М.А.	д.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева И.И.	—		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вторушина А.Н.	к.х.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ПО НАПРАВЛЕНИЮ

20.03.01 Техносферная безопасность

Код компетенции	Наименование компетенций
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Демонстрировать понимание сущности и значения информационных технологий в развитии современного общества и для ведения практической инновационной инженерной деятельности в области техносферной безопасности.
УК(У)-2	Способность эффективно работать самостоятельно, в качестве члена и руководителя интернационального коллектива при решении междисциплинарных инженерных задач с осознанием необходимости интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования.
УК(У)-3	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.
УК(У)-4	Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы, применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности.
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Способность ориентироваться в основных нормативно-правовых актах в области обеспечения безопасности
ОПК(У)-3	Способность ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности, обоснованно выбирать известные устройства, системы и методы защиты человека и окружающей среды от опасностей
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-5	Применять методы и средства мониторинга техносферных опасностей с составлением прогноза возможного развития ситуации.
ПК(У)-6	Уметь выбирать, применять, оптимизировать и обслуживать современные системы обеспечения техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов.
ПК(У)-7	Уметь организовать деятельность по обеспечению техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателя, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов
ПК(У)-8	Уметь оценивать механизм, характер и риск воздействия техносферных опасностей на человека и природную среду.
ПК(У)-9	Применять методы и средства мониторинга техносферных опасностей с составлением прогноза возможного развития ситуации.

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
20.03.01 Техносферная
безопасность
_____ А.Н. Вторушина
04.02.2022 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
1E81	Абасовой Диане Руслановне

Тема работы:

Разработка мероприятий по предупреждению аварийных ситуаций на опасном производственном объекте	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	12.01.2022 № 12-30/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

02.06.2022 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Газораспределительная станция на территории г. Томска.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Обзор литературных источников с целью изучения условий безопасной эксплуатации газораспределительных станций и анализа причин возникновения чрезвычайных ситуаций на подобных объектах. Составление модели развития чрезвычайных ситуаций на исследуемом объекте (за головное

	событие принять взрыв на станции). Проведение расчетов для определения масштаба последствий в результате взрыва газораспределительной станции. Предложение инженерно-технических мероприятий направленных на предупреждение чрезвычайных ситуаций.
Перечень графического материала	Таблицы, рисунки
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гасанов М.А.
Социальная ответственность	Авдеева И.И.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	04.02.2022 г.
-------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Задорожная Т.А.	к.т.н.		04.02.2022 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E81	Абасова Диана Руслановна		04.02.2022 г.

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность
Уровень образования магистратура
Отделение контроля и диагностики
Период выполнения весенний семестр 2021/2022 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы: 02.06.2022 г.

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.2022 г.	Разработка раздела «Обзор литературы», подбор литературы	20
06.04.2022 г.	Разработка раздела «Объект и методы исследования», рассмотрение методов оценки рисков	10
20.04.2022 г.	Раздел «Исследование причин и последствий ЧС на ГРС», изучение причин возникновения аварийных ситуаций	15
04.05.2022 г.	Раздел «Исследование причин и последствий ЧС на ГРС», расчет параметров поражения в результате взрыва, предложение инженерно-технических мероприятий	15
11.05.2022 г.	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
07.06.2022 г.	Оформление ВКР	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Задорожная Т.А.	к.т.н.		04.02.2022

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП 20.04.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вторушина А.Н.	к.х.н.		04.02.2022

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 1E81		ФИО Абасовой Диане Руслановне	
Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение (НОЦ)	Отделение контроля и диагностики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

Тема ВКР:

Разработка мероприятий по предупреждению аварийных ситуаций на опасном производственном объекте	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение	<p><i>Объект исследования:</i> газораспределительная станция (ГРС), расположенная в городе Томске. <i>Область применения:</i> газовая промышленность. <i>Рабочая зона:</i> производственное помещение. <i>Размеры помещения:</i> 12*4м. <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> система автоматического управления, персональный компьютер. <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> контроль параметров работы ГРС, поддержание работоспособности всех систем ГРС, обход станции и осмотр её технологических узлов, поддержание чистоты на территории станции.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:	<p>Федеральный закон "О специальной оценке условий труда" от 28.12.2013 № 426-ФЗ; Постановление от 28 января 2021 года № 3 Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 2.1.3684-21 "Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий"; ГОСТ 34741-2021. Требования к эксплуатации сетей газораспределения природного газа; Приказ от 15 декабря 2020 года № 536. Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением.</p>
2. Производственная безопасность при эксплуатации	<p>Вредные факторы: 1. Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса; 2. Повышенный уровень локальной вибрации; 3. Повышенный уровень шума; 4. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; 5. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего; 6. Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса.</p> <p>Опасные факторы: 1. Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним, а также жала насекомых, зубы, когти, шипы и иные части тела живых организмов, используемые ими для защиты или нападения, включая укусы; 2. Движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу</p>

	<p>работающего;</p> <p>3. Производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аномальным физическим состоянием воздуха;</p> <p>4. Факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги и обморожения тканей организма человека;</p> <p>5. Факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии.</p> <p>6. Опасность поражения током из-за короткого замыкания.</p> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: костюм защитный, каска защитная, очки защитные, ботинки для защиты от механических воздействий, противошумные наушники, средства защиты органов дыхания (противогаз), изоляция трубопроводов, устройства защитного заземления, устройства дистанционного управления, молниеотвод, предупредительные вывески, ограждения.</p>
3. Экологическая безопасность при эксплуатации	<p>Воздействие на селитебную зону: загрязнение воздуха из-за пожара при аварии на ГРС. Необходимый размер санитарно-защитной зоны – 500 м (для предприятий второго класса опасности).</p> <p>Воздействие на литосферу: попадание одоранта в почву, нарушение почвенного покрова, уничтожение (повреждение) лесных насаждений, утилизация люминесцентных ламп, макулатуры, отработавшего оборудования.</p> <p>Воздействие на гидросферу: попадание одоранта в подземные воды, продукты жизнедеятельности персонала.</p> <p>Воздействие на атмосферу: загрязнение атмосферного воздуха продуктами сгорания, выбросы метана.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	<p>Возможные ЧС: разрыв газопровода с утечкой газа, разрыв газопровода с воспламенением газа, взрыв, разлив одоранта, лесной пожар (и другие природные катастрофы).</p> <p>Наиболее типичная ЧС: разрыв газопровода с утечкой газа.</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна	—		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E81	Абасова Диана Руслановна		

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

Студенту:

Группа 1E81	ФИО Абасовой Диане Руслановне
-----------------------	-----------------------------------------

Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение школы (НОЦ)	Отделение контроля и диагностики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя – 30000 руб. Оклад инженера – 15000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Премиальный коэффициент руководителя 30%; Премиальный коэффициент инженера 20%; Доплаты и надбавки руководителя 30%; Доплаты и надбавки инженера 30%; Дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 1,3%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30,2 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определение потенциального потребителя результатов исследования, SWOT-анализ разработанной стратегии
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение структуры работы. Расчет трудоемкости выполнения работ. Подсчет бюджета исследования
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Рассчитать показатели финансовой эффективности, ресурсоэффективности и эффективности исполнения

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	04.03.2022
-------------------------------------------------------------	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор ОСГН	Гасанов М.А.	д.э.н.		4.03.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E81	Абасова Диана Руслановна		4.03.2022

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 99 страниц, 12 рисунков, 23 таблицы, 43 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: газораспределительная станция, оценка риска, взрыв на газораспределительной станции, чрезвычайная ситуация.

Объектом исследования является газораспределительная станция, расположенная на территории города Томска. Предметом исследования является безопасность на опасном производственном объекте.

Цель работы – разработка мероприятий по предупреждению аварийных ситуаций при эксплуатации газораспределительной станции на основе оценки риска чрезвычайных ситуаций на опасных производственных объектах.

В процессе исследования проводился анализ потенциальных опасностей на газораспределительной станции, которые могут привести к взрыву. На основании анализа была построена модель развития чрезвычайной ситуации. При реализации аварийной ситуации – взрыве – были рассчитаны такие параметры поражения, как интенсивность теплового излучения, время существования огненного шара, размеры возможного пожара, радиусы зон разрушения и зон поражения людей. В результате исследования были предложены мероприятия, направленные на предупреждение возникновения чрезвычайной ситуации и повышение уровня безопасности исследуемого объекта.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- ГРС – газораспределительная станция;
- ЁХО – ёмкость хранения одоранта;
- ИТСО – инженерно-технические средства охраны;
- КИПиА – контрольно-измерительные приборы и оборудование;
- КР – капитальный ремонт;
- ОПО – опасный производственный объект;
- САЗ – средства антитеррористической защиты;
- САУ – система автоматического управления;
- СИЗОД – средство индивидуальной защиты органов дыхания;
- ПДК – предельно допустимая концентрация;
- ПМЛА – план мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий;
- ТО-1 – первое техническое обслуживание;
- ТО-2 – второе техническое обслуживание;
- ТР – технический ремонт;
- ЧС – чрезвычайная ситуация;
- ЭО – эксплуатирующая организация;
- ЭХЗ – электрохимическая защита.

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. Российская Федерация. Законы. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон № 116-ФЗ: [принят Государственной Думой 20 июня 1997 года]. – Москва, 2021 – 27с. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/9046058>. – Текст: электронный.

2. ГОСТ 5542-2014. Газы горючие природные промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия: дата введения 2015-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200113569>. – Текст: электронный.

3. Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»: постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 г. № 2. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>. – Текст: электронный.

4. ГОСТ Р 58771-2019. Менеджмент риска. Технологии оценки риска. – 2019. Технологии оценки риска: дата введения 2020-03-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200170253>. – Текст: электронный.

5. СП 42-101-2003. Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб. Дата введения 2003-07-08. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200032042>. – Текст: электронный.

6. ГОСТ Р 12.3.047-2012. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля: дата введения 2014-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200103505>. – Текст: электронный.

7. Об утверждении Руководства по безопасности «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей»: приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 31 марта 2016 г. № 137. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/420347905>. – Текст: электронный.

8. Российская Федерация. Правительство. Об утверждении Положения о разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах: постановление Правительства Российской Федерации от 15 сентября 2020 года № 1437. – Доступ из справочно-правовой системы Консультант Плюс. – Текст: электронный.

9. Российская Федерация. Законы. О специальной оценке условий труда: Федеральный закон № 426-ФЗ: [принят Государственной Думой 23 декабря 2013 года]. – Москва, 2013. – 28 с. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/499067392>. – Текст: электронный.

10. Российская Федерация. Трудовой кодекс Российской Федерации: Федеральный закон № 197-ФЗ: [принят Государственной Думой 21 декабря 2001 года]. – Москва, 2022. – 142 с. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901807664>. – Текст: электронный.

11. ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – 1978. Общие эргономические требования: дата введения 1979-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003913>. – Текст: электронный.

12. О введении в действие новой редакции санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов»: постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 25 сентября 2007 года № 74 – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902065388>. – Текст: электронный.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	15
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	16
1.1 Класс опасности ГРС	16
1.2 Назначение и устройство ГРС	18
1.3 Основные причины и факторы реализации чрезвычайных ситуаций на ГРС	21
1.4 Общие меры по снижению вероятности реализации аварий на ГРС	24
1.5 План мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий	27
1.6 Основные принципы обеспечения безопасности населения при аварии на ГРС	28
2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	30
2.1 Описание объекта	30
2.2 Методы исследования	33
3. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН И ПОСЛЕДСТВИЙ ЧС НА ГРС	36
3.1 Моделирование возможных сценариев развития ЧС на ГРС	36
3.2 Экспертная оценка	39
3.3 Расчет параметров поражения в результате взрыва на ГРС	45
3.3.1 Расчет массы горючего вещества	45
3.3.2 Расчет интенсивности теплового излучения и времени существования огненного шара	46
3.3.3 Определение радиусов зон разрушений	48
3.3.4 Определение радиусов зон поражения людей	50
3.3.5 Расчет размеров возможного пожара	52
3.4 Мероприятия по снижению вероятности реализации аварий на ГРС	53
4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	56
4.1 Введение	56
4.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	56
4.3 Производственная безопасность	58
4.4 Экологическая безопасность	64
4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	66

4.6 Вывод к разделу	68
5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ	69
5.1 Введение	69
5.2 Потенциальные потребители результатов исследования.....	70
5.3 Анализ конкурентных технических решений.....	70
5.4 SWOT-анализ.....	72
5.5 Планирование работ по научно-техническому исследованию.....	75
5.5.1 Структура работ в рамках научного исследования	75
5.5.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	76
5.5.3 Разработка графика проведения научного исследования	78
5.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	82
5.6.1 Расчет материальных затрат НТИ	82
5.6.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ.....	83
5.6.3 Основная заработная плата исполнителя темы	84
5.6.4 Расчет дополнительной заработной платы	87
5.6.5 Отчисления во внебюджетные фонды	87
5.6.6 Накладные расходы.....	88
5.6.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	89
5.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ..	90
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	92
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	94
ПРИЛОЖЕНИЕ А	99

ВВЕДЕНИЕ

Нарастание использования газа и рост промышленного производства в современных реалиях неминуемо ведет к возрастанию числа аварий и масштабов их последствий, связанных с массивным выбросом токсичных и взрывоопасных веществ в окружающую среду. По этой причине возникает необходимость использования научно-обоснованных подходов для обеспечения защиты людей и охраны окружающей среды. Эксплуатация газораспределительной станции (ГРС) связана с большим риском, так как ГРС требует качественного и грамотно организованного надзора за всеми технологическими процессами для своей безопасной работы. Оценка риска аварии на газораспределительной станции – неотъемлемая часть системы управления промышленной безопасностью, которая позволяет применять полученную информацию для идентификации и предотвращения вероятных нежелательных событий.

Цель работы – разработка мероприятий по предупреждению аварийных ситуаций при эксплуатации газораспределительной станции на основе оценки риска чрезвычайных ситуаций на опасных производственных объектах.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. изучение устройства газораспределительной станции, ее характеристик и назначение.
2. анализ основных причин и факторов реализации чрезвычайных ситуаций при эксплуатации газораспределительных станций;
3. создание модели развития чрезвычайной ситуации на исследуемом объекте;
4. разработка мер по снижению вероятности реализации чрезвычайной ситуации.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Класс опасности ГРС

В качестве изучаемого объекта была выбрана газораспределительная станция (ГРС) города Томска. Для дальнейшего изучения газораспределительной станции необходимо ознакомиться с понятием опасных производственных объектов и обосновать принадлежность ГРС к ним.

Из Федерального закона №116: «Опасными производственными объектами в соответствии с настоящим Федеральным законом являются предприятия или их цехи, участки, площадки, а также иные производственные объекты, указанные в Приложении 1 к настоящему Федеральному закону» [1]. В Приложении 1 данного федерального закона указано, что опасными производственными объектами являются объекты, на которых: «получаются, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются в указанных в приложении 2 к настоящему Федеральному закону количествах опасные вещества следующих видов: горючие вещества – жидкости, газы, способные самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления; взрывчатые вещества – вещества, которые при определенных видах внешнего воздействия способны на очень быстрое самораспространяющееся химическое превращение с выделением тепла и образованием газов».

Таким образом, газораспределительные станции являются опасными производственными объектами. Для таких объектов предписываются особые меры и требования для безопасной эксплуатации, а также меры для предупреждения аварий, гарантирования подготовленности эксплуатирующих опасные производственные объекты юридических лиц и

индивидуальных предпринимателей к ликвидации и локализации последствий аварий [2].

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

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

Согласно ФЗ № 116 для газораспределительных станций, сетей газораспределения и сетей газопотребления устанавливаются следующие классы опасности:

– «II класс опасности (опасные производственные объекты высокой опасности) – для опасных производственных объектов, предназначенных для транспортировки природного газа под давлением свыше 1,2 мегапаскаля или сжиженного углеводородного газа под давлением свыше 1,6 мегапаскаля;

– III класс опасности (опасные производственные объекты средней опасности) – для опасных производственных объектов, предназначенных для транспортировки природного газа под давлением свыше 0,005 мегапаскаля до 1,2 мегапаскаля включительно или сжиженного углеводородного газа под давлением свыше 0,005 мегапаскаля до 1,6 мегапаскаля включительно».

Следовательно, газораспределительные станции могут иметь второй или третий класс опасности, в зависимости от давления, под которым транспортируется газ.

1.2 Назначение и устройство ГРС

Газораспределительная станция (ГРС) – технологический комплекс, присоединенный к линейной части магистрального газопровода, предназначенный для изменения параметров природного газа перед подачей в сети газораспределения для его потребления. Основные технологические процессы, которые совершаются на газораспределительных станциях [3]:

- снижение давления;
- одоризация;
- учёт количества газа;
- очистка газа от твёрдых и жидких примесей.

Газораспределительные станции можно классифицировать следующим образом:

–станции индивидуального проектирования. Данный тип конструкций в большинстве случаев находится около населенных пунктов;

–блочно-комплексные газораспределительные станции. Строительство такого типа строений позволяет значительно уменьшить время и количество средств, затрачиваемых на сооружение;

–автоматические станции. Данные станции обладают таким же набором узлов и дополнительного оборудования, как и предыдущие типы станций. Главное отличие и преимущество автоматических станций – отсутствие работников на объекте.

Основные узлы ГРС [4]:

- узел переключения: используется при переключении потока газа высокого давления с автоматического на ручное регулирование давления;
- узел очистки газа и сбора газового конденсата: на данном узле происходит предотвращение поступления твердых и жидких механических

загрязнений в технологическое, газорегуляторное оборудование и другие виды оборудования;

–узел предотвращения гидратообразования: на данном узле происходит предотвращение замерзания арматуры и газопроводов, а также предотвращение образования гидратных пробок;

–узел подготовки газа для собственного использования;

–узел редуцирования: на данном узле происходит снижение давление газа и не регулируемое персоналом автоматическое поддержание заданного давления;

–узел подготовки теплоносителя;

–узел учёта газа: на данном узле происходит подсчет количества используемого газа;

–узел одоризации газа: на этом узле используются вещества, которые добавляют в газ, они придают газу специфический характерный запах. Одоризация позволяет вовремя определять утечку газа потребителями, не используя специальных приспособлений.

Также газораспределительные станции содержат дополнительные вспомогательные устройства, системы [5]:

–ЭХЗ – электрохимическая защита;

–контроля загазованности;

–контроля и автоматики;

–водоснабжения и канализации;

–связи и телемеханики;

–отопления и вентиляции;

–охранной сигнализации;

–электроосвещения, молниезащиты, защиты от статического электричества.

На Рисунке 1 представлена схема газораспределительной станции с ее основными узлами.

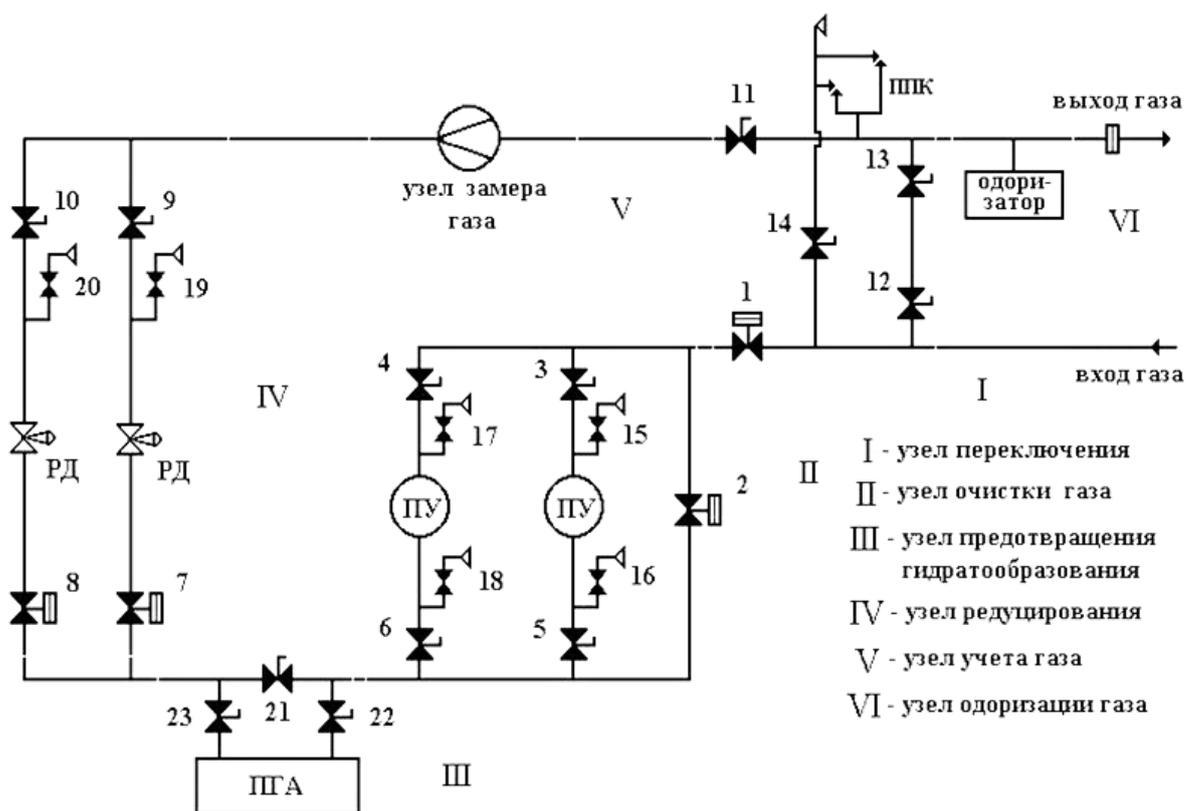


Рисунок 1 – Схема ГРС с основными узлами

Газ на газораспределительной станции проходит следующий путь. Из магистрального газопровода газ поступает в блок переключения и идет на узел очистки. В качестве очистных устройств чаще всего используются циклонные пылеуловители. Далее газ проходит через узел предотвращения гидратообразований. Затем газ направляется в узел автоматического регулирования давления. Здесь давление газа снижается (происходит редуцирование), осуществляется поддержание давления газа на заданном уровне. Далее газ поступает в узел учета для контролирования объемов потребления. Затем происходит одоризация газа.

Манометры производят замеры давления газа на входе и выходе из системы. В случае увеличения давления газа, происходит срабатывание предохранительно-сбросной клапан, он выводит лишней газ в атмосферу. Вывод газа производится через газовую свечу.

1.3 Основные причины и факторы реализации чрезвычайных ситуаций на ГРС

В таблице 1 представлена статистика аварийности на объектах газораспределения и газопотребления за пять лет, основанная на ежегодных отчетах о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) [6].

Таблица 1 – Распределение аварий по видам на опасных производственных объектах газораспределения и газопотребления

Вид аварий	Количество аварий				
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Механические повреждения газопроводов при монтажных работах	14	23	8	8	5
Механические повреждения газопроводов автотранспортом при монтажных работах	0	4	3	4	2
Повреждения из-за природных явлений	2	3	0	2	1
Коррозия	1	2	4	0	1
Разрыв сварных швов	0	0	1	0	1
Утечка газа из-за выхода из строя оборудования	0	4	0	1	0
Неисправности котлов в узле подогрева	2	2	3	0	2
Иное	0	3	2	3	0
Всего:	19	41	21	18	12

Согласно статистике, монтажные дефекты часто являются причиной утечки газа. Такие дефекты происходят в следствие нарушений технологий и последовательностей действий при монтаже оборудования и прокладки газопроводов.

Природные явления, которые могут оказать негативное влияние на станцию многочисленны: землетрясения, наводнения, ураганы, удары

молний, лесные пожары и т.д. На каждой станции должны проводиться свои мероприятия по предотвращению влияния природных явлений, в зависимости от географических и климатических особенностей расположения станции.

Утечка транспортируемого газа может произойти вследствие коррозии – она обладает агрессивным воздействием на газопровод и его элементы. Коррозия может быть поверхностной, межкристаллитной, местной [7]. Опасность появления коррозионных участков состоит в том, что такие процессы носят точечный и неоднородный характер. В большинстве случаев невозможно подтвердить наличие таких повреждений визуально, без проведения специальной диагностики. Множество газораспределительных станций (примерно 1/3 станций в России) недостаточно хорошо защищены от появления коррозии. Наиболее распространенными недочетами являются присутствие электрического контакта с опорными конструкциями, потерявшие свою целостность изолирующие покрытия.

Из многолетнего опыта проведения общей диагностики всех систем и оборудования газораспределительных станций, можно сделать вывод, что распространенными дефектами являются свищи, подрезы в сварных швах и нарушение геометрии сварных соединений. Появление данных дефектов непосредственно зависит от квалификации специалиста по сварке и грамотной организации условий, в которых происходит сварка. Большая часть сварных дефектов – это подповерхностные дефекты, а именно внутренние трещины и непровары. Их обнаружение может быть возможно лишь при применении специальных методов неразрушающего контроля [8].

Некоторые газораспределительные станции находятся на участках, имеющих склонность к смещению (просадке) грунта. Из-за этого нередким дефектом является нарушение работы опорных конструкций, это приводит к отсутствию соприкосновения между газопроводом и опорами, что, в свою очередь, ведет к появлению дополнительного напряжения в металле и последующей разгерметизации газопровода.

Утечка газа из-за выхода из строя оборудования (регуляторы давления, подогреватели газа, пылеуловители и т.д.) может происходить по множеству причин, различных для каждого вида оборудования, в зависимости от конструктивных особенностей. Для обеспечения нормальной и безопасной работы необходимо следить за его давлением, отсутствием посторонних шумов, а эксплуатация узлов должна осуществляться в соответствии с инструкцией завода-изготовителя.

Также на станции возможна утечка не только газа, но и одоранта. Норма вводимого в газ одоранта (этилмеркаптана) должна быть 16 г на 1000 м³ газа. Расход одоранта должен ежедневно фиксироваться в журнале оператора ГРС и в конце месяца передаваться диспетчеру эксплуатирующей организации. Заправка емкостей хранения одоранта должна производиться согласно инструкциям.

Утечка газа и одоранта возможна из-за необнаруженных дефектов при несвоевременном (отклонение от утвержденных графиков) или неудовлетворительном проведении технических осмотров и ремонтов, а также из-за ошибок персонала, износа оборудования.

Также важная роль в контроле за работоспособностью станции и ее узлов отводится системе автоматического управления (САУ). Именно с помощью САУ оператор может следить за давлением на каждом узле, расходом газа, количеством используемого одоранта и прочими параметрами, с помощью которых можно выявить неполадки в работе станции. Неисправность САУ может повлечь за собой серьезные последствия, в том числе аварию.

Факторы, увеличивающие вероятность происхождения аварийной ситуации на станциях:

–наличие участков с увеличенной концентрацией напряжений, то есть большое количество переходников, арматуры, тройников, и т.д.;

–присутствие переходов газопровода с подземного на надземный – увеличение риска аварийности, так как переход является участком увеличенного воздействия коррозии и концентрации напряжений;

–слишком сложная конструкция надземных газопроводов, которую тяжело обслуживать;

–дефекты оборудования, допущенные при их изготовлении;

–недочеты и ошибки в проектировке сооружений и систем;

–внешнее воздействие антропогенного происхождения, например, теракт;

–умышленное или случайное нарушение правил технической эксплуатации и правил техники безопасности сотрудниками газораспределительных станций.

1.4 Общие меры по снижению вероятности реализации аварий на ГРС

Главной мерой по предотвращению реализации аварий на ГРС является обеспечение проведения качественных технических осмотров и ремонтов (ТОиР). Система ТОиР ГРС представляет собой совокупность взаимосвязанных средств, документации, исполнителей и мероприятий, необходимых для обеспечения надежной и безопасной эксплуатации оборудования, поддержания и восстановления его работоспособности, а также снижения эксплуатационных затрат [9]. Целью системы ТОиР является поддержание ГРС в работоспособном состоянии в течение всего срока службы для обеспечения надежной и бесперебойной подачи газа потребителю.

Основными задачами системы ТОиР являются:

–контроль технического состояния, в том числе проверка соответствия узлов и систем, зданий и сооружений требованиям технической документации;

–выявление и устранение дефектов и неисправностей, в том числе выявление предельного состояния узлов и систем, зданий и сооружений, при котором их дальнейшая эксплуатация становится невозможной без проведения ремонта или замены;

–предупреждение и ликвидация последствий воздействия неблагоприятных климатических, производственных и иных факторов;

–сбор и обобщение информации о техническом состоянии узлов и систем и их надежности при эксплуатации;

–разработка мероприятий, направленных на совершенствование форм и методов ТОиР.

Виды технического осмотра и ремонта [10]:

- плановый осмотр (ТО-1);
- сезонное обслуживание (ТО-2);
- текущий ремонт (ТР);
- средний ремонт (СР);
- капитальный ремонт (КР).

В целях своевременного предупреждения аварий, на ГРС должны выполняться следующие виды работ:

–контроль и управление режимами и параметрами работы узлов и систем ГРС;

–контроль технического состояния ГРС, узлов и систем, технических устройств и технологического оборудования;

–контроль технического состояния зданий, сооружений и ограждений, состояния дорожных покрытий и, при необходимости, их ремонт;

–техническое диагностирование узлов и систем, технических устройств и технологического оборудования, зданий и сооружений ГРС.

–поддержание в чистоте помещений и территории ГРС.

Запрещается эксплуатация ГРС:

–при неисправном заземлении;

- при неисправной системе молниезащиты;
- с параметрами, превышающими указанные в технических характеристиках;

- при неисправном технологическом оборудовании и оборудовании аварийной сигнализации;

- при закрытых кранах перед предохранительными сбросными клапанами (за исключением случаев технического обслуживания).

Периоды, в которые ГРС находится под особым риском – осенне-зимний и весенне-летний. План мероприятий по обеспечению безаварийной работы ГРС в период весеннего паводка и осенне-зимней эксплуатации должен быть разработан в каждом филиале эксплуатирующей организации на предстоящие периоды весеннего паводка и осенне-зимней эксплуатации.

В плане мероприятий в первую очередь должны быть предусмотрены:

- проверка и наладка подогревателей газа, систем отопления и вентиляции, ЭХЗ, оборудования КИПиА;

- проверка исправности электрооборудования;

- проверка исправности средств САУ ГРС и технологической связи;

- проверка срабатывания кранов от устройств защитной автоматики и от САУ ГРС в соответствии с алгоритмами аварийных защит;

- осмотр зданий и сооружений;

- осмотр и ремонт фланцевых соединений;

- смена смазки в редукторах;

- проверка герметичности соединительных линий и ТПА на них;

- освобождение емкости сбора конденсата до начала периодов весеннего паводка и осенне-зимней эксплуатации;

- дозаправка емкостей (расходной и хранения одоранта) до начала периодов весеннего паводка и осенне-зимней эксплуатации;

- проверка исправности систем водоснабжения и водоотведения (канализации);

- проверка состояния первичных средств пожаротушения;
- организация дополнительных противоаварийных мероприятий для дежурного персонала.

Помещения ГРС должны быть оснащены автоматическими газоанализаторами, с помощью которых происходит непрерывный контроль за загазованностью. Утечку газа также возможно обнаружить с помощью обмыливания [11]. Использование огня в целях нахождения места утечки строго запрещено. В случае выявления утечки газа необходимо принять меры для ее устранения, с полным соблюдением правил по охране труда и пожарной безопасности. В ситуации, при которой невозможно решить проблему утечки самостоятельно, необходимо действовать по предписаниям плана ликвидации аварий.

1.5 План мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий

В целях наиболее оперативной и эффективной ликвидации аварии, а также обеспечения безопасности сотрудников ГРС и населения, разрабатывается план мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий. План мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий (ПМЛА) на опасном производственном объекте предусматривает порядок действий производственного персонала и специальных служб в период аварий, направленных на локализацию и минимизацию последствий аварий, а также меры по спасению персонала и эвакуации в безопасное место людей, непосредственно не участвующих в ликвидации аварии [12].

ПМЛА на ГРС предусматривает:

- ликвидацию возможных аварий, условия, опасные для жизни людей, нарушения технологического режима и места их возникновения;
- действия оперативного персонала ГРС при возникновении аварийной ситуации на объекте;

- действия диспетчерской службы при получении сигнала о возникновении аварийной ситуации на объектах филиала;
- действия по оповещению, сбору аварийных бригад;
- действия персонала при ликвидации аварий;
- действия по быстрой локализации аварии, минимизацию затрат на восстановительные работы.

ПМЛА должен быть тщательно изучен всеми должностными лицами и рабочими. Знание ПМЛА проверяется во время цеховых учебных тревог и учебно-тренировочных занятий с персоналом объекта, проводимых по графику, утвержденному техническим руководителем эксплуатирующей организации, но не реже одного раза в месяц. Периодичность проведения комплексных учебно-тренировочных занятий по выработке навыков выполнения мероприятий ПМЛА определяется организацией с учетом конкретных условий, но не реже двух раз в год.

По разработанным алгоритмам действий (оперативная часть ПМЛА) необходимо проводить противоаварийные тренировки согласно графикам.

В ходе тренировок подвергается проверке:

- порядок обмена информацией сотрудников эксплуатирующей организации, цехов с пожарными и аварийно-спасательными службами при локализации и ликвидации аварий;
- работоспособность и надежность всех противоаварийных средств на территории ГРС, а также средств оповещения, связи и пожаротушения;
- порядок надлежащего и своевременного управления ситуацией службами эксплуатирующей организации при ликвидации аварии;
- подготовленность персонала к осуществлению действий в любых нестандартных ситуациях – инцидентах, авариях, пожарах, взрывах.

1.6 Основные принципы обеспечения безопасности населения при аварии на ГРС

Главными обязательствами эксплуатирующей организации при управлении аварийно-восстановительными работами в случае ликвидации и локализации последствий аварии на ГРС являются:

- высокая скорость реакции при меняющихся обстоятельствах;
- постановка цели спасения людей как главной и первоочередной;
- использование средств ведения аварийно-спасательных работ, применимых для образовавшейся ситуации, способных обеспечить сохранность жизни и здоровья населения и спасателей;
- осуществление всех работ в сроки, которые могут обеспечить сохранение жизни пострадавшего населения, защиту персонала и населения в зоне поражения.

При реализации аварийно-спасательных работ при локализации и ликвидации последствий аварии будет осуществляться:

- эвакуация населения, попавшего в опасную зону, в безопасное место;
- эвакуация раненых в медицинские учреждения;
- организация поисковых работ;
- оказание раненым первой помощи;
- поиск и эвакуация людей из образовавшихся завалов зданий, строительных конструкций, сооружений.
- организация мероприятий первой степени важности по жизнеобеспечению населения.

2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Описание объекта

В качестве объекта исследования была выбрана одна из газораспределительных станций города Томска. Данная ГРС находится в эксплуатации с 2010 года. Основные технические характеристики ГРС представлены в Таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика объекта

Параметр, единица измерения	Величина
Рабочее давление газа на входе, МПа	5,4
Давление газа на выходе, МПа	0,6
Пропускная способность (расход газа), $\text{нм}^3/\text{час}$	160000
Точность замера расхода газа, %	$\pm 1,5$
Точность поддержания давления газа на выходах, %	± 5
Диаметр входного газопровода, мм	400
Диаметр выходного газопровода, мм	700
Температура окружающего воздуха, $^{\circ}\text{C}$	-40 ... +40
Одоризация	автоматическая, пропорционально расходу газа
Аварийная сигнализация	дистанционная
Напряжение питающей электросети, В	$\sim 380/220$
Форма обслуживания	Вахтенная
Тип ГРС	БК ГРС-160/6

ГРС имеет II класс опасности (опасные производственные объекты высокой опасности), т.к. на ней происходит транспортировка природного газа под давлением свыше 1,2 МПа.

Основное оборудование ГРС расположено в блок-боксах, блоках, здании операторной и на открытой площадке. В блок-боксах размещаются: узел редуцирования, узел расходомерной, мастерская, узлы подогрева газа № 1, 2. Блоки ГРС включают в себя: блок одоризации, блок переключений, блок очистки, блок подключения к подогревателям, блоки входных и выходных трубопроводов узла редуцирования, два блока подключения узла замера газа. На открытой площадке расположен узел выдачи конденсата, подземная емкость для слива теплоносителя, надземные газопроводы ГРС.

В Приложении А представлена технологическая схема ГРС г. Томска.

Сведения об опасных веществах, обращающихся на эксплуатируемом объекте, представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Сведения об опасных веществах

Наименование опасного вещества	Степень опасности и характер воздействия вещества на окружающую природную среду
Природный газ	Природный газ относится к виду опасных веществ – воспламеняющие газы (приложения 2 к ФЗ-116 от 27.07.97). Природный газ северных районов России состоит в основном из метана. Бесцветен, не имеет запаха, легче воздуха. Природный газ относится к группе веществ, образующих с воздухом взрывоопасные смеси (ГОСТ 5542-2014) [13]. Концентрационные пределы (по метану) в смеси с воздухом в объемных процентах: нижний - 4,4, верхний - 17,0. Метан в неограниченном пространстве взрывается редко, поскольку он не образует стабильных облаков вблизи поверхности земли (легкий газ).
Одорант	Одорант (этилмеркаптан и др.) – жидкое вещество, имеющее характерный резкий запах, легковоспламеняемый и взрывопожароопасный. Обладает пределом взрываемости от 2,8 % до 18 % (об.). ПДК одоранта в воздухе рабочей зоны производственных помещений 1 мг/м ³ (в пересчете на углерод) [14]. Одорант применяется для придания очищенному газу запаха (одоризация газа).

Участок строительства ГРС г. Томска расположен в Томской области, Томском районе на водораздельном участке, представляющим собой ровную местность с колебанием отметок от 163,25 м до 164,10 м.

Сведений о нахождении на расстоянии 0,5 км от ГРС населенных пунктов, садовых товариществ, рекреационных объектов, отдельных жилых и общественных зданий и других социальных объектах, а также зданий и сооружений промышленных, сельскохозяйственных и прочих предприятий и организаций, баз, складов, карьеров и т.п. нет. На расстоянии не более чем 0,5 км от ГРС располагаются воздушные линии электропередачи (10 кВ).

Вокруг ГРС расположен лесной массив (преобладающая порода деревьев – береза, осина). На территории в пределах 0,5 км от ГРС располагаются нерекультивируемые земли. Рельеф местности волнистый. В геоморфологическом отношении участок работ представляет собой водораздельную равнину, расположенную в пределах Колывань-Томской возвышенности.

ГРС расположена на 1,0 км юго-западнее Межениновской птицефабрики (рисунок 2). На расстоянии 1,8 км восточнее ГРС находится промышленный объект. Северо-западнее площадки ГРС на расстоянии 620 м проходит железная дорога. На расстоянии 2 км севернее ГРС находится поселок Светлый. На расстоянии 640 м севернее от площадки ГРС проходит черта г. Томска.



Рисунок 2 – Расположение ГРС

2.2 Методы исследования

При выборе методов анализа риска следует учитывать цели, задачи анализа, сложность рассматриваемых объектов, наличие необходимых данных и квалификацию привлекаемых для проведения анализа специалистов [15]. Приоритетными в использовании являются методические материалы, согласованные или утверждённые Ростехнадзором или иными федеральными органами исполнительной власти.

Факторами, влияющими на выбор метода анализа риска, являются:
– сложность проблемы и методов, необходимых для анализа риска;

–характер и степень неопределенности оценки риска, основанной на доступной информации и соответствии целям,

–необходимые ресурсы: временные, информационные и т.д.;

–возможность получения количественных оценок выходных данных;

–цели и задачи анализа;

–сложность рассматриваемых объектов;

–наличие необходимых данных;

–квалификация привлекаемых для проведения анализа специалистов.

Методы анализа риска подразделяют на качественные и количественные.

Качественный анализ рисков – это процесс, предназначенный для нахождения рисков какой-либо деятельности или процесса, а также причин, из-за которых они появляются. При качественном анализе риска возможна последующая оценка вероятных последствий, а также разработка мероприятий для предотвращения возникновения рисков. Качественный анализ рисков включает в себя анализ имеющихся данных, полученных путем идентификации рисков, изучение процессов, связанных непосредственно с возникновением риска, а также планирование осуществления действий по снижению риска.

При количественном анализе оценивают практическую значимость и стоимость последствий, их вероятности и получают значение уровня риска в единицах [16]. Полный количественный анализ не всегда возможен из-за недостатка информации о системе или деятельности, подвергающейся анализу, отсутствия или недостатка данных об аварии, ЧС, влиянии человеческого фактора

На рисунке 3 представлена некоторые способы анализа риска.

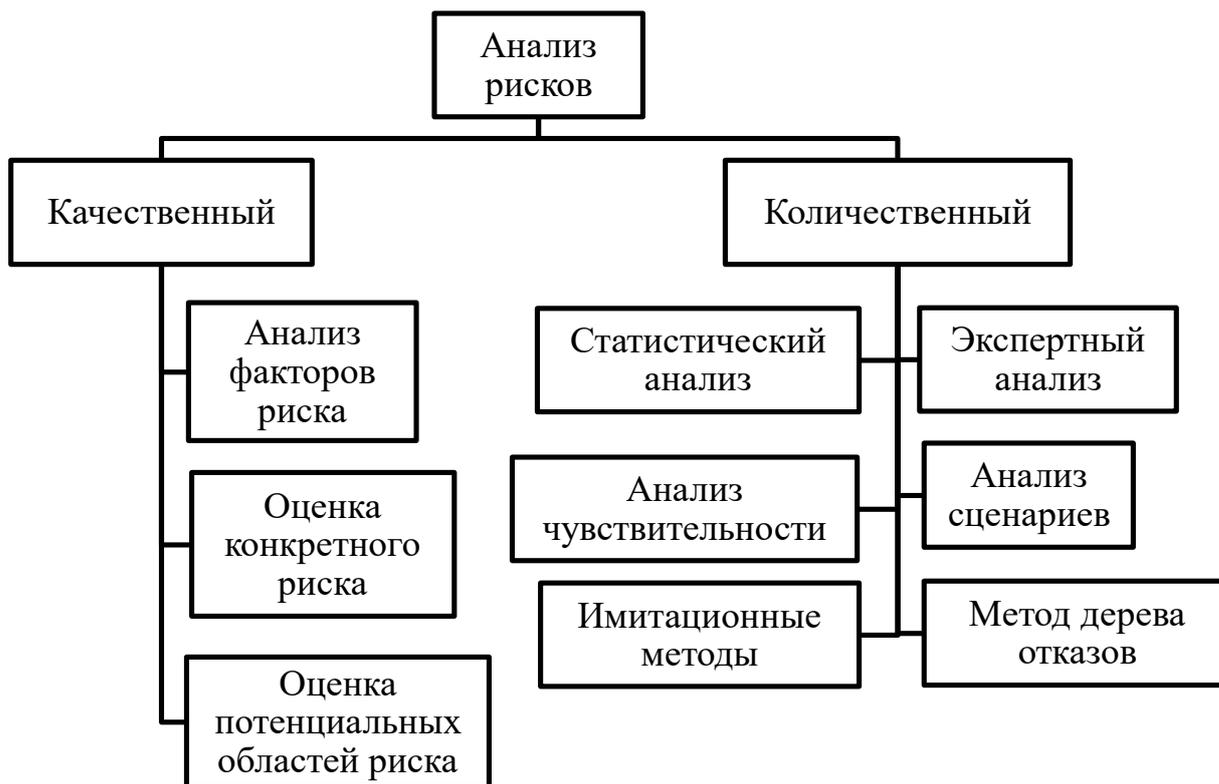


Рисунок 3 – Виды и способы анализа рисков

Таким образом, в работе будет применен количественный анализ – экспертный анализ и метод дерева отказов.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН И ПОСЛЕДСТВИЙ ЧС НА ГРС

3.1 Моделирование возможных сценариев развития ЧС на ГРС

Метод дерева отказов – это создание модели надежности. В таком дереве содержатся логико-вероятностные взаимосвязи между случайными исходными событиями – отказами [17]. Комбинация случайных исходных событий приводит к осуществлению главного события, подвергаемого анализу.

Суть построения дерева отказов заключается в символическом представлении условий, сочетание которых приводит к отказу системы. Дерево отказов предоставляет возможность увидеть недостатки системы, ее слабые места.

Дерево представляет собой наглядное средство представления ситуации и основание для принятия решений по минимизации риска реализации главного события.

Построение дерева отказов обладает следующими преимуществами:

- предоставляет возможность наглядно показать слабые места системы;
- позволяет осуществить качественный или количественный анализ надежности системы;
- способствует дедуктивному выявлению отказов системы;
- способствует глубокому представлению о поведении системы, обеспечивает проникновение в процесс ее работы;
- упрощает проведение анализа надежности систем;
- обеспечивается графическим изображением.

Построение дерева отказов обладает следующими недостатками:

–проблематичность учета неполного отказа элементов системы, так как предполагается, что элемент может быть либо в работоспособном состоянии, либо в состоянии неисправности;

–для реализации метода необходимо наличие специалиста, обладающего глубокими знаниями в исследуемой системе;

–проблематичность учета наличия резервных составляющих системы, предназначенных для оперативного восстановления ее работоспособности, а также учета всего объема возможных отказов.

Метод дерева отказов, применяемый для анализа реализации событий, приводящих к ЧС, включает в себя следующие этапы [18]:

1. сбор информации о всевозможных факторах и событиях, которые могут привести к отказу системы – ЧС;
2. анализ полученной информации и установление логических взаимосвязей между событиями;
3. построение дерева отказов.

На рисунке 4 представлена условная схема построения дерева отказов.

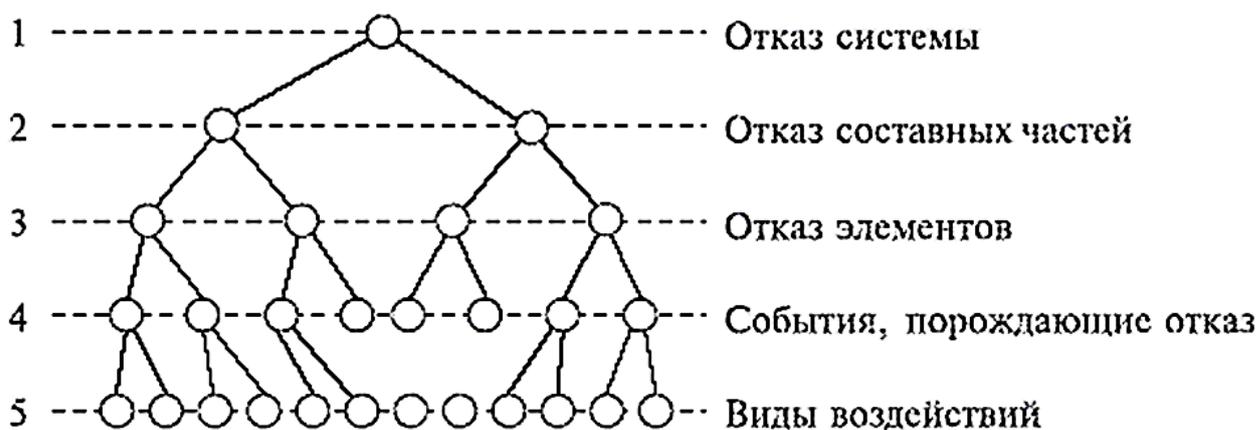


Рисунок 4 –Условная схема построения дерева отказов

В таблице 4 представлены основные факторы и события, содержащиеся в дереве отказов.

Таблица 4 – Обозначения факторов и событий

Символ	Фактор/событие
ЧС	Взрыв на территории ГРС
A1	Разлив одоранта

Продолжение таблицы 4

А2	Утечка большого объема газа
А3	Короткое замыкание
А4	Механическое повреждение узлов ГРС
Б1	Нарушение технологии заправки ЁХО
Б2	Негерметичность фланцевых соединений трубопровода
Б3	Негерметичность трубопровода, фланцевых/сварных соединений трубопровода
Б4	Негерметичность запорной арматуры/газопровода/ регуляторов давления/подогревателей газа/пылеуловителей
Б5	Образование гидратной пробки
Б6	Перенапряжение электрической сети
Б7	Землетрясение (и другие природные катаклизмы)
Б8	Удар молнии
Б9	Диверсия
В1	Коррозионный износ
В2	Нарушения при монтажно-строительных работах
В3	Дефекты сварных соединений и швов
В4	Негерметичность прокладочного материала между фланцами
В5	Просадка грунта
В6	Нарушение графика проведения/неудовлетворительность ТО-1, ТО-2, ТР и КР
В7	Износ оборудования
В8	Недостаточная осушка газа
В9	Недостаточный подогрев газа
В10	Неисправный молниеотвод
В11	Некорректная работа САЗ и ИТСО
В12	Ошибка персонала
Г1	Износ изоляционных материалов
Г2	Нарушение работы средств ЭХЗ
Г3	Наводнение
Г4	Землетрясение
Г5	Неграмотное проведение инженерно-геологических работ при проектировке ГРС
Г6	Неисправность пылеуловителя
Г7	Ошибка персонала
Г8	Неисправность САУ
Г9	Неисправность подогревателей газа
Д1	Нарушение графика проведения/неудовлетворительность ТО-1, ТО-2, ТР и КР
Д2	Неисправность автоматики безопасности котлов подогрева газа
Д3	Нарушение графика проведения/неудовлетворительность ТО-1, ТО-2, ТР и КР

На рисунке 5 представлено дерево отказов для ГРС.

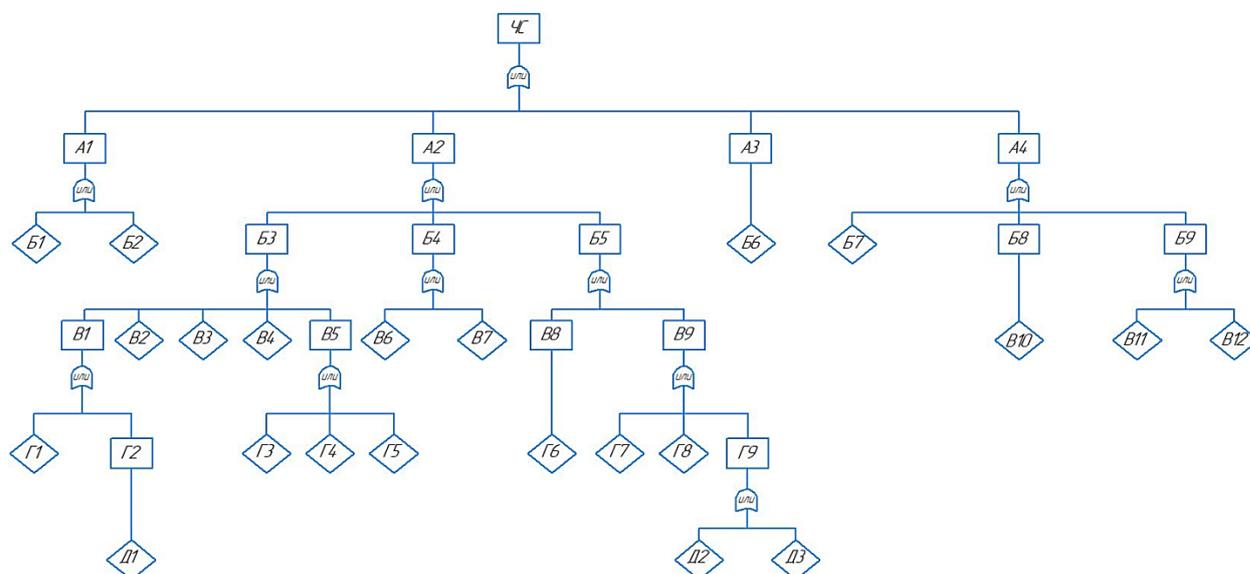


Рисунок 5 – Дерево отказов для ГРС

Взрыв на ГРС может произойти вследствие появления любого представленного события, а именно: разлив одоранта, утечка большого объема газа, короткое замыкание, механическое повреждение узлов ГРС. В свою очередь, разлив одоранта может произойти из-за нарушений технологии заправки ЁХО, негерметичности фланцевых соединений трубопровода. Короткое замыкание – из-за перенапряжения электрической сети. Механическое повреждение узлов ГРС происходит из-за землетрясений (или других природных катаклизмов – ураганов, метелей, града и т.д.), ударов молнии, диверсий. Утечка большого объема газа случается по причине негерметичности фланцевых/сварных соединений трубопровода, негерметичности запорной арматуры/регуляторов давления/подогревателей газа, образования гидратной пробки.

3.2 Экспертная оценка

Экспертный метод предусматривает возможность проведения опросов экспертов, работающих инкогнито по отношению друг к другу [19].

Эксперты производят интуитивно-логический анализ проблемы с количественной оценкой суждений.

Сущность экспертного метода оценки показателей риска заключается в том, что экспертам предлагают ответить на вопросы о состоянии или будущем поведении объектов, характеризующихся неопределенными параметрами или неизученными свойствами. Экспертные оценки оформляют, в частности, в виде качественных характеристик или количественных значений вероятностей рассматриваемых событий, отнесенных к определенному отрезку времени.

Достоинствами экспертного анализа рисков являются: отсутствие необходимости в точных исходных данных и дорогостоящих программных средствах, простота расчетов.

К недостаткам экспертного метода относятся отсутствие гарантий достоверности полученных оценок, а также трудности в проведении опроса экспертов и обработке полученных данных. Второй недостаток может быть преодолен, а первый — имеет принципиальное значение.

Повышение достоверности экспертных оценок требует соответствующих процедур отбора экспертов по многим критериям и количественных методов обработки их мнений. При правильной организации процедуры экспертизы и проверки согласованности мнений экспертов обеспечивается достаточная достоверность оценок. Повысить точность экспертных оценок можно путем приглашения экспертов более высокой квалификации и увеличения числа независимых экспертов [20].

Эксперты, привлекаемые для оценки рисков, должны:

- иметь доступ ко всей имеющейся в распоряжении разработчика информации о проекте;

- иметь достаточный уровень креативности мышления;

- обладать необходимым уровнем знаний в соответствующей предметной области;

- быть свободными от личных предпочтений в отношении проекта;

–иметь возможность оценивать любое число идентифицированных рисков.

Исходя из того, какие данные имеются о газораспределительной станции, был выбран именно экспертный метод анализа риска.

Экспертный метод оценки вероятности реализации события, приводящего к ЧС, включает в себя следующие этапы:

1. формирование листа с опросом;
2. подбор экспертов;
3. опрос экспертов;
4. анализ данных.

Экспертам был представлен опросный лист, в котором им предлагалось оценить по пятибалльной шкале вероятность происхождения каждого события, приводящего к ЧС, где:

–1 балл – вероятность происхождения события очень низкая (вероятность 1–20%);

–2 балла – вероятность происхождения события низкая (вероятность 21–40%);

–3 балла – вероятность происхождения события средняя (вероятность 41–60%);

–4 балла – вероятность происхождения события высокая (вероятность 61–80%);

–5 баллов – вероятность происхождения события очень высокая (вероятность 80–100%).

Для последующей оценки риска будет рассмотрена ветвь А2 «дерева отказов», так как именно она содержит большую часть событий, которые могут привести к взрыву на газораспределительной станции.

По итогу опроса была составлена таблица, содержащая данные о событиях, ведущих к осуществлению ЧС, и оценок вероятностей реализации этих событий экспертами. Результаты опроса десяти экспертов представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Сводная таблица оценок экспертов по опросному листу

№	Событие	Оценка экспертов										Ср. балл
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Негерметичность трубопровода, фланцевых/сварных соединений трубопровода												
1	Коррозионный износ (износ изоляционных материалов)	5	5	4	4	3	5	4	5	4	4	4,3
2	Коррозионный износ (нарушение работы средств ЭХЗ)	5	4	5	4	4	5	4	4	4	5	4,4
3	Нарушения при монтажно-строительных работах	4	3	4	4	4	3	4	5	3	4	3,8
4	Дефекты сварных соединений и швов	4	4	3	5	4	4	4	4	4	4	4,0
5	Негерметичность прокладочного материала между фланцами	5	4	4	5	4	5	4	4	5	5	4,4
6	Просадка грунта	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,1
Негерметичность запорной арматуры/регуляторов давления/подогревателей газа/ пылеуловителей												
7	Нарушение графиков проведения/неудовлетворительность ТО-1, ТО-2, ТР и КР	3	4	4	4	3	3	4	4	4	3	3,6
8	Износ оборудования	2	3	2	2	4	2	3	3	2	2	2,9
Образование гидратной пробки												
9	Недостаточная осушка газа	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1,2
10	Недостаточный подогрев газа (ошибка персонала)	2	2	3	3	2	2	2	3	2	2	2,3
11	Недостаточный подогрев газа (неисправность САУ)	2	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1,3
12	Недостаточный подогрев газа (неисправность подогревателей газа)	3	1	2	2	1	1	2	1	1	2	1,5

Оценка согласованности мнений экспертов с помощью коэффициента конкордации Кендалла в пакете Statistica. Чем выше коэффициент, тем

мнения экспертов являются более согласованными. Коэффициент W изменяется от 0 до 1. Если мнения экспертов полностью противоположны, $W = 0$; при $W = 1$ все эксперты одинаково ранжируют объекты по данному признаку [21]. Приемлемое значение коэффициента конкордации составляет величину $W = 0,5$ и более.

Для этого была составлена электронная таблица с оценками вероятностей появления неблагоприятного события у экспертов (рисунок 6).

	Событие											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Эксперт 1	5	5	4	4	5	2	3	2	1	2	2	3
Эксперт 2	5	4	3	4	4	1	4	3	1	2	1	1
Эксперт 3	4	5	4	3	4	1	4	2	1	3	1	2
Эксперт 4	4	4	4	5	5	1	4	2	1	3	2	2
Эксперт 5	3	4	4	4	4	1	3	4	1	2	1	1
Эксперт 6	5	5	3	4	5	1	3	2	1	2	1	1
Эксперт 7	4	4	4	4	4	1	4	3	2	2	1	2
Эксперт 8	5	4	5	4	4	1	4	3	1	3	2	1
Эксперт 9	4	4	3	4	5	1	4	2	1	2	1	1
Эксперт 10	4	5	4	4	5	1	3	2	2	2	1	2

Рисунок 6 – Электронная таблица оценок экспертов по опросному листу

С помощью функции Nonparametrics – Comparing multiple dep. samples – Summary, получили таблицу расчета коэффициента Кендалла (рисунок 7).

Variable	Average Rank	Sum of Ranks	Mean	Std.Dev.
V1	9,80000	98,0000	4,300000	0,674949
V2	10,10000	101,0000	4,400000	0,516398
V3	8,75000	87,5000	3,800000	0,632456
V4	9,15000	91,5000	4,000000	0,471405
V5	10,40000	104,0000	4,500000	0,527046
V6	2,20000	22,0000	1,100000	0,316228
V7	8,25000	82,5000	3,600000	0,516398
V8	5,55000	55,5000	2,500000	0,707107
V9	2,50000	25,0000	1,200000	0,421637
V10	5,10000	51,0000	2,300000	0,483046
V11	2,65000	26,5000	1,300000	0,483046
V12	3,55000	35,5000	1,600000	0,699206

Рисунок 7 – Коэффициент конкордации Кендалла

Коэффициент $W = 0,86$ говорит о наличии высокой степени согласованности мнений экспертов. Значит, степень надежности полученных оценок также высока.

Пользуясь той же функцией, построили диаграмму размаха (рисунок 8).

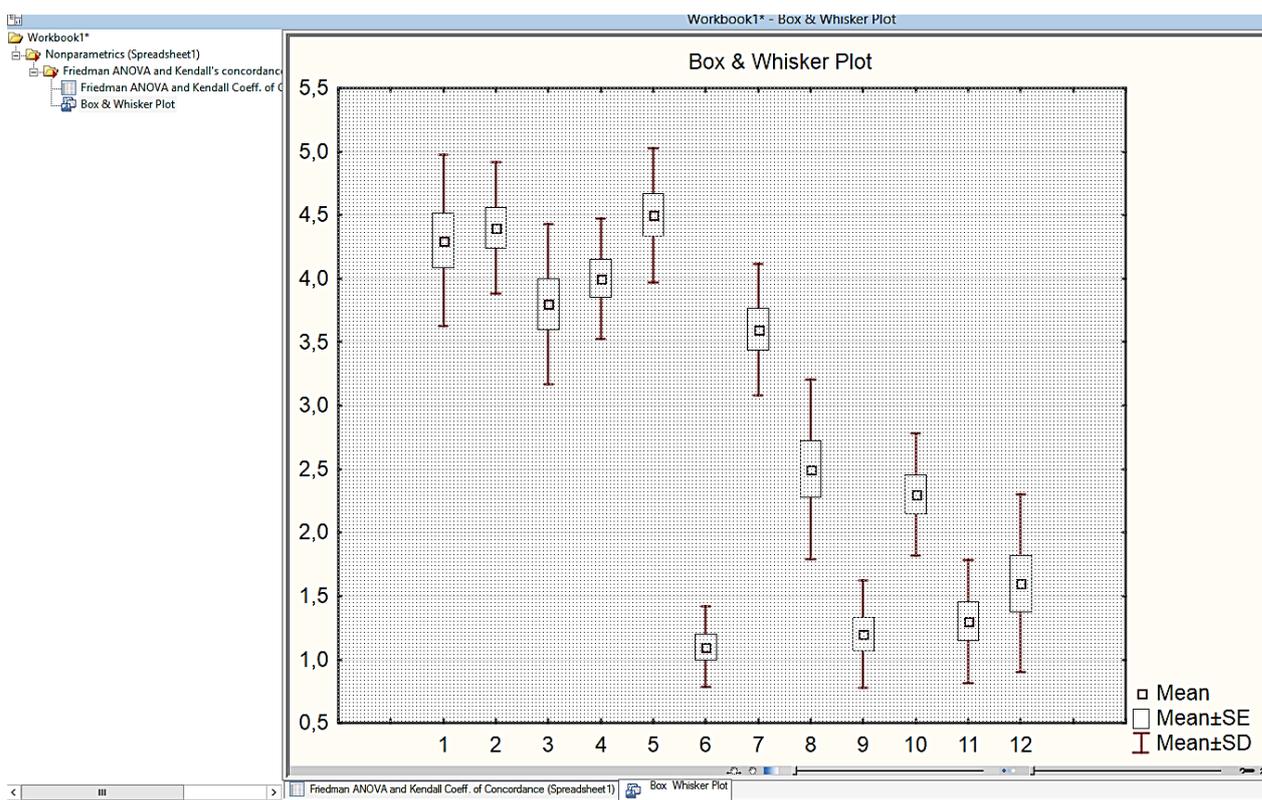


Рисунок 8 – Диаграмма размаха оценок экспертов

Анализируя полученные данные, вероятными причинами появления ЧС по мнению экспертов являются:

–событие 5 – негерметичность прокладочного материала между фланцами;

–событие 1 – коррозионный износ (износ изоляционных материалов);

–событие 2 – коррозионный износ (нарушение работы средств ЭХЗ).

Наименее вероятными событиями являются:

–событие 6 – просадка грунта;

–событие 9 – недостаточная осушка газа;

–событие 11 – недостаточный подогрев газа (неисправность САУ).

Наиболее согласованным событием (это свидетельствует о наибольшей точности оценок экспертов), исходя из параметра $mean+SE$ и $mean+SD$ является событие б – просадка грунта.

Экспертная оценка позволила выявить наиболее вероятные события, которые могут привести к взрыву на ГРС. В последствии, знание этих событий необходимо для разработки комплекса мероприятий, предназначенных для предотвращения реализации данных событий.

3.3 Расчет параметров поражения в результате взрыва на ГРС

3.3.1 Расчет массы горючего вещества

В расчетах будет рассматриваться наихудший сценарий развития ЧС на ГРС – взрыв при полном разрыве газопровода. Будем считать, что разгерметизация произойдет на участке газопровода, находящемся в узле подогрева газа, так как это также будет являться худшим вариантом развития аварии, т.е. в расчетах будет использоваться рабочее давление на входе – 5,4 МПа.

Для расчета массы горючего вещества воспользуемся следующей формулой:

$$m = (V_o + V_T) \cdot \rho_G, \quad (1)$$

где ρ_G – плотность газа;

V_T – объем газа, вышедший из трубопровода;

V_o – объем газа, вышедший из оборудования.

$$V_T = V_{T1} + V_{T2}, \quad (2)$$

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

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

Предположим, что запорная арматура находится в непосредственной близости к месту разгерметизации, тогда $V_{2T} = 0$.

$$V_{T1} = 0,25 \cdot v \cdot t \cdot \pi \cdot D^2 = 0,25 \cdot 25 \cdot 300 \cdot 3,14 \cdot 0,4^2 = 942 \text{ м}^3, \quad (3)$$

где v – скорость движения газа в трубопроводе;

t – время с момента утечки до отключения трубопровода;

D – диаметр трубопровода.

В соответствии с пунктом 3.38 СП 42-101-2003 [22] скорость движения газа в газопроводе высокого давления следует принимать не более 25 м/с.

Отключение трубопровода во время утечки может происходить двумя способами: автоматическим и ручным. Ручной способ предполагает затрату большего количества времени для его осуществления, поэтому будет выбран этот способ для расчетов, так как он является худшим. Среднее время перекрытия трубопровода ручным способом составляет 300 секунд с момента начала утечки.

Зная, что оборудование в узле подогрева газа занимает около 10% от объема здания, найдем объем газа, вышедший из оборудования, по формуле:

$$V_o = 0,01 \cdot p \cdot V_{об} = 0,01 \cdot 5,4 \cdot 106 \cdot (12 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 0,1) = 583200 \text{ м}^3, \quad (4)$$

где p – давление в трубопроводе;

$V_{об}$ – объем оборудования.

Таким образом, масса горючего вещества:

$$m = (V_o + V_T) \cdot \rho_T = (942 + 583200) \cdot 0,68 = 397216,56 \text{ кг}. \quad (5)$$

3.3.2 Расчет интенсивности теплового излучения и времени существования огненного шара

Расчет параметров взрыва будет производиться для расстояния 620 м, так как на этом расстоянии находится первый объект, который может быть поврежден от взрыва.

1. Определяется эффективный диаметр «огненного шара» D_s [23]:

$$D_s = 5,33m^{0,327} = 5,33 \cdot 397216,56^{0,327} = 361,08 \text{ м}, \quad (6)$$

где m – масса горючего вещества, кг.

2. Принимая $H = D_s / 2 = 180,54$ м и $r = 620$ м (именно на этом расстоянии находится ближайший объект, который может подвергнуться разрушению), находим угловой коэффициент облученности F_q :

$$\begin{aligned} F_q &= \frac{\frac{H}{D_s} + 0,5}{4 \left[\left(\frac{H}{D_s} + 0,5 \right)^2 + \left(\frac{r}{D_s} \right)^2 \right]^{1,5}} = \\ &= \frac{\frac{180,54}{361,08} + 0,5}{4 \left[\left(\frac{180,54}{361,08} + 0,5 \right)^2 + \left(\frac{620}{361,08} \right)^2 \right]^{1,5}} = \\ &= 0,032, \end{aligned} \quad (7)$$

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.

3. Находим коэффициент пропускания атмосферы τ :

$$\begin{aligned} \tau &= \exp \left[-7,0 \cdot 10^{-4} (\sqrt{r^2 + H^2} - D_s/2) \right] = \\ &= \exp \left[-7,0 \cdot 10^{-4} (\sqrt{620^2 + 180,54^2} - 180,54) \right] = 0,72. \end{aligned} \quad (8)$$

4. Согласно ГОСТ Р 12.3.047-2012 «Пожарная безопасность технологических процессов», принимаем $E_f = 350$ кВт/м², находим интенсивность теплового излучения q :

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 350 \cdot 0,032 \cdot 0,72 = 8,09 \text{ кВт/м}^2, \quad (9)$$

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

F_q – угловой коэффициент облученности;

τ – коэффициент пропускания атмосферы.

5. Определяем время существования «огненного шара» t_s :

$$t_s = 0,92 \cdot m^{0,303} = 0,92 \cdot 397216,56^{0,303} = 45,74 \text{ с.} \quad (10)$$

Таким образом, интенсивность теплового излучения составляет 8 кВт/м², на расстоянии 620 м при таком излучении возможны ожоги 2-й степени (при интенсивности теплового излучения более 7 кВт/м² у человека появляются ожоги 2-й степени).

3.3.3 Определение радиусов зон разрушений

Определяется класс пространства, окружающего место аварии – 1 класс [24]. Определяется класс взрывоопасного вещества. Так как природный газ на данном объекте в основном состоит из метана, соответственно, природный газ соответствует четвертому классу опасности. Определяется вероятный режим взрывного превращения – 3 режим.

Определяются вспомогательные коэффициенты (a) для различных степеней разрушений зданий. Для промышленных зданий при полной степени разрушения при 3 режиме взрывного превращения $a = 1,58$.

По шкале на рисунке 9 определяем условную массу вещества (M') [25]. Для этой цели на верхней шкале отмечаем деление, соответствующее массе газа (397 т) и проводим вниз до средней шкалы линию, $M' = 2,6$.

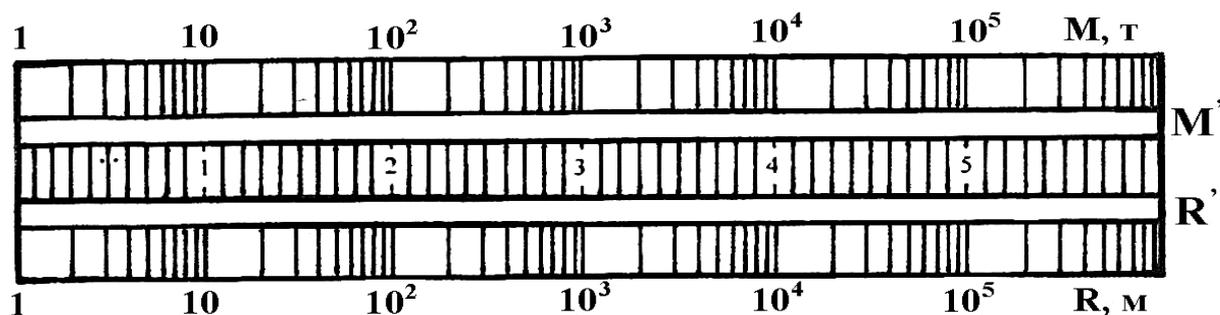


Рисунок 9 – Шкала для определенных радиусов действия поражающих факторов при аварии на пожаровзрывоопасном объекте

Определяем условный радиус зоны разрушений [26]:

$$R_1 = 0,32 \cdot M' + a, \quad (11)$$

$$R_{1'} = 0,32 \cdot 2,6 + 1,58 = 2,4, \quad (12)$$

$$R_{2'} = 0,32 \cdot 2,6 + 1,82 = 2,6, \quad (13)$$

$$R_{3'} = 0,32 \cdot 2,6 + 2,02 = 2,8, \quad (14)$$

$$R_{4'} = 0,32 \cdot 2,6 + 2,42 = 3,3, \quad (15)$$

Радиусы зон разрушений можно определить по следующей формуле:

$$R_i = 10^{(0,32 \lg M + a)} = 10^{R'}, \quad (16)$$

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

M – масса топлива, участвующая в реакции, т;

a – вспомогательный коэффициент.

Радиусы зон разрушения:

$$R_1 = 10^{2,4} = 251 \text{ м}, \quad (17)$$

$$R_2 = 10^{2,6} = 398 \text{ м}, \quad (18)$$

$$R_3 = 10^{2,8} = 631 \text{ м}, \quad (19)$$

$$R_4 = 10^{3,3} = 1995 \text{ м}, \quad (20)$$

Полученные радиусы отображены на карте (рисунок 10).

Железная дорога, находящаяся на расстоянии 620 м (самый близкий объект к ГРС), попадает в зону слабых разрушений. Межениновская птицефабрика, находящаяся на расстоянии 1000 м от ГРС, попадает в зону слабых разрушений. Некоторые хозяйственные постройки частично попадают в зону средних разрушений. Южная часть посёлка Светлый и

промышленное предприятие, расположенное восточнее ГРС, также попадают в зону слабых разрушений.

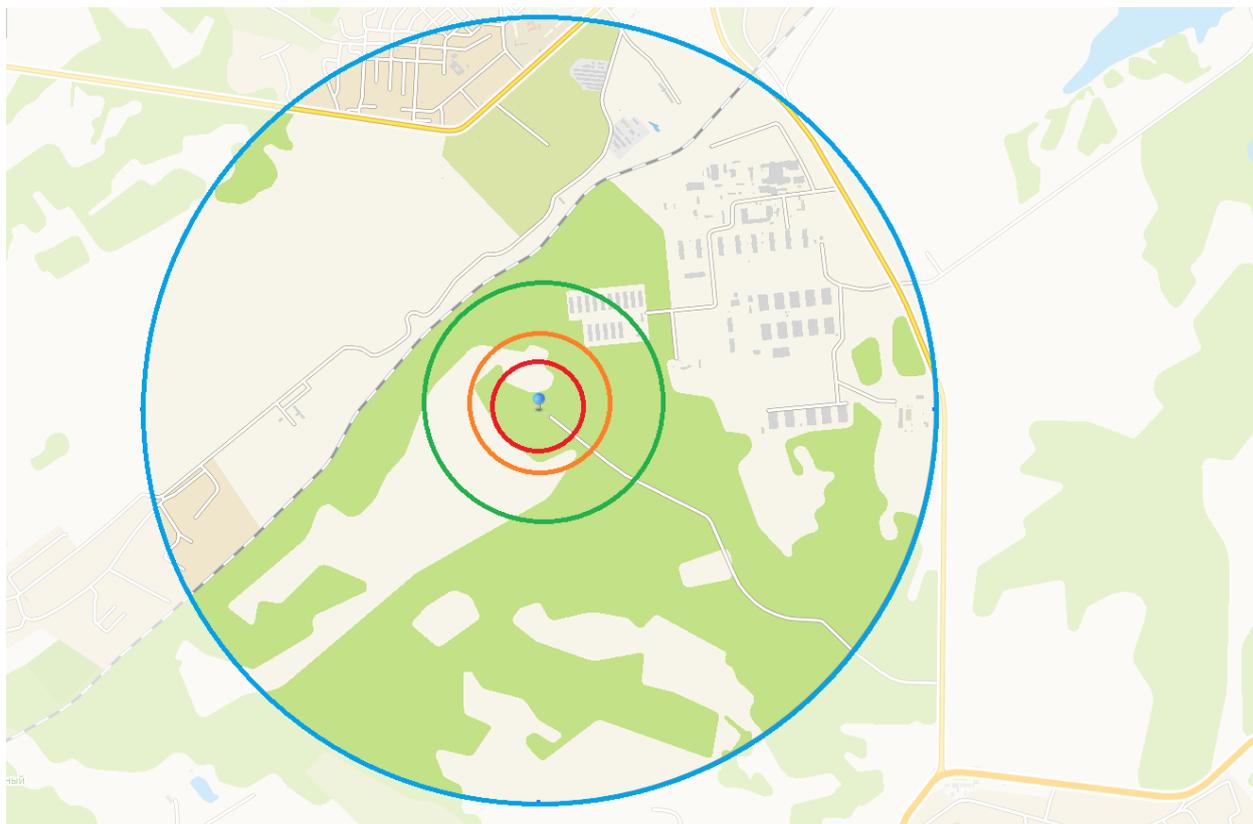


Рисунок 10 – Зоны разрушений: зона, отмеченная голубым – зона слабых разрушений, зеленым – средних, оранжевым – сильных, красным – полных разрушений

3.3.4 Определение радиусов зон поражения людей

Радиусы зон поражения людей определяются с помощью вспомогательного коэффициента (a), шкалы на рисунке 9, аналогично, как для определения радиусов зон разрушения.

Определяем условный радиус зоны поражения людей:

$$R_{1MM'} = 0,32 \cdot 2,6 + 1,41 = 2,24, \quad (21)$$

$$R_{2MM'} = 0,32 \cdot 2,6 + 1,45 = 2,28, \quad (22)$$

$$R_{3MM'} = 0,32 \cdot 2,6 + 1,50 = 2,33, \quad (23)$$

$$R_{4MM'} = 0,32 \cdot 2,6 + 1,60 = 2,43, \quad (24)$$

$$R_{5MM'} = 0,32 \cdot 2,6 + 1,69 = 2,52, \quad (25)$$

$$R_{6\text{мм}'} = 0,32 \cdot 2,6 + 1,76 = 2,59. \quad (26)$$

Радиусы зоны поражения людей с вероятностью 99%:

$$R_{1\text{м}} = 10^{2,24} = 174 \text{ м}, \quad (27)$$

Радиусы зоны поражения людей с вероятностью 90%:

$$R_{2\text{м}} = 10^{2,28} = 191 \text{ м}, \quad (28)$$

Радиусы зоны поражения людей с вероятностью 50%:

$$R_{3\text{м}} = 10^{2,23} = 213 \text{ м}, \quad (29)$$

Радиусы зоны поражения людей с вероятностью 10%:

$$R_{4\text{м}} = 10^{2,43} = 269 \text{ м}, \quad (30)$$

Радиусы зоны поражения людей с вероятностью 1%:

$$R_{5\text{м}} = 10^{2,52} = 331 \text{ м}. \quad (31)$$

Радиусы зоны, за пределами которой вероятность поражения людей равна нулю:

$$R_{6\text{м}} = 10^{2,59} = 389 \text{ м}. \quad (32)$$

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что люди, находящиеся на любых близлежащих к ГРС объектах, не погибнут. Для работников ГРС вероятность гибели составляет 99%. Полученные зоны отображены на карте (рисунок 11).

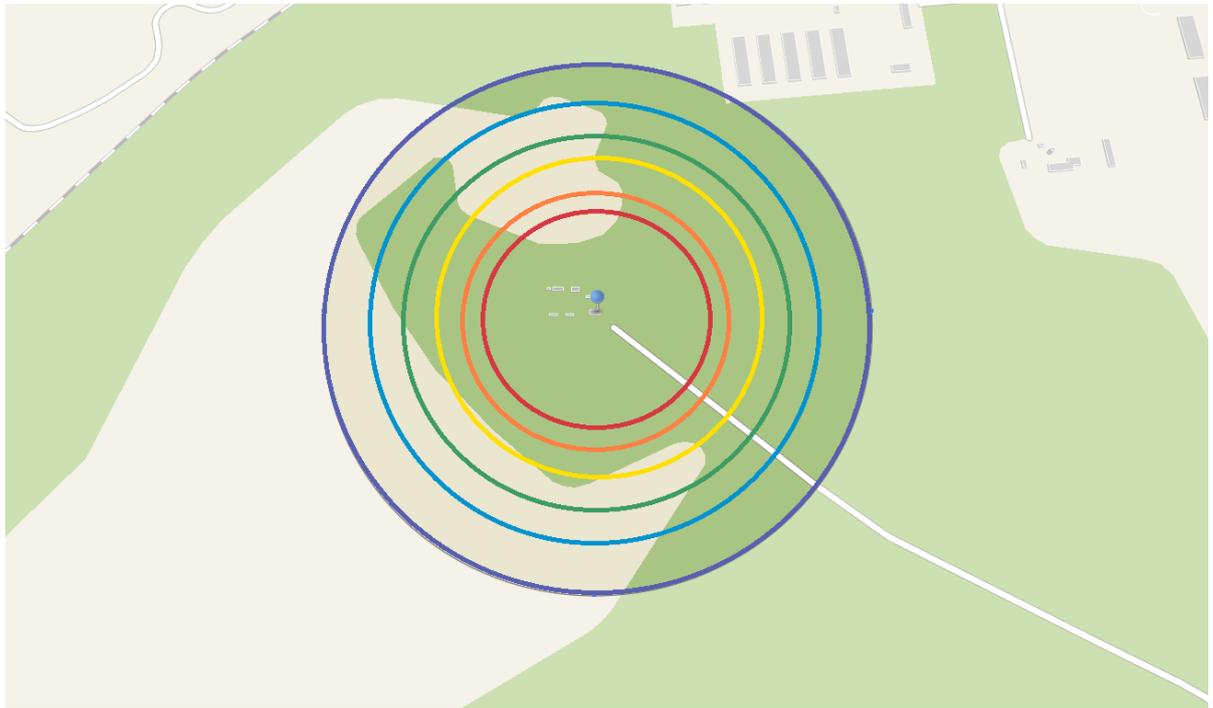


Рисунок 11 – Зоны поражения людей: зона, отмеченная синим – вероятность поражения 0%, голубым – 1%, зеленым – 10%, жёлтым – 50%, оранжевым – 90%, красным – 99%

3.3.5 Расчет размеров возможного пожара

Радиус R_{Π} (м) и высота Z_{Π} (м) зоны, на которые может распространиться пламя при неподвижной воздушной среде определяется по формулам [27]:

$$R_{\Pi} = 0,8 \cdot \left(\frac{m_{\Gamma}}{\rho_{\Gamma} \cdot C_{\text{НКПР}}} \right)^{0,33} = 0,8 \cdot \left(\frac{99304,14}{0,68 \cdot 4,4} \right)^{0,33} = 24 \text{ м}, \quad (33)$$

$$Z_{\Pi} = 0,2 \cdot \left(\frac{m_{\Gamma}}{\rho_{\Gamma} \cdot C_{\text{НКПР}}} \right)^{0,33} = 0,2 \cdot \left(\frac{99304,14}{0,68 \cdot 4,4} \right)^{0,33} = 6 \text{ м}, \quad (34)$$

m_{Γ} – масса газа, поступившего в открытое пространство, кг;

ρ_{Γ} – плотность газа, кг/м³;

$C_{\text{НКПР}}$ – нижний концентрационный предел распространения пламени газа, % об.

Таким образом, площадь зоны возможного пожара S_{Π} будет равна:

$$S_{\Pi} = \pi \cdot R_{\Pi}^2 = \pi \cdot 24^2 = 1809 \text{ м}^2. \quad (35)$$

Можно сделать вывод, что возникшее пламя не заденет близлежащие к ГРС объекты.

3.4 Мероприятия по снижению вероятности реализации аварий на ГРС

Одна из важнейших причин реализации аварий – коррозия. Защита от коррозии на станции представлена активной защитой (электрохимической – катодной и протекторной), и пассивной – нанесением изолирующих лент на трубопровод.

Снизить риск появления коррозии можно с помощью усовершенствования существующих мер защиты. В качестве анода катодной защиты на станции выступает сталь, срок службы которой мал. Недолговечность анода порождает дополнительный риск возникновения монтажных дефектов в процессе его замены. Усовершенствовать катодную защиту предлагается с помощью применения нового материала анода. В настоящее время существует большое количество анодных заземлителей из разных материалов. Потенциальной заменой стали может стать графит, ферроселид (сплав железа и кремния), магнетит [28]. Долговечность анодных материалов характеризуется скоростью анодного растворения (окисления), чем скорость выше, тем меньше срок службы материала. Скорость анодного растворения стали составляет 10 кг/А·год, графита – 1,2 кг/А·год, ферросилида – 0,5 кг/А·год, магнетита – 0,04 кг/А·год. Исходя из данных величин, можно сделать вывод, что любой из предложенных материалов в несколько раз долговечнее стали. Однако в процессе эксплуатации графит показал свою чувствительность к влажности грунта, что делает невозможным его использование на территории исследуемой ГРС, ввиду её географических и климатических особенностей. Ферросилид и магнетит показали свою устойчивость к колебаниям температуры и влажности грунта, что делает их пригодными для использования на станции. Магнетитовые аноды легче, долговечнее и более устойчивы к агрессивной засоленной почве, чем

ферросилид, но их цена выше. Отсюда следует, что целесообразно использование анодов из ферроселида, так как они подходят для грунта с высокой влажностью, устойчивы к колебаниям температур и имеют оптимальное соотношение качества и цены.

Пассивная защита от коррозии представляет собой покрытие внешней поверхности газопровода лентами. Перед нанесением ленты на трубопровод необходимо покрыть его грунтовкой. Грунтовка предназначена для защиты поверхности металла от агрессивного воздействия среды, а также для обеспечения прилипания ленты к поверхности трубы. Усовершенствовать пассивную защиту предлагается с помощью изменения состава грунтовки путем добавления новых веществ-ингибиторов коррозии. Используемые в настоящее время грунтовки в зависимости от состава обладают разными недостатками: слабая адгезия (прилипание) грунтовки с поверхностью трубы, склонность к образованию смолистых отложений. Для улучшения способности грунтовки ингибировать развитие коррозии предлагается к основным компонентам ее состава (мастика, смола, бутилкаучук, растворитель) добавлять олеат кальция (или магния, или бария) и винилтриэтоксисилан [29]. Присутствие в составе грунтовки олеата кальция, (или магния, или бария) обеспечивает эффективное ингибирование коррозии. Винилтриэтоксисилан взаимодействует на межмолекулярном уровне с основой покрытия и между собой, способствуя образованию адгезионно стабильной среды покрытия. Испытания показали, что грунтовка имеет более высокие технологические показатели по адгезионной прочности к металлу, водостойкости, эффективно ингибируют процесс коррозии трубной стали, чем существующие аналоги.

Другой причиной развития аварий на ГРС является негерметичность прокладочного материала фланцевых соединений. Актуальной проблемой является необходимость своевременного обнаружения утечек газа во фланцевых соединениях. Для обнаружения утечек газа на станции применяются стационарные газоанализаторы, устанавливаемые внутри

помещений. С этой же целью используется обмыливание – нанесение мыльной эмульсии на проверяемый участок, в случае утечки появляются пузыри. Особенно проблематично установить утечку, находящуюся вне помещений, так как вблизи нет газоанализаторов. В качестве мероприятия предлагается установка дополнительного стационарного течеискателя для выявления утечек газа на открытой производственной площадке. В качестве такого течеискателя может использоваться ДЛС-КС [30]. Лазерный детектор ДЛС-КС предназначен для непрерывного мониторинга территории газораспределительной станции на наличие метана в атмосферном воздухе. Прибор устанавливается стационарно так, чтобы поле зрения перекрывало всю площадь контролируемой территории. Система обеспечивает круговой обзор в радиусе до 150 м. Принцип измерения основан на свойстве метана поглощать инфракрасное излучение лазера на определенной длине волны. Лазерный луч, направленный на объекты контроля, частично отражается. Устройство принимает этот отраженный поток излучения и измеряет степень его поглощения, которая затем пересчитывается в приборе в концентрацию метана в исследуемом слое газа и сравнивается с допустимым значением. Работает в автоматизированном режиме без участия оператора и в реальном времени выдаёт аварийный сигнал о превышении допустимой концентрации метана. Данное мероприятие обеспечивает наиболее оперативное выявление утечек газа на фланцевых соединениях и других местах, обладающих высоким риском возникновения утечки.

4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

4.1 Введение

В связи с актуальностью проблем безопасности работников, загрязнения окружающей среды и наличия аварийных ситуаций на предприятии разрабатывается документация по минимизации последствий негативного влияния на человека и окружающую среду, а также документация по анализу риска ЧС на предприятии. Это дает возможность дальнейшему нормальному функционированию предприятия. Для обеспечения безопасных условий труда на рабочем месте оператора газораспределительной станции необходимо произвести анализ условий труда и выявить недостатки в областях промышленной санитарии, производственной безопасности, пожарной безопасности, охраны окружающей среды, которые наиболее неблагоприятно влияют на состояние здоровья сотрудника. На основе проведенных исследований в последствии предлагаются мероприятия по обеспечению безопасных условий труда на рабочем месте.

Рабочим местом оператора газораспределительной станции является вся станция – узлы и установки в строениях и на улице, дом оператора ГРС, территория ГРС. Место, в котором находится оператор при отсутствии необходимости выполнения каких-либо работ – дом оператора, где установлены аппараты контроля за работой всех систем ГРС. Условия работы в кабинете дома оператора идентичны условиям работы в офисе.

4.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

К работе по профессии оператор ГРС допускаются лица, достигшие восемнадцатилетнего возраста, прошедшие предварительный медицинский осмотр и не имеющие медицинских противопоказаний, получившие

квалификацию; прошедшие обучение, инструктаж и проверку знаний требований охраны труда по ведению конкретных работ на объекте.

Согласно федеральному закону № 426 условия труда персонала, работающего на газораспределительной станции, являются вредными условиями (3 класс). Это такие условия труда, при которых уровни воздействия вредных и опасных производственных факторов превышают уровни, установленные нормативами (гигиеническими нормативами) условий труда [31].

Исходя из этого, статьей 92 ТК РФ устанавливается сокращенная продолжительность рабочего времени для работников, условия труда на рабочих местах которых по результатам специальной оценки условий труда отнесены к вредным условиям труда 3 или 4 степени или опасным условиям труда, – не более 36 часов в неделю [32]. Выбранная ГРС обслуживается вахтенным способом – с круглосуточным дежурством операторов сменами по 12 часов. Соответственно, оператор данной ГРС не может иметь более трех рабочих смен в неделю.

Ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск предоставляется работникам, условия труда на рабочих местах которых по результатам специальной оценки условий труда отнесены к вредным условиям труда 2, 3 или 4 степени либо опасным условиям труда (ТК РФ 117). Минимальная продолжительность ежегодного дополнительного оплачиваемого отпуска работникам составляет 7 календарных дней.

Для защиты от воздействия вредных и опасных факторов производственной среды, работодателем выдаются средства индивидуальной защиты для работников (ТК РФ 221).

В ТК РФ (Статья 146) обозначена оплата труда работников, занятых на работах с вредными и опасными условиями труда – она устанавливается в повышенном размере. Минимальный размер повышения оплаты труда работникам, занятым на работах с вредными и опасными условиями труда,

составляет 4 процента тарифной ставки (оклада), установленной для различных видов работ с нормальными условиями труда.

В качестве рабочей зоны будет рассматриваться кабинет в доме оператора. Согласно ГОСТ 12.2.032-78, конструкцией рабочего места должно быть обеспечено оптимальное положение работающего, которое достигается регулированием: высоты рабочей поверхности, сиденья и пространства для ног [33].

Нормативные значения освещенности в любых помещениях, в том числе офисных, указаны в СанПиН 1.2.3685-21 [14]. Для офисных кабинетов освещенность рабочей поверхности должна составлять не менее 300 лк. Помещение с постоянным пребыванием людей должны иметь как искусственное, так и естественное освещение [34].

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии от 100 до 300 мм от переднего края, обращенного к работнику, или на специальной регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы. Расстояние между экраном компьютера и краем стола должно составлять не менее 450 см (ГОСТ Р 50923-96) [35].

4.3 Производственная безопасность

В таблице 6 обозначены возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте оператора ГРС и нормативные документы, регламентирующие действие каждого выявленного фактора.

Таблица 6 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте оператора ГРС

Факторы	Нормативные документы
Повышенный уровень локальной вибрации	ГОСТ 12.1.012-2004. Вибрационная безопасность. Общие требования.
Повышенный уровень шума	СП 51.13330.2011. Защита от шума
Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания

Продолжение таблицы 6

Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса	Приказ от 28 октября 2020 года № 753н. Об утверждении Правил по охране труда при погрузочно-разгрузочных работах и размещении грузов
Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса	Р 2.2.2006-05. 2.2. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда
Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним, а также жала насекомых, зубы, когти, шипы и иные части тела живых организмов, используемые ими для защиты или нападения, включая укусы	Приказ Минтруда России от 27.11.2020 № 835н «Об утверждении Правил по охране труда при работе с инструментом и приспособлениями»
Движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего	Приказ Минтруда России от 27.11.2020 № 835н «Об утверждении Правил по охране труда при работе с инструментом и приспособлениями»
Производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аномальным физическим состоянием воздуха	СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
Факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, способных вызвать ожоги и обморожения тканей организма человека	СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
Факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии	ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты
Опасность поражения током из-за короткого замыкания	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов

Источник возникновения повышенного уровня локальной вибрации – выполнение работ с использованием инструмента. Профессиональные заболевания: заболевания опорно-двигательного аппарата, сердечно-сосудистой системы. Например, при работе с болгаркой уровень вибрации составляет 2,7 м/с. Допустимый уровень локальной вибрации – 2 м/с, исходя из этого, можно сделать вывод о несоответствии уровня вибрации нормативным требованиям. Средства коллективной защиты: использование более модернизированных инструментов с меньшим уровнем вибрации. Средства индивидуальной защиты: рукавицы или перчатки.

Источник возникновения повышенного уровня шума – регуляторы давления (РДМ) в блоке редуцирования газа. Уровень шума при работе одного РДМ – 90 дБ, но зачастую в работе находится больше одного регулятора (это зависит от сезона), соответственно, уровень шума в узле редуцирования больше 90 дБ. Согласно СП 51.13330.2011, максимальный допустимый уровень шума на рабочем месте в производственном помещении – 80 дБ, исходя из этого, можно сделать вывод о несоответствии уровня шума нормативным требованиям. Наиболее типичные профессиональные заболевания, которые работник может получить в результате воздействия фактора: ухудшение слуха, болезни сердечно-сосудистой системы, угнетение центральной нервной системы (ослабление памяти, апатия, расстройство сна и т.д.). Средства коллективной защиты: звукопоглощающая облицовка здания, строительство шумозащитных строений, расположение строений на ГРС отдаленно от данного узла. Средства индивидуальной защиты: противошумные наушники.

Источник возникновения недостатка необходимого искусственного освещения – нехватка осветительных приборов в помещении и их недостаточная яркость, отсутствие естественного освещения. Нехватка освещения приводит к частым головным болям, повышению артериального давления. Для офисных кабинетов освещенность должна составлять не менее 300 лк (для кабинета в доме оператора), для промышленных сооружений при

выполнении работ малой точности – 200 лк. Средства коллективной защиты: осветительные приборы необходимой яркости. Средства индивидуальной защиты: настольная лампа.

Источник возникновения факторов, связанных с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего – котлы в узле подогрева газа (повышенная температура воздуха в помещении). Наиболее типичные профессиональные заболевания, которые работник может получить в результате воздействия фактора: болезни сердечно-сосудистой системы, нарушение обмена веществ. Оптимальная температура воздуха в помещении в теплый период года – 20°C – 22°C. Температура воздуха в блоке подогрева газа – 35 °C, можно сделать вывод о несоответствии температуры нормативным требованиям. Средства коллективной защиты: вентиляция, теплоизоляция котлов, ограничение нахождения в помещении по времени.

Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса, могут быть вызваны необходимостью постоянных передвижений по станции, переноски тяжелых предметов, поддержания чистоты на территории ГРС (чистка снега в холодное время года и выкос травы в теплое). Профессиональные заболевания: хронические заболевания периферической нервной системы, заболевания скелетно-мышечной системы, варикозное расширение вен нижних конечностей, грыжи, заболевания сердечно-сосудистой системы. Прилагаемое работником усилие не должно превышать 15 кг. Средства коллективной защиты: нормирование физических нагрузок, рационализация режимов труда и отдыха. Средства индивидуальной защиты: подъем грузов выше нормируемых величин с помощью вспомогательных средств (тележки, тачки и т.д.).

Производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания могут возникать при аварийных ситуациях – утечка одоранта (этилмеркаптана) или разгерметизации газопровода. Газ может вызывать удушье, одорант – головную боль, тошноту, судороги.

Предельно допустимая концентрация этилмеркаптана – 1 мг/м³, природного газа – 7000 мг/м³, при нормальном функционировании станции эти показатели не превышаются. Средства коллективной защиты: вентиляция. Средства индивидуальной защиты: противогаз. В целях обеспечения безопасности эксплуатации станции проводятся инструктажи для сотрудников, устанавливаются автоматические газоанализаторы для контроля загазованности [36]; контроль за герметичностью одоризационного блока осуществляется с помощью системы автоматического управления, находящейся в доме оператора. Также на ГРС ведутся журналы суточного расхода газа и суточного расхода одоранта. Во время выполнения газоопасных работ замер загазованности производится переносным газоанализатором каждые полчаса, результаты замеров вносятся в журнал.

Факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, способных вызвать ожоги и обморожения тканей организма человека могут быть вызваны: обслуживанием уличных узлов станции в холодный период года (обморожение), обслуживанием котлов в узле подогрева газа (ожоги). Контакт с холодными поверхностями является причиной сосудистых заболеваний, с горячими – причиной нарушения целостности кожных покровов. Допустимая температура поверхностей – 16°С – 24°С. В условиях холодного времени года оборудование вне строений имеет отрицательную температуру, оборудование и трубопроводы в узле подогрева – более 45°С. Средства коллективной защиты: теплоизоляция трубопроводов узла подогрева, предупреждающие вывески, ограждения. Средства индивидуальной защиты: теплый костюм и перчатки для защиты от обморожения, термоизолирующие рукавицы или перчатки от ожогов.

Факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов могут возникнуть из-за воздействия молнии на человека, так как часть работ, выполняемых оператором, происходят на открытом пространстве. Удар молнии может вызвать потерю зрения, слуха,

судороги, паралич, может стать причиной хронических головных болей и проблем с памятью. При длительности молнии 0,2 с величина ее разряда – от десятков миллионов вольт, предельно допустимое значение напряжения – 400 В (ГОСТ 12.1.038-82). Средства коллективной защиты: молниеотвод, расположение узлов внутри сооружений.

Опасность поражения током из-за короткого замыкания может произойти при прикосновении к проводам с нарушенной изоляцией – провода заземления сооружений и оборудования, провода инструментов. Действие фактора на человека: локальные и общие поражения организма человека электрическим током (ожоги, механические повреждения, электрический удар). Предельно допустимое значение напряжения, протекающего через тело человека при продолжительности воздействия 1 с – 200 В. Средства коллективной защиты: поддержание параметров микроклимата в сооружениях и правильное хранение инструментов для предотвращения разрушения изоляции проводов, дополнительная изоляция, диэлектрические коврики, знаки безопасности, проведение инструктажей и периодическая проверка знаний по электробезопасности. Средства индивидуальной защиты: диэлектрические перчатки, инструменты с изолирующими рукоятками, диэлектрические галоши.

Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса, могут быть вызваны эмоциональными перегрузками и перенапряжением анализаторов, вызванное информационной нагрузкой, из-за необходимости следить за параметрами функционирования ГРС. Фактор может вызывать стресс, психические расстройства. Минимизировать воздействие фактора можно с помощью рационализации режимов труда и отдыха.

Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним могут оказать

на него воздействие при использовании им инструмента и при обслуживании оборудования. Жала насекомых, шипы и иные части тела живых организмов, используемые ими для защиты, включая укусы, могут оказывать воздействие на оператора в теплое время года при обслуживании станции. Данные факторы могут привести к появлению порезов, ушибов и других видов травм. К коллективным средствам защиты от воздействия механических факторов относятся устройства: оградительные, дистанционного управления, знаки безопасности, расположение узлов внутри сооружений. Средства индивидуальной защиты: защитный костюм, перчатки, каска, очки защитные, ботинки или сапоги для защиты от механических воздействий, страхование от клеща.

Движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего, могут оказывать влияние на оператора при ручной обработке металла (осколки металла), при разрушении или падении машин, механизмов их узлов и деталей. Данные факторы могут привести к появлению порезов, ушибов и других видов травм. К коллективным средствам защиты от воздействия механических факторов относятся устройства: оградительные, дистанционного управления, знаки безопасности. Средства индивидуальной защиты: защитный костюм, перчатки, каска, очки защитные, ботинки или сапоги для защиты от механических воздействий.

4.4 Экологическая безопасность

Атмосфера может быть загрязнена природным газом и продуктами его сгорания при аварии. ПДК природного газа в воздухе рабочей зоны (по метану) – 7000 мг/м³ [14]. В целях обеспечения безопасности эксплуатации станции устанавливаются автоматические газоанализаторы и сигнализация для быстрого предотвращения утечки газа, производится периодическая проверка оборудования на утечку обмыливанием [37], защитой от утечки также является проведение технических осмотров и ремонтов. ПДК одного

из продуктов горения – монооксида углерода: максимальная разовая – 5 мг/м³, среднесуточная – 3 мг/м³. Для предотвращения горения и, соответственно, для предотвращения загрязнения атмосферы продуктами горения используются средства сигнализации, автоматического пожаротушения, огнетушители, подземная ёмкость с водой.

Гидросфера (подземные воды) и литосфера может быть загрязнена при утечке одоранта. ПДК одоранта в воздухе рабочей зоны производственных помещений 1 мг/м³. Контроль за герметичностью одоризационного блока осуществляется с помощью наблюдения за показателями работы блока одоризации в системе автоматического управления. Защитой от утечки одоранта также является проведение технических осмотров и ремонтов, модернизация оборудования. Для очистки воздуха зоны утечки, подземных вод, почвы, следует нейтрализовать пораженный участок почвы раствором хлорной извести (10%) [38]. Также происходит загрязнение гидросферы продуктами жизнедеятельности человека, при попадании сточных вод в водоемы. Для снижения загрязнения гидросферы, сточные воды должны проходить очистку с помощью фильтрации (механической очистки), биологической очистки.

Загрязнение литосферы происходит также посредством утилизации люминесцентных ламп, макулатуры, отработавшего оборудования. Накопление отходов на территории станции осуществляется отдельно по их видам, классам опасности (степени токсичности), признакам, с целью обеспечения их утилизации в качестве вторичного сырья, переработки или дальнейшего обращения с отходами. Промышленные и бытовые отходы подлежат в конечном итоге сдаче в специализированные организации, имеющие соответствующую лицензию на деятельность по сбору, транспортировке, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов I — IV классов опасности. Полностью исключены из отходов, передаваемых для захоронения на полигонах, отходы макулатуры и химических источников тока.

На селитебной зоне может наблюдаться загрязнение воздуха продуктами горения из-за пожара при аварии на ГРС. ПДК одного из продуктов горения – монооксида углерода: максимальная разовая – 5 мг/м³, среднесуточная – 3 мг/м³. При пожаре эти показатели могут быть значительно превышены из-за пожара, перекинувшегося со станции на лес. Для предотвращения возгорания леса при пожаре вокруг ГРС вырубается деревья и удаляется вся растительность, происходит обработка земли гербицидами для предотвращения появления новой растительности, создаются противопожарные минерализованные полосы. Необходимость введения санитарно-защитной зоны для защиты селитебной зоны обусловлена работой станции под высоким давлением, легковоспламеняемостью обращающихся в ней веществ, возможностью выделения в окружающую среду большого количества загрязняющих веществ при аварии, высокой пожаровзрывоопасностью. Исходя из этого, для уменьшения неблагоприятного влияния ГРС на среду обитания и здоровье человека устанавливается санитарно-защитная зона (500 м для предприятий второго класса опасности [39]).

4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Нарушение производственным персоналом газораспределительной станции правил и норм охраны труда, пожарной безопасности, санитарных норм и инструкций по безопасной эксплуатации как объекта в целом, так и отдельных его участков может привести:

–к загазованности рабочих помещений и территории станции взрывоопасными парами и газами при утечке;

–к образованию искры при производстве работ неомедленным инструментом в зонах возможного образования взрывоопасной смеси, и как следствие – взрыв;

–к взрыву и пожару при использовании неисправного оборудования, средств контроля и автоматики, предохранительных клапанов,

электрооборудования, молниезащиты, защиты от статического электричества;

–к аварийной ситуации при аварийном отключении электроэнергии, теплоносителей, при неисправности вентиляции, заземления и изоляции;

–к утечке одоранта из узла одоризации газа.

Также на станции может произойти пожар из-за горящего возле станции леса.

Наиболее часто встречающийся вид аварии на ГРС – утечка транспортируемого газа без последующего воспламенения. Причины данной аварии: монтажные дефекты, неплотности фланцевых соединений, сварных швов, коррозия, вскрытие неподготовленных аппаратов и трубопроводов из-за размораживания трубопроводов в зимнее время. К основным мерам предупреждения аварии относится проведение плановых осмотров (ТО-1), сезонного обслуживания (ТО-2), текущего ремонта (ТР), среднего ремонта (СР), капитального ремонта (КР) [40].

Последовательность действий оператора ГРС в случае ЧС: сообщить об угрозе возникновения пожара в районную пожарную часть МЧС, доклад диспетчеру эксплуатирующей организации, эвакуировать людей с территории, открыть двери для проветривания и включить принудительную вентиляцию при разгерметизации внутри строения, перейти на работу по резервному оборудованию или трубопроводу, при отсутствии резервного оборудования перейти на байпас ГРС, сбросить избыточное давление из аварийного участка на свечу, контролировать режим работы ГРС до прибытия аварийно-восстановительной бригады.

Так как последствие данной аварии – утечка газа в атмосферу, ликвидация последствий ЧС заключается в расчете платы за негативное воздействие на окружающую среду, в замене дефектного оборудования и трубопроводов.

4.6 Вывод к разделу

Таким образом, большинство вредных и опасных факторов выходят за пределы нормируемых значений, поэтому на станции необходимо наличие средств коллективной и индивидуальной защиты сотрудников.

Категория производственных помещений станции по электробезопасности – особоопасные. Категория производственных помещений станции по взрывопожарной и пожарной опасности – повышенная взрывопожароопасность (категория А) [41]. ГРС относится к объектам, оказывающих значительное негативное воздействие на окружающую среду (I категория) [42].

Персонал станции относится ко второй группе по электробезопасности [43]; к третьей категории – по тяжести труда.

5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

5.1 Введение

Основная цель экономической части ВКР – это оценка экономической ценности предлагаемого инженерно-технического мероприятия, направленного на повышение уровня безопасности исследуемого объекта. Задачами, обеспечивающими реализацию поставленной цели, являются: определение потенциальных потребителей результатов исследования; проведение анализа конкурентных технических решений; проведение SWOT-анализа; планирование исследовательской работы; составление бюджета затрат на исследование; определение эффективности исследования.

Основной причиной разгерметизации газопровода и, следовательно, причиной аварий, является коррозия. Коррозия является следствием выбора недостаточно эффективного метода защиты от коррозии. Существует несколько способов защиты трубопроводов от коррозии: пассивный (нанесение лент), активный (электрохимическая защита). Активный метод от коррозии имеет эффект только на определенном расстоянии, требует высококвалифицированных специалистов для установки и обслуживания. Пассивный же метод предполагает длительный срок эксплуатации, несложность установки. Однако выбор ленты для этого метода является затруднительным, поскольку на рынке существует множество вариантов, имеющих свои уникальные физико-химические свойства и стоимость. Именно поэтому наблюдается необходимость проведения исследования с целью выявления ленты, сочетающей в себе оптимальный уровень качества и цены. Соответственно, инженерно-техническим мероприятием, направленным на повышение уровня безопасности газораспределительной станции, является подбор качественной изоляционной ленты.

5.2 Потенциальные потребители результатов исследования

В качестве потенциальных потребителей результатов проведенного исследования выступают газонефтедобывающие и транспортирующие компании, такие как ПАО «Транснефть», ПАО «Газпром», ПАО «Лукойл», АО «Башнефть» и т.д.

Для анализа потенциальных потребителей результатов проведенного исследования проанализирован целевой рынок и проведено его сегментирование. Результаты представлены в табл. 7.

Таблица 7 – Карта сегментирования рынка в области методов защиты трубопроводов от коррозии

		Методы защиты от коррозии		
		Пассивный	Активный	Уменьшение агрессивности среды
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			
	– ПАО «Газпром»		– ПАО «Лукойл»	

Анализ сегментов рынка показывает, что исследования в области изучения качества лент для изоляции являются актуальными для компании любой величины.

5.3 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Данный анализ проводится с помощью оценочной карты. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Оценочная карта для сравнения изолирующих лент

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _Т	Б _П	Б _Д	К _Т	К _П	К _Д
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Простота нанесения	0,15	4	4	5	0,6	0,6	0,75
2. Потребность ресурсов для нанесения	0,2	3	3	4	0,6	0,6	0,8
3. Электрическая прочность	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
4. Универсальность для разных типов климата	0,1	4	5	3	0,4	0,5	0,3
5. Прочность	0,15	4	5	5	0,6	0,75	0,75
Экономические критерии оценки эффективности							
6. Цена	0,2	5	4	3	1	0,8	0,6
7. Конкурентоспособность	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
Итого	1	29	29	28	4,10	4,05	4,00

Где Б_Т – Лента «Термизол»;

Б_И – Лента «Политерм»;

Б_В – Лента «Донрад-ст».

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \times B_i \quad (36)$$

где K – конкурентоспособность вида;

V_i – вес критерия (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

По данным оценочной карты можно увидеть, что для повышения конкурентоспособности с минимальными издержками более эффективно использовать ленту «Термизол» в целях повышения уровня безопасности газораспределительной станции.

5.4 SWOT-анализ

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

На первом этапе SWOT анализа в таблице 9 были описаны сильные и слабые стороны проекта, выявлены возможности и угрозы реализации исследования.

Таблица 9 – Матрица SWOT анализа

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
<ol style="list-style-type: none">1. Высокий спрос метода защиты от коррозии с помощью ленты;2. Наличие достаточного финансирования, так как основной потребитель – крупные компании;3. Высокая технологичность метода применения ленты.	<ol style="list-style-type: none">1. Наличие большого количества компаний, для которых исследование актуально;2. Возможность дальнейшего усовершенствования характеристик ленты;3. Возможность дополнительного спроса на ленту в целях предотвращения ЧС из-за изменений требований к безопасности объектов на законодательном уровне.
Слабые стороны	Угрозы внешней среды
<ol style="list-style-type: none">1. Необходимость наличия большого количества ресурсов для осуществления нанесения ленты;2. Отсутствие у потенциальных потребителей навыков по работе с лентой;3. Значительные временные и людские затраты.	<ol style="list-style-type: none">1. Снижение спроса из-за изменений нормативных требований (ГОСТов) в отношении лент;2. Повышение конкуренции на данном рынке;3. Появление на рынке более совершенных методов защиты от коррозии.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Интерактивная матрица проекта представлена в табл. 10 и табл. 11.

Таблица 10 – Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и возможностей

Возможности проекта	Сильные стороны			Слабые стороны			
		С1	С2	С3	Сл1	Сл2	Сл3
	В1	+	+	+	-	-	-
	В2	+	+	+	-	-	-
	В3	+	+	0	-	+	+

Таблица 11 – Интерактивная матрица сильных сторон и слабых сторон и угроз

Угрозы проекта	Сильные стороны			Слабые стороны			
		С1	С2	С3	Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	0	+	+	-	-
	У2	+	+	+	-	-	-
	У3	+	+	+	-	-	-

Анализ интерактивных таблиц:

–В1В2В3С1С2; В1В2С3;

–В3Сл2Сл3;

–У1У2У3С1С3; У2У3С2;

–У1Сл1.

Самой большой угрозой для проекта является снижение спроса из-за изменений нормативных требований в отношении лент, т.к. потребуется большое количество ресурсов для осуществления замены лент. В свою очередь, изменение нормативных требований может послужить причиной отказа от метода защиты от коррозии с помощью лент в целом, так как замена лент слишком затруднительна.

В рамках третьего этапа составляется итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 12.

Таблица 12 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Высокий спрос метода защиты от коррозии с помощью ленты; 2. Наличие достаточного финансирования, так как основной потребитель – крупные компании; 3. Высокая технологичность метода применения ленты. 	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Необходимость наличия большого количества ресурсов для осуществления нанесения ленты; 2. Отсутствие у потенциальных потребителей навыков по работе с лентой; 3. Значительные временные и людские затраты.
<p>Возможности:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Наличие большого количества компаний, для которых исследование актуально; 2. Возможность дальнейшего усовершенствования характеристик ленты; 3. Возможность дополнительного спроса на ленту в целях предотвращения ЧС из-за изменений требований к безопасности объектов на законодательном уровне. 	<p>Высокий спрос метода защиты от коррозии с помощью ленты способствует дальнейшему развитию данного метода защиты от коррозии.</p>	<p>Высокий спрос на данный метод может обеспечить засчет привлечения квалифицированных специалистов, способных обеспечить обучение персонала компаний, эксплуатирующих ленту.</p>
<p>Угрозы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Снижение спроса из-за изменений нормативных требований (ГОСТов) в отношении лент; 2. Повышение конкуренции на данном рынке; 3. Появление на рынке более совершенных методов защиты от коррозии. 	<p>Снижение спроса из-за изменений нормативных требований (ГОСТов) в отношении лент влияет на спрос метода защиты от коррозии с помощью лент в целом.</p>	<p>Самой большой угрозой для проекта является снижение спроса из-за изменений нормативных требований в отношении лент, т.к. потребуется большое количество ресурсов для осуществления замены лент.</p>

Таким образом, SWOT-анализ позволил выявить сильные и слабые стороны проекта, а также факторы, способствующие или препятствующие продвижению проекта на рынок.

5.5 Планирование работ по научно-техническому исследованию

5.5.1 Структура работ в рамках научного исследования

Структура работы в рамках научного исследования по теме «Разработка мероприятий по предупреждению аварийных ситуаций на опасном производственном объекте» для опасного производственного объекта ГРС состоит этапов, представленных в таблице 13.

Таблица 13 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Подготовительный этап	2	Календарное планирование работ	Руководитель
	3	Подбор теоретических материалов по теме	Бакалавр
Основной этап – теоретические и экспериментальные исследования	4	Изучение и анализ теоретических материалов по теме	Бакалавр
	5	Применение методов оценки риска ЧС на объекте	Руководитель Бакалавр
	6	Выполнение расчетной части ВКР	Руководитель Бакалавр
	7	Оценка и анализ полученных результатов	Руководитель Бакалавр
Заключительный этап	8	Оформление отчета	Бакалавр

5.5.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожi}$ используется следующая формула:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{минi} + 2t_{маxi}}{5}, \quad (37)$$

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

$t_{минi}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{маxi}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

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

$$t_{ож1} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 1,8 \text{ чел. – дн.}, \quad (38)$$

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

$$t_{ож2} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8 \text{ чел. – дн.}, \quad (39)$$

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

$$t_{ож3} = \frac{3 \cdot 7 + 2 \cdot 12}{5} = 9 \text{ чел. – дн.}, \quad (40)$$

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

$$t_{ож4} = \frac{3 \cdot 12 + 2 \cdot 17}{5} = 14 \text{ чел. – дн.}, \quad (41)$$

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

$$t_{ож5} = \frac{3 \cdot 13 + 2 \cdot 20}{5} = 15,8 \text{ чел. – дн.}, \quad (42)$$

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

$$t_{ож6} = \frac{3 \cdot 7 + 2 \cdot 15}{5} = 10,2 \text{ чел. - дн.}, \quad (43)$$

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

$$t_{ож7} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 4}{5} = 2,2 \text{ чел. - дн.}, \quad (44)$$

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

$$t_{ож8} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 3}{5} = 2,4 \text{ чел. - дн.}, \quad (45)$$

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ по нескольким исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (46)$$

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

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

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

Продолжительность 1-ого этапа:

$$T_{p1} = \frac{t_{ож1}}{Ч_1} = \frac{1,8}{1} = 1,8 \text{ раб. дн.}, \quad (47)$$

Продолжительность 2-ого этапа:

$$T_{p2} = \frac{t_{ож2}}{Ч_1} = \frac{2,8}{1} = 2,8 \text{ раб. дн.}, \quad (48)$$

Продолжительность 3-ого этапа:

$$T_{p3} = \frac{t_{ож3}}{Ч_1} = \frac{9}{1} = 9 \text{ раб. дн.}, \quad (49)$$

Продолжительность 4-ого этапа:

$$T_{p4} = \frac{t_{ож4}}{Ч_1} = \frac{14}{1} = 14 \text{ раб. дн.}, \quad (50)$$

Продолжительность 5- ого этапа:

$$T_{p5} = \frac{t_{ожi}}{q_i} = \frac{15,8}{2} = 7,9 \text{ раб. дн.}, \quad (51)$$

Продолжительность 6- ого этапа:

$$T_{p6} = \frac{t_{ожi}}{q_i} = \frac{10,2}{2} = 5,1 \text{ раб. дн.}, \quad (52)$$

Продолжительность 7- ого этапа:

$$T_{p7} = \frac{t_{ожi}}{q_i} = \frac{2,2}{2} = 1,1 \text{ раб. дн.}, \quad (53)$$

Продолжительность 8- ого этапа:

$$T_{p8} = \frac{t_{ожi}}{q_i} = \frac{2,4}{1} = 2,4 \text{ раб. дн.}, \quad (54)$$

5.5.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (55)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})}, \quad (56)$$

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.

Расчет коэффициента календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48. \quad (57)$$

Продолжительность выполнения 1-ого этапа в календарных днях:

$$T_{k11} = 1,8 \cdot 1,48 = 3 \text{ кал. дн.} \quad (58)$$

Продолжительность выполнения 2-ого этапа в календарных днях:

$$T_{k12} = 2,8 \cdot 1,48 = 4 \text{ кал. дн.} \quad (59)$$

Продолжительность выполнения 3-ого этапа в календарных днях:

$$T_{k13} = 9 \cdot 1,48 = 13 \text{ кал. дн.} \quad (60)$$

Продолжительность выполнения 4-ого этапа в календарных днях:

$$T_{k14} = 14 \cdot 1,48 = 21 \text{ кал. дн.} \quad (61)$$

Продолжительность выполнения 5-ого этапа в календарных днях:

$$T_{k15} = 7,9 \cdot 1,48 = 12 \text{ кал. дн.} \quad (62)$$

Продолжительность выполнения 6-ого этапа в календарных днях:

$$T_{k16} = 5,1 \cdot 1,48 = 8 \text{ кал. дн.} \quad (63)$$

Продолжительность выполнения 7-ого этапа в календарных днях:

$$T_{k17} = 1,1 \cdot 1,48 = 2 \text{ кал. дн.} \quad (64)$$

Продолжительность выполнения 8-ого этапа в календарных днях:

$$T_{k18} = 1,2 \cdot 1,48 = 2 \text{ кал. дн.} \quad (65)$$

Полученные временные показатели проведения научного исследования сведены в таблицу 14.

Таблица 14 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	T_{min} , чел–дни	T_{max} , чел–дни	$T_{ожі}$, чел– дни			
Составление и утверждение технического задания	1	3	1,8	Руководитель	1,8	3
Календарное планирование работ	2	4	2,8	Руководитель	2,8	4
Подбор теоретических материалов по теме	7	12	9	Бакалавр	9	13
Изучение и анализ теоретических материалов по теме	12	17	14	Бакалавр	14	21
Применение методов оценки риска ЧС на объекте	13	20	15,8	Руководитель Бакалавр	7,9	12
Выполнение расчетной части ВКР	7	15	10,2	Руководитель Бакалавр	5,1	8
Оценка и анализ полученных результатов	1	4	2,2	Руководитель Бакалавр	1,1	2
Оформление отчета	2	3	2,4	Бакалавр	2,4	2

Составлен план научного исследования, в котором разработан календарный план выполнения работ. Для построения таблицы временных показателей проведения НИ был рассчитан коэффициент календарности. С помощью показателей в табл. 15 был разработан календарный план-график проведения НИ по теме. Для иллюстрации календарного плана была использована диаграмма Ганта, указывающая на целесообразность проведения данного исследования.

Таблица 15 – Календарный план-график проведения научного исследования

№ ра-бо-т	Вид работ	Испол-нители	Т _{ки} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февраль		март			апрель			май					
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	3	■													
2	Календарное планирование работ	Руководитель	4		■												
3	Подбор теоретических материалов по теме	Бакалавр	13			■	■										
4	Изучение и анализ теоретических материалов по теме	Бакалавр	21				■	■	■								
5	Применение методов оценки риска ЧС на объекте	Руководитель, Бакалавр	12								■	■					
6	Выполнение расчетной части ВКР	Руководитель, Бакалавр	8											■			
7	Оценка и анализ полученных результатов	Руководитель, Бакалавр	2												■		
8	Оформление отчета	Бакалавр	2													■	

■ – научный руководитель; ■ – студент.

5.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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:

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

5.6.1 Расчет материальных затрат НТИ

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

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi} , \quad (66)$$

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

$N_{расxi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования;

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов;

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы (0,03).

Таблица 16 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Бумага	лист	200	2	412
Ручка	шт.	2	20	41
Карандаш	шт.	2	15	301
Мультифора	шт.	16	2	39
Картридж	шт.	2	900	1854
Итого				2647

Общие материальные затраты составили 2647 рублей.

5.6.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Расчет затрат по данной статье представлен в таблице 17.

Таблица 17 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., тыс. руб.	Затраты на материалы, (З _м), тыс. руб.
Персональный компьютер	Шт.	1	40	46
Принтер	Шт.	1	15	17
Wi-Fi роутер	Шт.	1	1	1
Пакет Statistica	Шт.	1	10	12
Итого:				76

Бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ составил 76000 рублей.

5.6.3 Основная заработная плата исполнителя темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Расчет основной заработной платы приводится в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1.	Составление и утверждение технического задания	НР	2	3,5	7
2.	Календарное планирование работ	НР	3	3,5	10,5
3.	Подбор теоретических материалов по теме	Ст	2	1,8	3,6
4.	Изучение и анализ теоретических материалов по теме	Ст	9	1,8	16,2
5.	Применение методов оценки риска ЧС на объекте	Ст, НР	14	5,3	74,2
6.	Выполнение расчетной части ВКР	Ст, НР	16	5,3	84,8
7.	Оценка и анализ полученных результатов	Ст, НР	10	5,3	53
8.	Оформление отчета	Ст	2	1,8	3,6
Итого					252,9

Заработная плата включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату и рассчитывается по формуле:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (67)$$

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

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

Зарплата руководителя:

$$Z_{зп} = 86625 + 12994 = 99619 \text{ руб.} \quad (68)$$

Зарплата бакалавра:

$$Z_{зп} = 99216 + 14882 = 114098 \text{ руб.} \quad (69)$$

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p \quad (70)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Основная заработная плата руководителя:

$$Z_{осн} = 3465 \cdot 25 = 86625 \text{ руб.} \quad (71)$$

Основная заработная плата бакалавра:

$$Z_{осн} = 1872 \cdot 53 = 99216 \text{ руб.} \quad (72)$$

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (73)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

Среднедневная заработная плата научного руководителя:

$$Z_{дн} = \frac{66300 \cdot 10,4}{199} = 3465 \text{ руб.} \quad (74)$$

Среднедневная заработная плата научного руководителя:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{29250 \cdot 11,2}{175} = 1872 \text{ руб.} \quad (75)$$

Таблица 19 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48 0	72 0
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	175

Месячный должностной оклад работника (руководителя):

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} \quad (76)$$

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

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Месячный должностной оклад руководителя:

$$Z_{\text{м}} = 30000 \cdot (1 + 0,3 + 0,4) \cdot 1,3 = 66300 \text{ руб.} \quad (77)$$

Месячный должностной оклад инженера (бакалавра):

$$Z_{\text{м}} = 15000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 29250 \text{ руб.} \quad (78)$$

Тарифная заработная плата $Z_{\text{тс}}$ находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{с1} = 600$ руб. на тарифный коэффициент $k_{\text{т}}$ и учитывается по единой для бюджетной организации тарифной сетке.

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 20.

Таблица 20 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	к _Т	З _{тс} , руб.	к _{пр}	к _д	к _р	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Научный руководитель	1,866	30000	0,3	0,4	1,3	66300	3465	25	86625
Студент	1,407	15000	0,3	0,2	1,3	29250	1872	53	99216
Итого									185841

Таким образом, основная заработная плата научного руководителя – 86625 рублей, студента-бакалавра – 99216 рублей.

5.6.4 Расчет дополнительной заработной платы

Дополнительная заработная плата учитывает величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Расчет дополнительной заработной платы рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (79)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, принятый на стадии проектирования за 0,15.

Дополнительная заработная плата руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = 0,15 \cdot 86615 = 12992 \text{ руб.} \quad (80)$$

Дополнительная заработная плата бакалавра:

$$Z_{\text{доп}} = 0,15 \cdot 99216 = 14882 \text{ руб.} \quad (81)$$

В итоге, дополнительная заработная плата руководителя составила 12992 рублей, бакалавра — 14882 рублей.

5.6.5 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ)

и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) \quad (82)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

В соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	86615	12992
Студент	99216	14882
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302	
Итого	64539	

Можно сделать вывод, что отчисления во внебюджетные фонды в сумме составили 64539 рублей.

5.6.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов. Их величина определяется по формуле:

$$З_{накл} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{нр} \quad (83)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы (16%).

К накладным расходам относятся:

- затраты на сотовую связь;
- затраты на интернет;
- затраты на создание нормальных условий труда;
- затраты на информационные услуги;
- транспортные расходы.

Накладные расходы:

$$Z_{\text{накл}} = (2647 + 76000 + 185841 + 27874 + 64539) \cdot 0,16 = 57104 \text{ руб.} \quad (84)$$

Таким образом, величина накладных затрат равна 57104 рублей.

5.6.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведено в таблице 22.

Таблица 22 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	2647	Пункт 5.6.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	76000	Пункт 5.6.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	185841	Пункт 5.6.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	27874	Пункт 5.6.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	64539	Пункт 5.6.5
6. Затраты на научные и производственные командировки	–	Отсутствуют
7. Контрагентские расходы	–	Отсутствуют
8. Накладные расходы	57104	Пункт 5.6.6
9. Бюджет затрат НТИ	414005	

Просуммировав все затраты на выполнение научно-исследовательской работы, было получено число, отображающее необходимый бюджет затрат – 414005 рублей.

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

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования определяется как:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (4.50)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Интегральный показатель финансовой эффективности:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп}3} = \frac{414005}{414005} = 1. \quad (85)$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \times b_i \quad (86)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Таблица 23 – Оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,3	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	4
3. Надежность	0,3	5
4. Материалоемкость	0,2	3
Итого	1	4,4

Интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_{p-исп1} = 0,3 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,3 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 = 4,4. \quad (87)$$

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{испi}$)

определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{фин.р}^{исп1}} = \frac{4,4}{1} = 4,4. \quad (88)$$

Можно сделать вывод, что реализация технологии является достаточно эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы был проведен анализ литературных источников о газораспределительных станциях, авариях на них и о возможных причинах реализации аварий. Выполнен анализ функционирования опасного производственного объекта – газораспределительной станции города Томска с рабочим давлением газа на входе 5,4 МПа, на выходе – 0,6 МПа.

Рассмотрены общие рекомендации по снижению вероятности возникновения ЧС. Главная мера по снижению риска реализации аварий – качественное проведение всех технических осмотров и ремонтных работ. При своевременном выявлении и устранении технических неполадок возможно значительно снизить аварийность на объекте. Также важно устранить человеческий фактор из перечня возможных причин реализации аварии. Для этого необходимо периодически проводить инструктажи и проверки знаний по охране труда, электробезопасности, пожарной безопасности и т.д. Также важна организация курсов по повышению квалификации для сотрудников станции.

Составлена вероятностная модель развития чрезвычайной ситуации – дерево отказов. Построение дерева дало представление обо всех ненадежных частях системы, помогло выявить возможные причины происхождения аварии. Впоследствии, результаты построения дерева позволили составить рекомендации по снижению вероятности возникновения чрезвычайной ситуации.

Был проведен метод экспертных оценок. Экспертам было предложено оценить вероятность наступления факторов и событий, которые могут привести к взрыву на газораспределительной станции. Коэффициент $W = 0,86$ показывает наличие высокой степени согласованности мнений экспертов. Это означает, что степень надежности полученных оценок также высока. В результате были выявлены наиболее и наименее вероятные

события, способные привести к ЧС. Наиболее вероятным событием является негерметичность прокладочного материала между фланцами; коррозионный износ из-за износа изоляционных материалов; коррозионный износ из-за нарушения работы средств ЭХЗ. Полученные сведения также были использованы для составления рекомендаций по снижению вероятности аварийного риска.

Были рассчитаны параметры поражения при реализации аварии на газораспределительной станции. По результатам расчетов можно сделать несколько выводов. Размер огненного шара будет недостаточно велик, чтобы задеть близлежащие объекты. Железная дорога, находящаяся на расстоянии 620 м (самый близкий объект к ГРС), и Межениновская птицефабрика, находящаяся на расстоянии 1000 м от ГРС, попадают в зону слабых разрушений. Южная часть посёлка Светлый и промышленное предприятие, расположенное восточнее ГРС, также попадают в зону слабых разрушений. Некоторые хозяйственные постройки Межениновской птицефабрики частично попадают в зону средних разрушений. Люди, находящиеся на самом близком к ГРС объекте – железной дороге, могут получить ожоги 2-й степени. Для работников ГРС вероятность гибели в случае взрыва составляет 99%, для людей на ближайших объектах – 0%. Возникшее пламя не заденет близлежащие к ГРС объекты.

Исходя из проведенного анализа причин возникновения аварий на ГРС, предложены меры по снижению вероятности реализации аварий на ГРС, такие как замена материала анода катодной защиты со стали на ферросилид, изменение состава грунтовки для изолирующего покрытия путем добавки веществ-ингибиторов коррозии, установка течеискателя для поиска утечек газа на открытой производственной площадке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российская Федерация. Законы. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон № 116-ФЗ: [принят Государственной Думой 20 июня 1997 года]. – Москва, 2021 – 27с. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/9046058>. – Текст: электронный.
2. Галеев, А. Д. Анализ риска аварий на опасных производственных объектах: учебное пособие / А. Д. Галеев, С. И. Поникаров. — Казань: КНИТУ, 2017. — 152 с.
3. Шибеко, А. С. Газоснабжение: учебное пособие / А. С. Шибеко. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 520 с.
4. Колибаба, О. Б. Основы проектирования и эксплуатации систем газораспределения и газопотребления: учебное пособие / О. Б. Колибаба, В. Ф. Никишов, М. Ю. Ометова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 204 с.
5. Кузнецова, В. Н. Эксплуатация газовых сетей: учебное пособие / В. Н. Кузнецова. — Омск: СибАДИ, 2020. — 170 с.
6. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору: официальный сайт. – Москва. – URL: <https://www.gosnadzor.ru> (дата обращения: 22. 03.2022). – Текст: электронный.
7. Синани, И. Л. Коррозия и защита от коррозии: учебное пособие / И. Л. Синани, Т. В. Лодягина. — Пермь: ПНИПУ, 2014. — 132 с.
8. Галдин В.Д. Горючие газы, добыча и транспортировка: Учебное пособие. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2006. – 163 с.
9. Коршак А. А. Газораспределение: учебник для вузов / А. А. Коршак, С. В. Китаев, Е. А. Любин, В. В. Миронов. — Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. — 589 с.
10. Магадеев В. Ш. Системы газоснабжения / В. Ш. Магадеев. — Москва: Энергия, 2015. — 223 с.

11. Петров О. Н. Методы неразрушающего контроля: учебное пособие / О. Н. Петров, А. Н. Сокольников, В. И. Верещагин, Д. В. Агровиченко; Сиб. федер. ун-т, Ин-т нефти и газа. – Красноярск: СФУ, 2021. – 132 с.
12. Российская Федерация. Правительство. Об утверждении Положения о разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах: постановление Правительства Российской Федерации от 15 сентября 2020 года № 1437. – Доступ из справочно-правовой системы Консультант Плюс. – Текст: электронный.
13. ГОСТ 5542-2014. Газы горючие природные промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия: дата введения 2015-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200113569>. – Текст: электронный.
14. Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»: постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 г. № 2. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>. – Текст: электронный.
15. ГОСТ Р 58771-2019. Менеджмент риска. Технологии оценки риска. – 2019. Технологии оценки риска: дата введения 2020-03-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200170253>. – Текст: электронный.
16. Окулов, В. Л. Риск-менеджмент: основы теории и практика применения: учебное пособие / В. Л. Окулов. – СПб: Изд-во Санкт-Петербург ун-та, 2019. – 280 с.
17. Суворова, А. П. Риск-менеджмент: учебное пособие / А. П. Суворова, О. М. Репина. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2018. – 176 с.
18. Александровская Л. Н. Безопасность и надежность технических систем: учебное пособие / Л. Н. Александровская, И. З. Аронов, В. И. Круглов. — Москва: Логос, 2010. — 376 с.

19. Белов, П. Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / П. Г. Белов. — М.: Издательство Юрайт, 2014. — 728 с.

20. Савенкова Е.В. Анализ и оценка рисков: методические указания / Е. В. Савенкова. — Москва: МПГУ, 2018. — 24 с.

21. Буянов, В. П. Рискология: управление рисками: Учеб. пособие для вузов / В.П. Буянов, К.А. Кирсанов, Л.М. Михайлов; МАЭП. - 2-е изд. – М.: Экзамен, 2003. – 383 с.

22. СП 42-101-2003. Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб. Дата введения 2003-07-08. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200032042>. – Текст: электронный.

23. ГОСТ Р 12.3.047-2012. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля: дата введения 2014-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200103505>. – Текст: электронный.

24. Об утверждении Руководства по безопасности «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей»: приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 31 марта 2016 г. № 137. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/420347905>. – Текст: электронный.

25. Филина Н. А. Оценка последствий аварий на объектах по хранению, переработке и транспортировке сжиженных и сжатых углеводородных газов и легковоспламеняющихся жидкостей: учебное пособие / Н. А. Филина. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2020. – 62 с.

26. Варющенко С. Б. Оценка обстановки при авариях (разрушениях) на потенциально опасных объектах в мирное время: учебно-методическое пособие / С. Б. Варющенко, А. В. Вилков, Д. А. Дворяшин. — Санкт-Петербург: СПбГУ, 2017. — 144 с.

27. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: приказ Министерства

Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 10 июля 2009 года № 404. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902170886>. – Текст: электронный.

28. Антонян А. В. Выбор материала и условий работы анодных заземлителей / А. В. Антонян, В. И. Мишуров. – Текст: электронный // Молодой исследователь Дона. – 2019. – № 3. – URL: https://mid-journal.ru/upload/iblock/f1e/1_Antonyan_2_6.pdf.

29. Патент № 2663134 Российская Федерация, МПК C09D 195/00 (2006.01). Битумно-полимерная грунтовка: № 2017129774: заявл. 23.08.2017: опубл. 01.08.2018 / Арабей А. Б., Игошин Р. В., Сусликов С. П.; заявитель АО «Делан».

30. Пергам: промышленное диагностическое оборудование и инжиниринг: сайт. – Москва. – URL: <https://www.pergam.ru>. – Текст: электронный.

31. Российская Федерация. Законы. О специальной оценке условий труда: Федеральный закон № 426-ФЗ: [принят Государственной Думой 23 декабря 2013 года]. – Москва, 2013. – 28 с. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/499067392>. – Текст: электронный.

32. Российская Федерация. Трудовой кодекс Российской Федерации: Федеральный закон № 197-ФЗ: [принят Государственной Думой 21 декабря 2001 года]. – Москва, 2022. – 142 с. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901807664>. – Текст: электронный.

33. ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – 1978. Общие эргономические требования: дата введения 1979-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003913>. – Текст: электронный.

34. Сердюков, В. Г. Санитарно-гигиеническая оценка естественного и искусственного освещения помещений: учебно-методическое пособие / В. Г. Сердюков. — Астрахань: АГМУ, 2021. — 52 с.

35. ГОСТ Р 50923-96. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы

измерения: дата введения 1997-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200025975>. – Текст: электронный.

36. СТО Газпром 2-3.5-454-2010. Правила эксплуатации магистральных газопроводов. – 2010.

37. Язовцев, В. В. Наружные газопроводы. Мониторинг, обслуживание и ремонт: учебное пособие. — Вологда: Инфра-Инженерия, 2020. — 380 с.

38. Шахова, Ф. А. Воздействие на окружающую среду технологических процессов нефтегазовой отрасли: учебное пособие / Ф. А. Шахова, Г. Г. Ягафарова, А. И. Мухамадеева. — Уфа: УГНТУ, 2012. — 442 с.

39. О введении в действие новой редакции санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов»: постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 25 сентября 2007 года № 74 – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902065388>. – Текст: электронный.

40. СТО Газпром 2-2.3-385-2009. Порядок проведения технического обслуживания и ремонта трубопроводной арматуры. – 2009.

41. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности: дата введения 2009-05-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071156>. – Текст: электронный.

42. Российская Федерация. Правительство. Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий: постановление Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2020 года № 2398. – URL: <https://base.garant.ru/400167826/>. – Текст: электронный.

43. Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок: приказ Министерства труда и социальной защиты российской федерации от 15 декабря 2020 года № 903н. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573264184>. – Текст: электронный.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

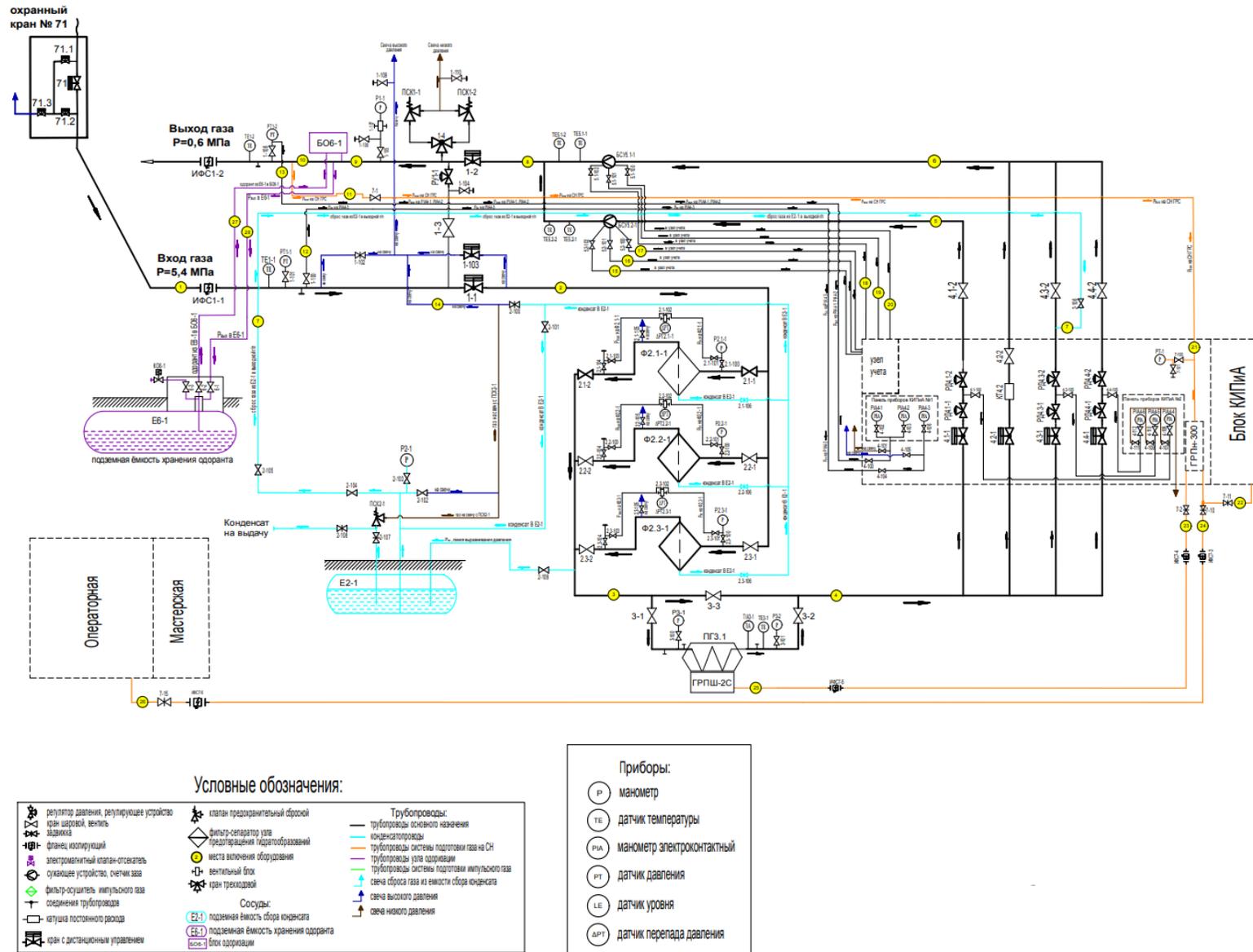


Рисунок 12 – Схема технологическая общая ГРС г. Томска

