

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

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)

Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»

Профиль «Надежность и безопасность объектов транспорта и хранения углеводородов»

Отделение нефтегазового дела

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Модернизация проектного решения участка газотранспортной системы Анивских месторождений от установки подготовки газа Южно-Луговского месторождения до газораспределительного пункта города Анива

УДК 622.691-048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ91	Курасов Олег Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОНД	Бурков Петр Владимирович	д.т.н., профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Романюк В.Б.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

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

Консультант-лингвист

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОИЯ	Сумцова О.В.	к.ф.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД ИШПР	Шадрина А.В.	д.т.н., доцент		

Планируемые результаты обучения

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
<i>В соответствии с универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями</i>		
Общие по направлению подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело»		
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ</i>
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ</i>
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ</i>
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ</i>
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ</i>
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ</i>
ОПК(У)-1	Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи на основе фундаментальных знаний в нефтегазовой области	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ</i>
ОПК(У)-2	Способен осуществлять проектирование объектов нефтегазового производства	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ</i>
ОПК(У)-3	Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ</i>
ОПК(У)-4	Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ</i>
ОПК(У)-5	Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в нефтегазовой отрасли и смежных областях	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ</i>

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
ОПК(У)-6	Способен участвовать в реализации основных и дополнительных профессиональных образовательных программ, используя специальные научные и профессиональные знания	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ Профстандарт: 01.004</i>
Специализация «Надежность и безопасность объектов транспорта и хранения углеводородов»		
ПК(У)-1	Способность разрабатывать учебно-методическое обеспечение программ профессионального обучения, а также реализовывать их	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ Профстандарт: 01.004</i>
ПК(У)-2	Способность анализировать и обобщать данные о работе технологического оборудования, осуществлять контроль, техническое сопровождение и управление технологическими процессами в нефтегазовой отрасли	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ Профстандарты: 19.010, 19.026, 19.055</i>
ПК(У)-3	Способность оценивать экономическую эффективность инновационных решений в области трубопроводного транспорта углеводородов	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ Профстандарты: 19.010, 19.026, 19.055</i>
ПК(У)-4	Способность обеспечивать безопасную и эффективную эксплуатацию и работу технологического оборудования нефтегазовой отрасли	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ Профстандарты: 19.010, 19.026, 19.055</i>
ПК(У)-5	Способность участвовать в управлении технологическими комплексами, принимать решения в условиях неопределенности	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ Профстандарты: 19.010, 19.026, 19.055</i>
ПК(У)-6	Способность применять полученные знания для разработки и реализации проектов, различных процессов производственной деятельности на основе методики проектирования в нефтегазовой отрасли, а также инструктивно-нормативных документов	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ Профстандарты: 19.010, 19.026, 19.055</i>
ПК(У)-7	Способность применять современные программные комплексы для проектирования технических устройств, аппаратов и механизмов, технологических процессов в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ Профстандарты: 19.010, 19.026, 19.055</i>

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

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
 Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
 Профиль «Надежность и безопасность объектов транспорта и хранения углеводородов»
 Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

_____ А.В. Шадрина
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ91	Курасову Олегу Александровичу

Тема работы:

Модернизация проектного решения участка газотранспортной системы Анивских месторождений от установки подготовки газа Южно-Луговского месторождения до газораспределительного пункта города Анива	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 11.02.2021 №42-29/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Проектируемые опасные производственные объекты модернизации проектного решения участка газотранспортной системы Южно-Луговского месторождения, представленные подземным газопроводом-лупингом высокого давления и наземным цилиндрическим стальным газгольдером постоянного объема
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Анализ существующих зарубежных и отечественных статистических данных об аварийности на ОПО ГТС. 2. Выявление основных причин аварийной разгерметизации и разрушения объектов хранения и транспорта природного газа. 3. Изучение актуальных методологий определения расчетных величин риска объектов ГТС. 4. Оценка вероятностей разгерметизации проектируемого ГП и газгольдера. 5. Сравнительный анализ риска аварий исследуемых ОПО.
Перечень графического материала	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзорная карта района. 2. Технологическая схема УПГ Южно-Луговского месторождения.

	<p>3. Схемы вертикального и горизонтального газгольдеров постоянного объема высокого давления.</p> <p>4. Диаграмма влияния толщины стенки ГП на частоту повреждений и размеры утечки в результате внешнего воздействия.</p> <p>5. Диаграмма влияния диаметра ГП на частоту повреждений и размеры утечки вследствие внешнего воздействия.</p> <p>6. Диаграмма влияния заглубления ГП на частоту повреждений и размеры утечки в результате внешнего воздействия.</p> <p>7. Диаграмма влияния толщины стенки ГП на частоту повреждений и размеры утечек, вызванных коррозией.</p> <p>8. Диаграмма влияния типа изоляционного покрытия на частоту повреждений и размер утечек, вызванных коррозией.</p> <p>9. График рассчитанной частоты аварий на ГП.</p> <p>10. График рассчитанной частоты аварийной разгерметизации ГП.</p> <p>11. График рассчитанной частоты возникновения аварийных проколов/трещин, отверстий и разрывов ГП на полное сечение.</p> <p>12. Ситуационный план с зонами действия поражающих факторов при разгерметизации наружного ГП – Взрыв облака ГВС.</p> <p>13. Логическое дерево событий аварийной ситуации «Полное разрушение газгольдера», содержащего природный газ под давлением.</p> <p>14. Логическое дерево событий аварийной ситуации «Частичное разрушение газгольдера», содержащего природный газ под давлением».</p> <p>15. Схема расположения светильников.</p>
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережени	Романюк Вера Борисовна, доцент, к.э.н.
Социальная ответственность	Сечин Александр Иванович, профессор, д.т.н.
Консультант-лингвист ОИЯ	Сумцова Ольга Витальевна, к.ф.н.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

АВАРИЙНОСТЬ ИССЛЕДУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ МОДЕРНИЗАЦИИ

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОНД	Бурков Петр Владимирович	д.т.н., профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ91	Курасов Олег Александрович		

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

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
 Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
 Профиль «Надежность и безопасность объектов транспорта и хранения углеводородов»
 Отделение нефтегазового дела
 Период выполнения: весенний семестр 2020 /2021 учебного года

Форма представления работы:

магистерская диссертация

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.02.2021	Подбор и изучение литературных и нормативно-правовых источников по теме исследования ВКР	10
05.03.2021	Изучение технологических характеристик исследуемых опасных производственных объектов	10
25.03.2021	Сбор статистических данных по аварийности на газопроводах и газовых резервуарах	15
10.04.2021	Анализ существующих методов определения расчетных величин риска аварий	15
25.04.2021	Проведение анализа рисков исследуемых объектов, разработка мероприятий по снижению риска аварий	20
28.05.2021	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
09.06.2021	Оформление и представление ВК	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОНД	Бурков Петр Владимирович	д.т.н., профессор		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Шадрина Анастасия Викторовна	д.т.н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ91	Курасову Олегу Александровичу

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение	Нефтегазового дела
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	21.04.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Надежность и безопасность объектов транспорта и хранения углеводородов

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

Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	В данном разделе ВКР необходимо представить: график выполнения работ, в соответствии с ВКР; трудоёмкость выполнения операций; нормативно-правовую базу, используемую для расчётов; результаты расчётов затрат на выполняемые работы; оценить эффективность нововведений и др. Раздел ВКР должен включать: методику расчёта показателей; исходные данные для расчёта и их источники; результаты расчётов и их анализ.
Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы расхода материалов, тарифные ставки заработной платы рабочих, нормы амортизационных отчислений, нормы времени на выполнение операций в ходе выполнения операций согласно справочникам Единых норм времени (ЕНВ) и др.
Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Ставка налога на прибыль 20 %; Страховые взносы 30%; Налог на добавленную стоимость 20%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Расчет капитальных и текущих затрат и финансового результата реализации проекта
Планирование и формирование бюджета научных исследований	График выполнения работ
Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет экономической эффективности внедрения новой техники или технологии

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Организационная структура управления Линейный календарный график выполнения работ Графики динамики и сравнения показателей
--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Романюк В.Б.	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ91	Курасов Олег Александрович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ91	Курасову Олегу Александровичу

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение	Нефтегазового дела
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	21.04.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Надежность и безопасность объектов транспорта и хранения углеводородов»

Тема выпускной квалификационной работы:
«Модернизация проектного решения участка газотранспортной системы Анивских месторождений от установки подготовки газа Южно-Луговского месторождения до газораспределительного пункта города Анива»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Объектом исследования является количественная оценка рисков аварий опасных производственных объектов газотранспортной системы, представленных подземным газопроводом-лупингом и наземным цилиндрическим газгольдером высокого давления. Область применения: система распределительных газопроводов.</p>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p style="padding-left: 20px;">Анализ показателей шума и вибрации</p> <ul style="list-style-type: none"> • установление соответствие показателей нормативному требованию; <p style="padding-left: 20px;">Анализ показателей микроклимата</p> <ul style="list-style-type: none"> • показатели температурные, скорости движения воздуха, запыленности. <p style="padding-left: 20px;">Анализ освещенности рабочей зоны</p> <ul style="list-style-type: none"> • типы ламп, их количество, соответствие нормативному требованию освещенности; • при расчете освещения указать схему размещения светильников на потолке согласно проведенному расчету. <p style="padding-left: 20px;">Анализ электробезопасности</p> <ul style="list-style-type: none"> • наличие электроисточников, характер их опасности; • установление класса электроопасности помещения, а также безопасные номиналы тока, напряжения, сопротивления заземления. • при расчете заземления указать схему размещения заземлителя согласно проведенному расчету. <p style="padding-left: 20px;">Анализ пожарной безопасности</p> <ul style="list-style-type: none"> • присутствие горючих материалов, тем самым, присутствие повышенной степени пожароопасности. • категории пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение. • Разработать схему эвакуации при пожаре. 	<ul style="list-style-type: none"> – микроклимат; – поражения электрическим током; – повышение уровня электромагнитного излучения; – проявления статического электричества; – освещенность; – появление зрительного напряжения; – нервно-эмоциональные перегрузки; – повышенный уровень шума; – повышенный уровень вибрации.
---	---

<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> • защита селитебной зоны • анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); • анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); • анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); • разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<ul style="list-style-type: none"> – Переработка отходов (платы, микросхемы с содержанием цветных металлов). – Утилизация ртутьсодержащих ламп. Переработка бумажных отходов.
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> • перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; • выбор наиболее типичной ЧС; • разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; • разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<ul style="list-style-type: none"> – Пожар при работе с ПЭВМ. – Действия при возникновении ЧС.
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> • специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; • организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – МУ 2.2.4.706-98/ МУ ОТ РМ 01-98. 2.2.4. «Оценка освещения рабочих мест» – Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 03.06.2003 № 118 (в ред. от 03.09.2010). – ФЗ «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 N 426-ФЗ. – СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» – ГОСТ 50571.3-2009 «Электроустановки низковольтные» – ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы» – ГОСТ 12.4.124-83 «Средства защиты от статического электричества»

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин А.И.	Д.Т.Н., профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ91	Курасов Олег Александрович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 181 страницу, 15 рисунков, 19 таблиц, 102 источника, 1 приложение.

Ключевые слова: ГАЗОПРОВОД, ГАЗГОЛЬДЕР, ГАЗОТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА, ЛУПИНГ, РИСКИ, АВАРИИ, БЕЗОПАСНОСТЬ, ЮЖНО-ЛУГОВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ.

Объектом исследования являются методы определения расчетных величин ожидаемого риска аварий проектируемых ГП и газового резервуара на участке ГТС Южно-Луговского месторождения.

В качестве **предмета исследования** рассматривались различные компенсирующие мероприятия и средства контроля риска для продления сроков безопасной эксплуатации газопроводов и газгольдеров и обеспечения их надежности на необходимом уровне.

Цель работы – выбор объектов модернизации участка газотранспортной системы Южно-Луговского месторождения, путем представления практического метода количественной оценки частоты аварийной разгерметизации проектируемых объектов с помощью существующих российских и зарубежных БД по аварийности на ОПО.

Научная новизна магистерской диссертации заключается в оценке рисков аварий и катастроф проектируемых ОПО с учетом существующих природных, антропогенных, конструктивно-технологических и производственных ФВ с целью разработки методики, позволяющей сделать, на основе количественного анализа, качественную градацию трассы проектируемого ГП-лупинга в отношении потери целостности без рассмотрения индивидуальных параметров прочностной целостности.

					Модернизация проектного решения участка газотранспортной системы Анивских месторождений от установки подготовки газа Южно-Луговского месторождения до газораспределительного пункта города Анива			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Курасов О.А.				Реферат	Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Бирков П.В.						9	181
Консульт.								
Рук-ль ООП	Шадрина А.В.							
						НИ ТПУ гр. 2БМ91		

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- ГТС – газотранспортная система;
 ГРС – газораспределительная станция;
 ГП – газопровод;
 ТП – трубопровод/трубопроводный;
 ОПО – опасный производственный объект;
 УПГ – установка подготовки газа;
 НТС – низкотемпературная сепарация;
 ГФУ – газофракционирующая установка;
 БДН – блок дозаторных насосов;
 НДС – напряженно-деформированное состояние;
 ННБ – наклонно-направленное бурение;
 ФВ – факторы влияния;
 БД – база данных;
 СМР – строительно-монтажные работы;
 ГВС – газовоздушная смесь.

					<i>Модернизация проектного решения участка газотранспортной системы Анивских месторождений от установки подготовки газа Южно-Луговского месторождения до газораспределительного пункта города Анива</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Курасов О.А.</i>			<i>Список сокращений</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Бирков П.В.</i>					10	181
<i>Консульт.</i>						НИ ТПУ гр. 2БМ91		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Шадрина А.В.</i>						

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	15
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ.....	20
1.1 Краткая характеристика Южно-Луговского месторождения	20
1.2 Описание технологического процесса УПГ.....	21
1.3 Характеристика горизонтального наземного газгольдера высокого давления	25
1.3.1 Влияние газгольдеров на режим работы системы газоснабжения ...	28
1.3.2 Выбор места установки газгольдера и технологической обвязки	29
1.4 Характеристика проектируемого лупинга	30
2. АВАРИЙНОСТЬ ИССЛЕДУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ МОДЕРНИЗАЦИИ	33
2.1 Правовые аспекты обеспечения безопасности на ОПО.....	33
2.2 Аварийность газопроводов	33
2.3 Аварийность газгольдеров	38
2.4 Об оценке риска при проектировании объектов	43
2.5 Идентификация опасности и предварительная оценка риска.....	44
3. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ВЕЛИЧИН РИСКА АВАРИЙ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ.....	47
3.1 Анализ современных методологий оценки риска	47
3.2 Выбор статистики для расчета аварийности опасных производственных объектов	54
3.3 Классификация причин аварийной разгерметизации ГП.....	55
3.4 Распределение частоты разгерметизации ГП по основным причинам и по размерам эквивалентных аварийных отверстий.....	56
3.4.1 Внешнее воздействие	59
3.4.2 Строительный брак и дефекты материалов	65
3.4.3 Коррозия	66

					Модернизация проектного решения участка газотранспортной системы Анивских месторождений от установки подготовки газа Южно-Луговского месторождения до газораспределительного пункта города Анива			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Курасов О.А.				Лит.		Лист	Листов
Рцковод.	Бирков П.В.						11	181
Консульт.					Список сокращений			
Рук-ль ООП	Шадрина А.В.				НИ ТПУ гр. 2БМ91			

3.4.4 Движение грунта, вызванное природными явлениям.....	69
3.4.5 Ошибки оператора	73
3.4.6 Другие причины	74
4. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА РИСКА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ	75
4.1 Пример расчета частоты аварийной разгерметизации участка ГП	75
4.2 Определение (расчет) границ и характеристик зон воздействия поражающих факторов аварий на проектируемом ГП	84
4.3 Пример расчета частоты аварийной разгерметизации горизонтального цилиндрического резервуара высокого давления	90
4.4 Компенсирующие мероприятия и средства контроля риска.....	92
Выводы по разделу	93
5. ПРОВЕРОЧНЫЕ РАСЧЕТЫ НА ПРОЧНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ	95
5.1 Проверочный расчет горизонтального газгольдера на прочность и устойчивость.....	95
5.2 Проверочный расчет газопровода на прочность и устойчивость	109
6. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	119
6.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	119
6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	119
6.1.2 Потенциальные потребители результатов исследования	120
6.2 Планирование научно-исследовательских работ	122
6.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	122
6.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	123
6.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	124
6.2.4 Бюджет научно-технического исследования	128
Выводы по разделу	135
7. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	136
7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	136
7.2 Производственная безопасность	137
7.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов.....	137

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

7.3 Мероприятия по снижению воздействия вредных и опасных производственных факторов.....	140
7.3.1 Нервно-психологические перегрузки (монотонность, умственное напряжение).....	140
7.3.2 Превышение уровня шума.....	140
7.3.3. Освещение	141
7.3.4 Микроклимат.....	146
7.3.5 Поражение электрическим током	146
7.3.6. Превышение уровня электромагнитного излучения.....	148
7.3.7 Превышение уровня вибрации	149
7.3.8 Появление зрительного напряжения	149
7.3.9 Проявление статического электричества	150
7.4 Экологическая безопасность.....	150
7.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	151
7.5.1 Анализ возможных ЧС	151
7.5.2 Пожарная безопасность.....	151
Вывод по разделу	153
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	154
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	157
Приложение А	170
ACCIDENTS DURING THE IMPROVEMENT OF THE GAS TRANSPORTATION SYSTEM.....	170
Legal aspects of ensuring safety at a hazardous production facility	171
Gas pipeline accidents.....	171
Gas tanks accidents	175
About risk assessment in the design of facilities	179
Hazard identification and preliminary risk assessment	180

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. Обеспечение безаварийной и надежной работы ГП является приоритетной задачей в системе хранения и транспорта природного газа. Вопреки принимаемым мерам по предотвращению внештатных ситуаций при обеспечении бесперебойных поставок природного газа конечному потребителю на уровне проектных параметров, аварии все равно происходят. Существующая вероятность возникновения инцидентов на сооружениях газовых сетей свидетельствует о недостаточной эффективности существующих способов их предупреждения. Одна из причин – отсутствие универсальной методики комплексного анализа ГП и газового оборудования, позволяющего следить за их техническим состоянием в течение всего жизненного цикла. Статистический анализ аварий на объектах газопромышленного комплекса свидетельствует о низких фактических уровнях безопасности [1].

Необходимость учитывать аспекты безопасности обусловлена масштабными угрозами пожара, взрыва и загрязнения окружающей среды в условиях объективной невозможности полного устранения разрушения сосудов под давлением и ГП [2].

Перспективные ГТС отличает использование прогрессивных и в то же время сложных конструкторских и технологических решений. Использование в конструкциях новых высокопрочных материалов обеспечивает возможность их работы в условиях высоких уровней статических, циклических и динамических нагрузок, широких диапазонов температур и воздействий агрессивных сред.

					<i>Модернизация проектного решения участка газотранспортной системы Анивских месторождений от установки подготовки газа Южно-Луговского месторождения до газораспределительного пункта города Анива</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Курасов О.А.</i>			<i>Введение</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Рцковод.</i>		<i>Бчрков П.В.</i>					14	181
<i>Консульт.</i>						НИ ТПУ гр. 2БМ91		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Шадрина А.В.</i>						

ГП и газовые резервуары являются основным видом транспорта и хранения природного газа. Утечки в них могут привести к взрывам и пожарам и стать причиной человеческих жертв, ущерба окружающей среде и материальных потерь. Эффективный анализ рисков имеет большое значение для предотвращения и снижения вероятности возникновения потенциальных аварий. Вовремя принятые меры по обеспечению условий безопасной эксплуатации ОПО могут свести их степень аварийности к минимуму [3].

Основной задачей безопасной эксплуатации элементов ГТС следует считать разработку мероприятий, позволяющих предупреждать аварии, а не ликвидировать их последствия. С целью обеспечения необходимых технико-экономических показателей ГТС и продления сроков ее эксплуатации необходимо увеличить надежность и безотказность работы ОПО с помощью проведения регулярных мероприятий по их диагностике, ремонту, реконструкции и модернизации.

Выполнение комплекса этих работ позволит не только увеличить сроки эксплуатации существующих объектов, но и проектировать перспективные объекты для хранения и транспорта природного газа с высоким уровнем надежности и поддерживать его на разных стадиях их жизненного цикла.

Для определения расчетной схемы, адекватно описывающей состояние ГП и газгольдера под действием эксплуатационных и внешних воздействий, необходимо исследовать их конструкционную надежность, которая обуславливает способность сопротивляться внешним и внутренним нагрузкам и воздействиям, возникающим при транспорте и хранении газа, без нарушения целостности при соблюдении норм и правил эксплуатации, технического обслуживания и ремонта [4].

Цель работы – выбор объектов модернизации участка газотранспортной системы Южно-Луговского месторождения, представленных подземным ГП-лупингом высокого давления и наземным цилиндрическим газгольдером постоянного объема, путем представления практического метода количественной оценки частоты аварийной

					<i>Введение</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		15

разгерметизации проектируемых объектов с помощью существующих российских и зарубежных БД по аварийности на ОПО.

Достижение поставленной цели потребовало решение следующих **задач**:

1. Анализ современных российских и зарубежных статистических данных по аварийности на ОПО.
2. Выявление основных причин аварийной разгерметизации ГП и газгольдеров.
3. Изучение существующих методов определения расчетных величин риска аварий объектов хранения и ТП транспорта природного газа.
4. Выполнение сравнительного анализа частоты аварийной разгерметизации ГП-лупинга и газгольдера на основе количественной оценки риска.

Объектом исследования являются методы определения расчетных величин ожидаемого риска аварий проектируемых ГП и газового резервуара на участке ГТС Южно-Луговского месторождения.

В качестве **предмета исследования** рассматривались различные компенсирующие мероприятия и средства контроля риска для продления сроков безопасной эксплуатации газопроводов и газгольдеров и обеспечения их надежности на необходимом уровне.

Научная новизна магистерской диссертации заключается в оценке рисков аварий и катастроф проектируемых ОПО с учетом всех существующих ФВ на частоту отказов оборудования, включая природные, антропогенные, конструктивно-технологические и производственные факторы для подбора параметров с целью разработки методики, позволяющей сделать, на основе количественного анализа, качественную градацию трассы проектируемого ГП-лупинга в отношении потери целостности без рассмотрения индивидуальных параметров прочностной целостности.

					<i>Введение</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		16

Практическая значимость. Полученные результаты количественной оценки риска проектируемых объектов модернизации ГТС могут быть использованы в дальнейшем для разработки мероприятий и инженерно-технических решений по предотвращению аварий и повышению надежности и безопасности ГП и резервуаров для хранения природного газа в области их проектирования, строительства и эксплуатации.

Публикации. Основные положения магистерской диссертации опубликованы в 10 печатных работах российских и зарубежных изданий и доложены на:

- XVII International Forum-Contest of Students and Young Researchers «Topical Issues of Rational Use of Natural Resources», (г. Санкт-Петербург, 31 мая-06 июня 2021 г.);
- IX Молодежной международной научно-практической конференции «Новые технологии в газовой отрасли: опыт и преемственность» (г. Москва, 19-21 мая 2021 г.);
- XIX Всероссийской конференции-конкурсе студентов и аспирантов «Актуальные проблемы недропользования» (12-16 апреля 2021 г.);
- XXII Международной молодёжной научной конференции «СЕВЕРГЕОЭКОТЕХ-2021» (г. Ухта, 17-19 марта 2021 г.);
- XIV Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Актуальные проблемы науки и техники-2021» (г. Уфа, 15-19 марта 2021 г.);
- III Международном форуме «Metrological support of innovative technologies» в рамках празднования 80-летия Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, 300-летия Российской академии наук (г. Санкт-Петербург, 04 марта 2021 г.)
- Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Проблемы функционирования систем транспорта» (г. Тюмень, 02-04 декабря 2020 г.);

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

- XI международной конференции «Химия нефти и газа», посвящённая 50-летию Института химии нефти СО РАН (г. Томск, 28 сентября – 2 октября, 2020 г.);
- XVI International Forum-Contest of Students and Young Researchers «Topical Issues of Rational Use of Natural Resources», (г. Санкт-Петербург, 17-19 июня 2020 года);
- Международной научно-технической конференции «Нефтегазовый терминал» (г. Тюмень, 28-29 мая 2020 г.);
- Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Новые технологии – нефтегазовому региону» (г. Тюмень, 20-21 мая 2020 г.);
- X международной научно-практической конференции (г. Ижевск, 14 апреля 2020 г.);
- XVIII Всероссийской конференции-конкурсе студентов и аспирантов «Актуальные проблемы недропользования» (12-16 апреля 2021 г.);
- XXIV Международном симпозиуме имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных «Проблемы геологии и освоения недр», посвященный 75-летию Победы в Великой Отечественной войне (г. Томск, 06-10 апреля 2020 г.).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Краткая характеристика Южно-Луговского месторождения

Южно-Луговское месторождение расположено в южной части острова Сахалин, в северо-восточной прибрежной полосе полуострова Крильон и приурочено к юго-западной части Сусунайской низменности.

В административном отношении оно располагается на территории Анивского района Сахалинской области. Ближайшими населёнными пунктами являются районный центр г. Анива и пос. Огоньки, отстоящие от контура месторождения на расстоянии, соответственно, 5 и 6 км [5].

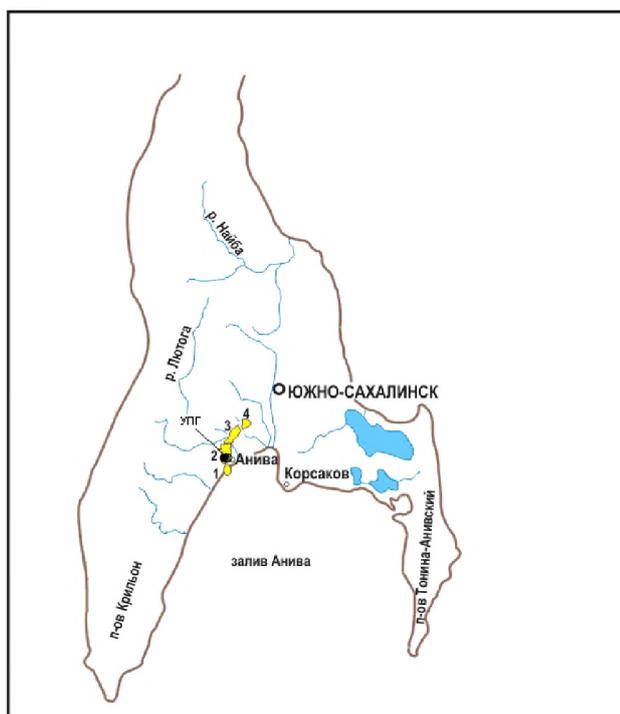


Рисунок 1 – Обзорная карта района: 1 - Восточно-Луговское месторождение; 2 - Южно-Луговское месторождение (УПГ Южно-Луговское); 3 - Заречное месторождение; 4 - Благовещенское месторождение

					Модернизация проектного решения участка газотранспортной системы Анивских месторождений от установки подготовки газа Южно-Луговского месторождения до газораспределительного пункта города Анива			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Курасов О.А.				Характеристика объекта исследования	Лит.	Лист	Листов
Рцковод.	Бцрков П.В.						19	181
Консульт.						НИ ТПУ гр. 2БМ91		
Рук-ль ООП	Шадрина А.В.							

Рассматриваемая площадь расположена в бассейне нижнего течения наиболее крупной реки Южного Сахалина - Лютоги.

С районным центром месторождение соединяется автотодорогой. С юга на север вдоль восточной границы площади проходит автотрасса Таранай-Анива-Холмск. Имеются автодорожные мосты через р. Лютогу в г. Анива и вблизи пос. Петропавловское (в 3 км. к северу от месторождения Благовещенского). Через площадь, вдоль побережья Анивского залива проходит автодорога г. Анива - пос. Кириллово.

Орографически Южно-Луговское месторождение, за исключением её западной границы, приурочивается к равнинной прибрежной низменности. Западным же ограничением является подножие восточных склонов Камышового хребта. В сейсмическом отношении Анивский район относится к восьмибальной зоне по шкале Рихтера. Сейсмостанция в г. Южно-Сахалинске в течение года регистрирует несколько толчков силой 3 - 4 балла.

Климат района муссонный с проявлениями морского (преимущественно в периоды межсезоний). Морозный период устанавливается в конце ноября и длится до начала апреля. Устойчивый снежный покров - с середины декабря до середины апреля. Высота его на равнине не превышает одного метра, в распадках - достигает двух и более метров. Лето короткое дождливое. Преобладающим направлением ветров в течение года является юго-западное. Средняя скорость ветра в зимние месяцы 3,6-3,8 м/с, в летние месяцы 2,2-2,3 м/с. Среднегодовая температура плюс 4-5 °С [5, 6].

1.2 Описание технологического процесса УПГ

Продукция скважин с Анивских месторождений транспортируется через индивидуальные шлейфы за счет пластового давления на I ступень (ступень НТС) сепарационного блока УПГ. Установка низкотемпературной сепарации на Южно-Луговском месторождении включает в себя две рабочие линии обработки технологического газа производительностью 75 млн. м³/год для

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

природного газа и предназначена для очистки добываемого газа от механических примесей и пластовой воды (рисунок 2).

Пропускная способность УПГ принята 75 млн. м³/год. Запроектировано 16 входных ниток, максимальное давление на которых не превышает 12,9 МПа.

Газ из скважин по индивидуальным ГП поступает на блоки редуцирования. Всего в схеме предусмотрено 2 таких блока, каждый из которых предназначен для подключения нескольких скважин.

Давление в шлейфах на входе в редукторы в среднем на 5% ниже устьевых. Статическое давление на устье скважины не превышает 12,9 МПа. Температура газа на входе в блоки практически равна сезонной температуре грунта и колеблется от 0 °С до плюс 8 °С.

При редуцировании газа на блоках до давления первичной сепарации (8,0 МПа) происходит адиабатическое расширение с поглощением тепла, в результате чего температура на каждой линии уменьшается в среднем на 3 °С, а давление уменьшается на 1 МПа. В результате снижения температуры точка росы газа по влаге и углеводородам уменьшается, после чего происходит их конденсация в ТП после блоков редуцирования.

Для предотвращения образования гидратов на узлах редуцирования предусмотрен дозированная подача метанола насосом. С блоков редуцирования продукция скважин, состоящая из газа, конденсата и метанола, направляется в сепараторы первой ступени.

В схеме принято два сепаратора I ступени: С-1 и С-2. Один рабочий и один резервный.

В сепараторах I ступени газ освобождается от жидкости и направляется на узел редуцирования II ступени, где осуществляется сброс давления до давления 1,5 МПа.

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

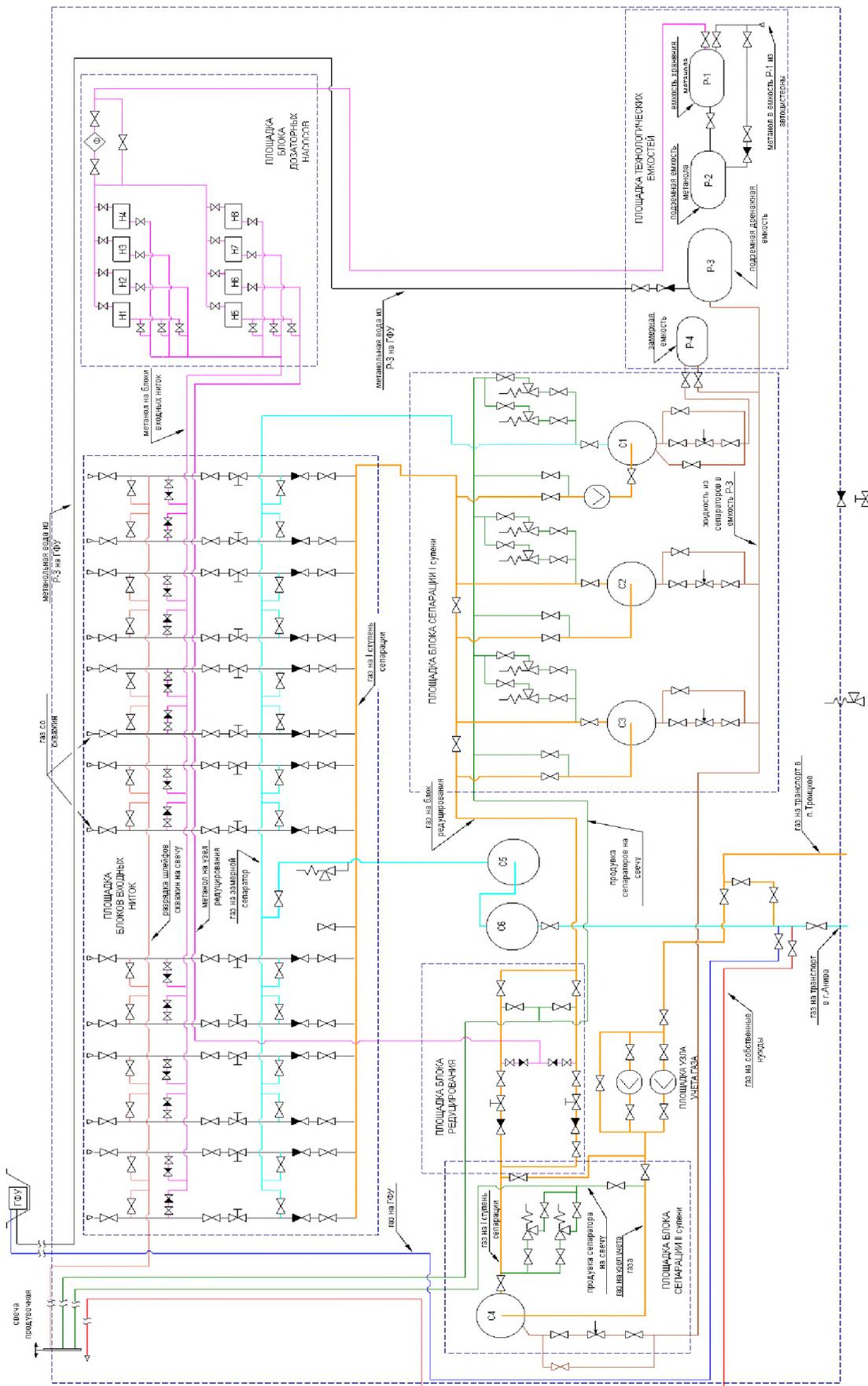


Рисунок 2 — Технологическая схема установки подготовки подготовки газа Южно-Луговского месторождения

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Характеристика объекта исследования

Газ, с выделившимися в результате повторного редуцирования жидкими углеводородами, направляется далее на сепаратор II ступени С-4. Максимальное допустимое рабочее давление на сепараторе II ступени 4,5 МПа. После сепарации II ступени газ проходит коммерческий узел учета, после чего направляется по ГП на ГРС «Троицкое».

Вторая рабочая технологическая линия подготовки газа предназначена для транспорта газа до потребителей г. Анива и близлежащие населенные пункты: с. Рыбацкое и с. Воскресенское. В скором времени планируется подключить к газификации с. Петропавловское и с. Песчанское Анивского района.

Через замерную линию газ давлением 0,6 МПа поступает на сепараторы С-5, С-6. В сепараторах газ освобождается от жидкости и направляется на транспорт в г. Анива. Одоризация газа осуществляется на выходном ТП на транспорт в Аниву из сосуда-одоризатора газа ВМ 97.2.

С сепараторов С-5, С-6 конденсат углеводородов с водой направляются в подземную дренажную емкость Р3 объемом 40 м³, где осуществляется сбор жидкости.

Замер дебитов скважин осуществляется в трехфазовом сепараторе С-3. Отдельно замеряется добыча газа и пластовой воды. Измерение расхода газа осуществляется с помощью диафрагмы камерной (ДКС 10-50), установленной во фланцевом соединении на ТП сепаратора С-3. Жидкость с замерного сепаратора С-3 направляется в надземную замерную емкость Р-4 объемом 3 м³, где осуществляется замер жидкости. Переток жидкости с емкости Р-4 в емкость Р-3 происходит самотеком после снижения давления в замерном сепараторе.

С сепараторов С-1, С-2 и С-4 конденсат углеводородов с водой направляются в подземную дренажную емкость Р-3 объемом 40 м³, где осуществляется сбор жидкости.

					<i>Характеристика объекта исследования</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		23

Из емкости Р-3 жидкость откачивается насосом и направляется на специальную установку ГФУ, где распыляется и выжигается в котловане в потоке газа.

Для предотвращения образования гидратов на узлах редуцирования предусматривается дозированная подача метанола с помощью дозирующих насосов, расположенных на 2 блоках БДН заводского изготовления. Метанол подается на узлы редуцирования блоков БР1 и БР2. Удельная расчетная норма расхода метанола составляет 0,677 м³/сутки. В год расход метанола составит не более 237 м³.

Для хранения метанола предусматривается горизонтальный надземный резервуар Р-1 объемом 25 м³. Для аварийного слива метанола из резервуаров Р-1 предусматривается подземная емкость Р-2 объемом 25 м³ со встроенным насосом. Возврат метанола осуществляется в резервуар Р-1 [7].

1.3 Характеристика горизонтального наземного газгольдера высокого давления

Резервуары постоянного геометрического объема и давления, которые варьируются при его заполнении или опорожнении, известны как газгольдеры высокого давления. Резервуар можно разместить горизонтально или вертикально.

Такие сооружения используются химическими и металлургическими предприятиями, а также городскими АЗС. Во втором случае их использование наиболее рентабельно, поскольку газ для хранения необходимо компримировать, а газовые продукты транспортировать через систему ТП на заправочные станции, которые имеют достаточное давление для закачки газа в газгольдер [8, 9].

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

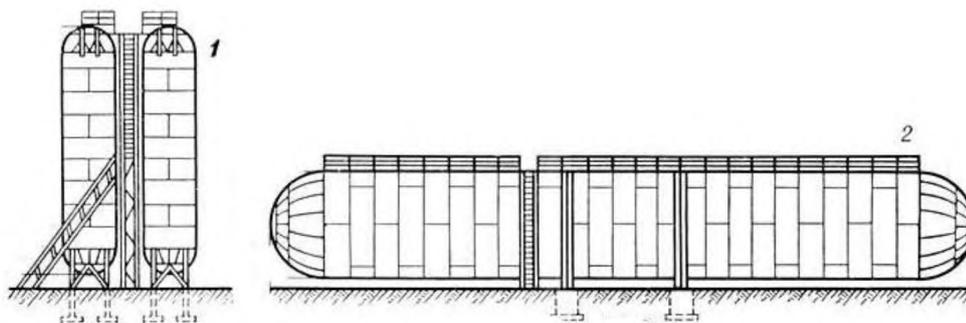


Рисунок 3 – Схемы 1) вертикального и 2) горизонтального газгольдеров постоянного объема высокого давления

Цилиндрический каркас и сферическое днище резервуара высокого давления - это два отдельных сегмента. В зависимости от толщины используемых стальных листов цилиндрическая часть состоит из нескольких обечаек длиной от 2000 до 2400 мм, которые сварены автоматической сваркой. К днищам торцов по обе стороны цилиндрической части резервуара припаяны полусферические сегменты в виде отдельных стальных «лепестков». Перед транспортировкой на место установки эти типы газовых резервуаров собираются и проходят на заводах всесторонние испытания. Размеры и основные характеристики используемых в настоящее время цилиндрических газовых баллонов стандартизированы. Таким образом, геометрические объемы этих газовых баллонов составляют 50, 100, 175 и 270 м³ соответственно, а внутренний диаметр - 3200 мм (газовые баллоны объемом 270 м³ устанавливаются только в горизонтальном положении) [10].

В результате газовые баллоны с различным содержимым отличаются только длиной цилиндрического компонента. Для определения рабочего давления в газгольдерах используются следующие значения: 0,25; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6 и 2,0 МПа. Их стенки могут быть толщиной до 30 мм [10, 11].

Четыре отдельных горизонтальных опоры поддерживают цилиндрические газгольдеры. Внутренняя часть корпуса усилена прочными кольцами с парой стоек, которые поддерживаются бетонным фундаментом.

Отдельно стоящие опоры соединены по диагонали с вертикально расположенными газовыми резервуарами. Кроме того, горизонтальные

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

платформы на верхнем или среднем уровне служат дополнительной точкой соединения для вертикальных цилиндрических резервуаров, объединенных в группы (батареи) [12].

В газгольдерах высокого давления воздух вытесняется и проверяется перед заполнением газом с использованием воды, что означает, что все опорные конструкции должны быть сконструированы таким образом, чтобы выдерживать как собственный вес корпуса, так и вес воды, заполняющей его [8].

Газгольдеры обычно выполняют одновременно несколько функций. При выборе газгольдера необходимо пользоваться рекомендациями, предусматривающими наибольшую полезную емкость, а также установить проходной газгольдер, если этого требует одна из выполняемых функций.

Как показывают технико-экономические расчеты, в качестве долговременных хранилищ более экономичны газгольдеры постоянного объема (реципиенты) по сравнению с газгольдерами постоянного давления. При этом чем реже наполняются и опоражниваются реципиенты, тем под большим давлением целесообразно хранить в них газ. Помимо технико-экономических преимуществ реципиентов, они обладают эксплуатационными достоинствами: запас газа из них может быть выдан потребителю без компрессии, что важно при хранении аварийных запасов, особенно в условиях отсутствия электроэнергии и невозможности пуска компрессоров.

Применение для длительного хранения газа газгольдеров постоянного давления возможно только тогда, когда хранимый объем газа невелик (не более получасовой производительности одной установки разделения воздуха) или когда газгольдер выполняет другие функции, требующие применения газгольдера постоянного давления, а запас газа может быть выдан под давлением газгольдера. При длительном хранении запасов газа газгольдеры подключают к тупиковому ТП.

					<i>Характеристика объекта исследования</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		26

Размеры хранимых запасов определяются характером потребления и возможностями газгольдерных станций. Долго хранимые запасы создаются для обеспечения:

- аварийного запаса на предприятиях, недопускающих перерыва в подаче газа, на случай аварийной остановки;
- накапливания продукта при периодическом прекращении или снижении потребления;
- накапливания продукта на время плановых остановок (на ремонт).

Во всех случаях размеры запаса согласовывают с потребителями.

Проектом предусмотрена установка и внедрение в технологический процесс наземного горизонтального цилиндрического опасного производственного объекта для хранения смеси природного газа и газового конденсата объемом 290 м³.

1.3.1 Влияние газгольдеров на режим работы системы газоснабжения

Как правило, потребление газа промышленными и особенно бытовыми потребителями неравномерно и колеблется в течение дня, недели и года. Поэтому вариабельность расхода газа в настоящее время увеличивается.

Наличие и вместимость газгольдерных парков сильно влияет на режим работы отдельных элементов системы газоснабжения и обеспечения бесперебойного газоснабжения города. Фактически работа источников газоснабжения и ГП, по которым газ подается в город, зависит от наличия или отсутствия газгольдерного парка достаточной мощности. При наличии парка газгольдеров достаточной мощности зависит работа источников газоснабжения и ГП, по которым поступает газ; в противном случае они вынуждены увеличивать добычу (подачу) и газоснабжение в часы максимального потребления газа (днем) и резко сокращать их в часы минимального потребления газа (ночью). Это неизбежно связано с

					<i>Характеристика объекта исследования</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		27

изменением режима работы установок, производящих или добывающих газ, а также ГП, по которым газ подается. Изменение режима установок предприятий, производящих искусственный газ, сопряжено с большими трудностями, а для коксогазовых установок это вообще невозможно. Отсюда совершенно очевидна необходимость в парках газгольдеров. Необходимость установки газовых резервуаров для городов, снабжаемых природным газом, может быть установлена только на основании необходимых расчетов в каждом отдельном случае [13, 14].

При подаче природного газа можно регулировать подачу газа в город путем изменения добычи и подачи газа из скважин, используя вместимость ГП и строительство компрессорных станций, которые вводятся в действие при увеличении расхода газа.

Регулирование добычи и подачи газа из скважины можно осуществить в периоды повышенного газорасхода за счет преимущественной эксплуатации скважин с высоким дебитом и наоборот, а также за счет использования различного количества скважин. При окончательном решении вопроса должна быть учтена сложность изменения режима работы скважин [8, 15].

1.3.2 Выбор места установки газгольдера и технологической обвязки

Для размещения газгольдера и внедрения его в технологический процесс установки подготовки газа был выбран вариант после блока сепарации II степени перед закачкой газа в ГП под давлением 0,6 МПа на ГРС «Троицкое».

Наиболее рациональным вариантом выбора места размещения хранилища является проведение технологической обвязки ТП от газгольдера к ГП, идущему на ГРС «Троицкое», после узла подготовки.

Рабочие давления для газгольдеров постоянного объема составляют 0,4-1,2 МПа. Цилиндрические резервуары нормально функционируют при давлениях свыше 1,2 МПа (при соответствующих объемах свыше 200 м³).

					<i>Характеристика объекта исследования</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		28

Технологическая обвязка газгольдера представляет собой систему ГП, соединяющих между собой газовые пространства между емкостью и ГП, и различную предохранительную арматуру (задвижки, затворы, предохранительные клапаны и т.д.) [16].

ГП, соединяющие газгольдер с сетью, кроме обычных задвижек должны иметь герметические отсекающие приспособления – гидравлические затворы или листовые задвижки. При отсутствии таких приспособлений необходимо при ремонте газгольдера разобрать трубы и поставить заглушки.

Газгольдеры снабжаются предохранительными клапанами, манометрами для замера давления паровой фазы, указателями уровня и сигнализаторами предельного верхнего уровня жидкой фазы, термометрами для контроля температуры жидкой фазы, запорными органами для отключения резервуара от ГП для приёма и отпуска природных газов, люками для входа обслуживающего персонала в резервуар и его вентиляции, устройствами для вентиляции и продувки инертным газом, паром или воздухом и устройствами для удаления из газгольдера промывных стоков воды и тяжёлых остатков [17].

Расстояния от газгольдеров низкого и высокого давлений до общественных зданий, соответственно, составляют 150, 100 м; до склада легковоспламеняющихся жидкостей: 42, 36 м; до производственных и вспомогательных зданий промышленных предприятий; 15, 27 м [18].

1.4 Характеристика проектируемого лупинга

Проектируемый ГП (лупинг) высокого давления предназначен для обеспечения природным газом потребителей Анивского городского округа. Основные направления использования газа:

– пищеприготовление, горячее водоснабжение и отопление индивидуальных потребителей;

					<i>Характеристика объекта исследования</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		29

- газопотребляющее оборудование промышленных потребителей и юридических лиц;
- для объектов перспективной жилищной застройки на пищеприготовление, горячее водоснабжение и отопление индивидуальных потребителей;
- отопительные котельные

Границами проектирования строительства является выходной фланец сепаратора рег. №2 диаметром DN200 на площадке УПГ ЮжноЛуговское и существующий подземный стальной ГП высокого давления DN150 на площадке ГРП ЦРК г. Анива.

Протяженность трассы проектируемого ГП высокого давления составляет 7831,5 м.

Рассматриваемый участок ГТС входит в состав МО «Анивский городской округ» и расположен в северо-западной окраине административного центра - г. Анива. Трасса проектируемого ГП начинается на площадке УПГ Южно-Луговское, проходит в восточном направлении, огибая селитебную зону с. Заречное, и заканчивается на площадке ГРП ЦРК г. Анива.

Прокладка ГП (лупинга) высокого давления предусмотрена подземным способом, за исключением переходов через ручьи. Переходы ГП высокого давления через ручьи выполняются надземно на опорах.

Подземный ГП (лупинг) высокого давления прокладывается открытым способом, за исключением переходов через автомобильные дороги с твердым покрытием, а также естественные преграды (р. Лютога, болото и канаву). Прокладка подземного ГП высокого давления при переходе через автомобильные дороги с твердым покрытием и данные естественные преграды выполняются закрытым способом, методом ННБ.

При переходе ГП высокого давления через ручьи от ГП прокладывается надземно на опорах. Высота прокладки ГП принята не менее 1,0 м над горизонтом высоких вод 1% обеспеченности.

					<i>Характеристика объекта исследования</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		30

Прокладка ГП (лупинга) через р. Лютога протяженностью 226,7 м, болото протяженностью 96,6 м и канаву, протяженностью 27,5 м, выполняется закрытым способом, методом ННБ без устройства футляра.

При пересечении автомобильных дорог местного значения переходы ГП через автомобильные дороги выполняются закрытым способом, методом ННБ. Пересечения остальных автомобильных дорог предусмотрены открытым способом.

По трассе ГП (лупинга) высокого давления имеются пересечения:

- с водопроводом;
- с канализацией;
- с ГП;
- с линиями электропередач ЛЭП 0,4 кВ;
- с линиями электропередач ЛЭП 6 кВ;
- с линиями электропередач ЛЭП 35 кВ.

					<i>Характеристика объекта исследования</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		31

2. АВАРИЙНОСТЬ ИССЛЕДУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ МОДЕРНИЗАЦИИ

2.1 Правовые аспекты обеспечения безопасности на ОПО

В соответствии с Федеральным законом № 116-ФЗ [19] газовая отрасль приравнивается к числу опасных производств. Любое промышленное предприятие добывает, использует, обрабатывает, хранит, транспортирует и уничтожает опасные вещества, такие как газы, окисляемые и легковоспламеняющиеся химические вещества, токсичные вещества и экологически вредные соединения, в количествах, превышающих установленные законом [20]. При этом используется оборудование, работающее при давлениях выше 0,07 МПа (0,7 атм) или температурах выше 115 °С, а также применяются фиксированные на промышленных площадках подъемные устройства (канатные дороги, эскалаторы, фуникулеры).

2.2 Аварийность газопроводов

Возрастающий спрос современного общества на энергию сопровождается увеличением интенсивности добычи углеводородов и объема углеводородов, транспортируемых потребителям. Практически весь добываемый природный газ транспортируется по ТП. В связи с удаленностью районов потребления углеводородов от мест добычи и переработки, длина вводимых в эксплуатацию ГП резко возрастает, увеличивая мощность и рабочее давление газоперекачивающего оборудования. Одновременно возрастает опасность аварий на современных ГП [21].

					<i>Модернизация проектного решения участка газотранспортной системы Анивских месторождений от установки подготовки газа Южно-Луговского месторождения до газораспределительного пункта города Анива</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Курасов О.А.</i>			<i>Аварийность исследуемых объектов модернизации</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Рцковод.</i>		<i>Бцрков П.В.</i>					32	181
<i>Консульт.</i>						НИ ТПУ гр. 2БМ91		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Шадрина А.В.</i>						

ГП являются одной из основных частей системы ТП транспорта природного газа и эксплуатируются зачастую в сложных условиях, поэтому аварии на них носят затяжной характер и приводят к серьезным экологическим и материальным последствиям для региона.

Согласно многолетним наблюдениям и данным, отказы ТП могут принимать самые разные формы, создавая серьезную угрозу для близлежащих объектов. Проблема усугубляется тем фактом, что определенные участки ГП и связанных с ними промышленных объектов оказались в пределах населенных пунктов в результате усилий по развитию городов, а в некоторых случаях - на более близком расстоянии от прилегающих объектов, чем предусмотрено промышленным стандартом. Сооружение таких объектов промышленной инфраструктуры на безопасном расстоянии от объектов, где присутствуют люди, являются наилучшими мерами защиты населения от катастрофических последствий. Кроме того, коррозия и возраст ТП транспортных систем увеличивают пожарную опасность таких установок.

Принимая во внимание реальный опыт распознавания вероятности возникновения аварий, обеспечивается промышленная защита газового оборудования, а также возможность минимизировать серьезность инцидентов на ГП, связанных с пожаровзрывоопасными свойствами транспортируемого продукта в условиях прокладки ГП вблизи населенных пунктов, не исключая при этом возможность возникновения аварий с катастрофическими последствиями.

Любая разгерметизация ГП приводит к образованию вредных и поражающих для человека факторов из-за высокого рабочего давления в ГП. Например, может образоваться газовый факел (струя) длиной в несколько десятков метров, что приводит к возникновению пожаров, люди получают травмы, разрушается оборудование в непосредственной близости от струи горящего газа. В случае аварийной ситуации происходит разгерметизация ГП, значительный объем транспортируемого продукта стремительно выбрасывается наружу, образуя расширяющийся горючий газ, который

					<i>Аварийность исследуемых объектов модернизации</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		33

быстро смешивается с окружающим воздухом. При этом обычно весь объем газа, содержащийся в изолированном участке ГП, выбрасывается в окружающую среду. Несмотря на то, что выходящая из тела трубы струя может безопасно рассеяться, существует вероятность ее возгорания при наличии источника воспламенения. В результате разгерметизации ГП возможны различные процессы воспламенения газа. Если газ не воспламеняется сразу, это может привести к образованию массивного дрейфующего газо-паровоздушного облака, которое, в конечном итоге, может взорваться.

Расчет возможности аварий на ГП и оценка эффективности реализованных мер безопасности достижимы с использованием методологий количественной оценки рисков.

Для количественной оценки риска аварии на ГП [22-25] используется следующая методика. Ниже приведены некоторые примеры:

- выявление опасностей;
- расчет частоты исходного события;
- оценка катастрофических сценариев;
- расчет частоты аварийной разгерметизации;
- оценка эффективности применяемых мер безопасности.

Исходные данные об ОПО, а также о составе и состоянии транспортируемых веществ, используются для определения опасностей.

Этап идентификации частоты начального события определяет возможные виды исходных событий (небольшая утечка или полный разрыв сечения ГП, как одни из видов разгерметизации) и их ожидаемую частоту возникновения. Для оценки риска, связанного с этими значениями, обычно используются модели, основанные на статистическом анализе фактической аварийности на сопоставимых объектах.

Разработка сценариев чрезвычайных ситуаций позволяет получить исходные данные о потенциальных воздействиях и неблагоприятных

					<i>Аварийность исследуемых объектов модернизации</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		34

факторах, а также служит основой для комплексной оценки поврежденности ОПО.

Репрезентативные сценарии вероятных аварий создаются в виде деревьев событий на этапе разработки возможных сценариев аварийных ситуаций, которые демонстрируют прогнозируемую эволюцию аварии от начального события ввиду наличия компонентов, способных причинить вред человеку (например, последствия пожара, взрыва, опасных токсических эффектов).

Анализ дерева событий представляет собой совокупность количественных или качественных методов, используемых для определения возможных результатов и вероятностей исходного события. Метод логических деревьев событий используется в нашем случае для объектов модернизации, характеризующихся особенностями изменения проектных решений системы транспортировки газа, которые помогают снизить уровень аварийности и позволяют идентифицировать последовательности событий, которые, в свою очередь, приводят к появлению определенных последствий иницирующего события.

Каждый сценарий аварии учитывается при определении (обобщении) риска и расчет для него существенных количественных параметров: предполагаемая частота возникновения сценария, объем различных видов потерь в этом сценарии. Каждое происшествие подлежит суммированию (интегрированию) потерь. При оценке рисков учитываются все внешние факторы, как, например, погодные условия, поскольку они влияют на степень ущерба и их предполагаемую вероятность в конкретном месте.

Путем анализа частоты исходных событий и построения катастрофических сценариев, количественная оценка рисков может включать определенные меры безопасности при реализации проекта.

Точность, с которой определяется расчетная величина риска аварий на ОПО, не может превышать точность базовых данных и математических моделей, используемых для его вычисления. Однако, если математические

					<i>Аварийность исследуемых объектов модернизации</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		35

модели основных физических процессов, вовлеченных в аварию, будут надлежащим образом разработаны и подтверждены с использованием таких данных, то использование статистических подходов для прогнозирования ожидаемой частоты инициирующих событий и анализ деревьев событий невозможно осуществить полевыми испытаниями на действующем ОПО. В результате необходимо ограничиваться статистикой инцидентов на этом конкретном объекте (как правило, эти аварийные события происходили нечасто или вовсе отсутствовали, что затрудняет поиск статистических закономерностей), или на подобных объектах.

Статистика предшествующих аварий должна быть репрезентативной, чтобы точно оценить возможные исходные события, указывая влияние факторов аварий на вероятность будущих отказов системы (природных, техногенных или технических). После чего для конкретного ГП на каждом его участке можно определять периодичность разгерметизации, вычислять риски и оценивать эффективность мероприятий по предотвращению аварий. В работе [26] подчеркивается важность проведения тщательного и надежного изучения статистических данных.

Регулирующие органы во многих странах, а также компании, эксплуатирующие ГП, собирают и анализируют данные о происходящих на них инцидентах. В собранных БД структура, объем и критерии информации об инцидентах существенно различаются. В результате необходимо принять решение о том, использовать ли ту или иную статистическую базу чрезвычайных ситуаций при анализе риска, что имеет первоочередное значение и требует обоснования. Кроме того, в данном исследовании рассматриваются особенности доступных российских и международных статистических БД о происшествиях (авариях) на ГП, а также возможность их использования при оценке рисков.

Эксплуатационная эффективность ГП должна быть сосредоточена на диагностике устройств, используя крупнейшие БД оценки рисков на промышленных предприятиях. Смоделированные в научных лабораториях

данные, отражающие закономерности развития и «поведение» процессов деформирования и разрушения металлов, являются основой для безопасного определения остаточного ресурса и времени на техническое освидетельствование или ликвидацию аварийных последствий чрезвычайных ситуаций [27].

Все это требует принятия решений о модернизации таких объектов и внесении изменений в технологические схемы ГТС с целью повышения безопасности за счет использования современных аварийных и противопожарных технологий, замены изношенного оборудования на новое и, в том числе, прокладки новых ГП. Одновременно наиболее сложной проблемой является определение соответствующего и разумного набора процессов, обеспечивающих соответствие таких объектов необходимому уровню безопасности. Для решения этой проблемы требуется разработка методик измерения пожарной опасности ОПО с учетом особенностей конкретного объекта, а также влияния различных применяемых мер пожарной безопасности.

2.3 Аварийность газгольдеров

Газгольдеры постоянного объема – сложное технологическое оборудование, выход из строя которого может стать причиной промышленной катастрофы, приводя к дефектам и износу материала и смешиванию опасных компонентов, оказывая значительное воздействие на окружающую среду и приводя к травмированию персонала и населения [28, 29]. Ростехнадзор рассматривает реконструкцию и техническое перевооружение контролируемых предприятий, что является важнейшими направлениями повышения промышленной безопасности ОПО. Федеральный закон № 116-ФЗ [19], вступивший в силу 21 июля 1997 года, требует от ОПО организации и контроля производства в соответствии с критериями промышленной безопасности, а также создания системы управления производством [30, 31].

					<i>Аварийность исследуемых объектов модернизации</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		37

Газгольдеры относятся к промышленным конструкциям высокого давления, которые также находятся в сложном НДС. Напряженные состояния отдельных их элементов возникают уже на стадии изготовления и проведения СМР. Последующий рост величины напряжений в элементах конструкции резервуара является следствием действия эксплуатационных нагрузок, что, в конечном счете, приводит к риску возникновения аварийной ситуации. Поэтому обеспечение надежности и увеличение срока полезного использования газгольдеров требуют комплексного рассмотрения вопросов снижения риска возникновения внештатных событий, диагностики и ремонта газового оборудования [32].

Необходимые исследования и оценка рисков аварий газового оборудования различных конструкций регулируются законодательством, определяющие технические стандарты и промышленную безопасность на ОПО [28, 33, 34]. Результаты и связанные с ними оценки рисков, безопасные условия эксплуатации ОПО, эксплуатационные и все другие требования должны содержаться в отдельном документе, озаглавленном «Обоснование безопасности опасного производственного объекта» [35].

Существует три основных аспекта при определении ключевых параметров риска инцидентов и аварий:

- анализ риска – обнаружение неблагоприятных ситуаций и аварий, анализ «причинно-следственных» связей, связанных с возникновением опасностей, а также изучение процессов, приводящих к этим инцидентам;
- оценка риска – процесс количественной оценки риска;
- управление риском – ряд мероприятий, нацеленных на предотвращение, минимизацию или уменьшение причин инцидентов и несчастных случаев, то есть мероприятий по снижению риска.

Количественный анализ риска аварий резервуаров для хранения смеси природного газа и газового конденсата, представляет собой инструмент для количественной оценки ущерба и планирования мероприятий по защите подвергшихся воздействию работников и людей в прилегающих районах.

					<i>Аварийность исследуемых объектов модернизации</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		38

Определение уязвимой зоны потенциального ущерба посредством сравнительной характеристики известных уровней воздействия позволит оценить отдельные показатели риска достижения предельных состояний по параметрам прочности и ресурса, которые зависят от эволюции сценариев развития неблагоприятных ситуаций [36].

Наиболее эффективный способ снижения уровня риска для каждого объекта – использование промышленных стратегий управления безопасностью, где рассматриваются численные критерии «приемлемости риска», зависящие от эффективности технологического процесса.

Расчет частоты (вероятности) аварийных ситуаций и уровней ущерба (материального, социального и экологического) является частью подхода к анализу и оценке риска [28, 37, 38]. Допустимая величина риска потери работоспособности газгольдера является одним из условий его безопасной эксплуатации. Приемлемый уровень риска аварии относится к опасности, масштаб которой считается экономически и социально приемлемым и оправданным.

Ущерб ОПО, как правило, рассчитывается исходя из спектра выполняемых работ, поэтому следует использовать универсальный метод сравнительной оценки риска на каждом из этапов жизненного цикла оборудования.

Многие отрасли промышленности считают уровень риска от $1,0E-06$ до $1,0E-04$ приемлемым. В зависимости от условий эксплуатации газгольдеров, их частоты, а также учитывая вероятности их аварийного повреждения и предложения нормативных документов можно определить следующие уровни риска [28, 29, 38]:

- $1,0E-05$... $5,0E-05$ в год – допустимый уровень риска, соответствующий диапазону 1 ... 10% минимального риска гибели персонала;
- $5,0E-05$... $1,0E-04$ – контролируемый уровень риска аварии

Система управления рисками на ОПО ставит своей целью установление контролируемого уровня риска. Оценка приемлемого (допустимого) уровня

					<i>Аварийность исследуемых объектов модернизации</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		39

риска является необходимым компонентом определения степени опасности в каждом сценарии развития аварии [39, 40].

Таким образом, методика проведения анализа рисков газовых резервуаров является важнейшим инструментом для проведения количественной экспертизы безопасности ОПО.

Статистический анализ используется для определения вероятности возникновения аварии.

Основные причины выхода из строя газгольдера – неудовлетворительное качество СМР; производственные дефекты; нарушения требований к эксплуатации газового оборудования; коррозионный износ [28, 41].

Единственный способ разработки объективного алгоритма к определению и прогнозированию риска аварии газового оборудования, – это включение данных технической диагностики газового оборудования в алгоритм оценки риска [42-44]. Неразрушающий контроль позволяет выявить следующие потенциальные проблемы:

- дефекты металла и сварных соединений;
- изменение геометрических размеров и формы элементов резервуара;
- структурные модификации свойств материала резервуара;
- нарушения герметичности конструкции лепестков (листов).

При эксплуатации газгольдеров возможно обнаружение опасности по причине внешнего и внутреннего воздействий. Аварии из-за внешнего влияния связаны с разрушением близлежащих объектов инфраструктуры – взрывными оглушающими волнами, осколками и тепловым излучением, а также с отказами самого газгольдера. Внутренние опасности связаны с физическими характеристиками газгольдера, а также конструктивными и технологическими особенностями газовых резервуаров [45].

					<i>Аварийность исследуемых объектов модернизации</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		40

Серьезные опасности и возможные катастрофические сценарии были идентифицированы как следствие оценок риска аварий и катастроф на ОПО, представленных газгольдерами высокого давления [46]:

- пролив;
- пожар пролива;
- выброс паров газа без воспламенения;
- выброс паров газа с воспламенением;
- взрыв паров газа в ограниченном пространстве.

Чаще всего аварии связаны с разгерметизацией оборудования и утечкой газа. В зависимости от особенностей конструкции газгольдера все угрозы можно разделить на две группы [47]:

1. Авария, вызванная внешними факторами, такими как сейсмические явления, штормовой ветер и высокие температуры, вызванные пожарами в газовых резервуарах.

2. Воздействие на внутренний корпус, к которым можно отнести влияние внешних сейсмических и тепловых факторов на внутренние части газового резервуара, вызванные пожарами, которые могут повлиять на корпус резервуара.

Оценка риска аварии газгольдеров высокого давления показывает, что наибольшая угроза возникает в случаях, когда внутреннее давление в резервуаре превышает расчетный порог, что может привести к разрушению газгольдера.

Согласно оценке рисков, соблюдение определенных нормативных требований неэффективно. Помимо строгого соблюдения стандартов и норм проектирования газгольдеров, правил их заполнения и опорожнения, а также обновления антикоррозионного покрытия, эксплуатационные и организационные меры по повышению надежности резервуаров также должны включать использование передовых методов диагностики и последующую оценку фактического состояния и остаточного ресурса безопасной эксплуатации.

					<i>Аварийность исследуемых объектов модернизации</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		41

Уровень надежности может быть рассчитан на основе обзора чрезвычайных ситуаций. При работе технических систем аварийная ситуация является проявлением технологических опасностей. В целом, случаи несчастных случаев должны быть исследованы на предмет травм и бедствий различных масштабов, произошедших в течение определенного периода во время эксплуатации газового оборудования. Анализ аварий является эмпирической основой для принятия техногенных мер безопасности при количественной оценке рисков.

2.4 Об оценке риска при проектировании объектов

Задача достижения гармоничного сочетания экономической эффективности и промышленной безопасности решается путем создания государственных критериев показателей промышленной безопасности, а не организационно-технических аспектов производства (нормативных требований). Общество (в лице государства) устанавливает требования производственной организации (собственника): предотвращать несчастные случаи и уменьшать их последствия, если они все же происходят (то есть сделать производство безопасным). В то же время законодательство оставляет открытым вопрос о том, как достичь этой цели. Законодательство дает организации (собственнику) возможность выбирать способ достижения цели (задач), например, исходя из порога принятия риска [48].

Общая постановка задачи исследования сводится к сопротивлению некоторому будущему механизму отказа. Существует большое разнообразие доступных методов смягчения негативных последствий и методов их контроля, которые позволяют прогнозировать технические условия при проектировании, эксплуатации и техническом обслуживании ОПО.

В рамках указаний и задания на проектирование, охватывающего энергоэффективность производственного процесса УПГ, качество и состав транспортируемой продукции, проектировщик предоставляет варианты

					<i>Аварийность исследуемых объектов модернизации</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		42

технологически обоснованных модификаций технического решения производственного объекта системы ТП транспорта и хранения природного газа. Разработчики имеют возможность придерживаться отраслевых стандартов, международных и национальных норм в зависимости от аспектов и условий проектирования объектов модернизации, которые еще не охвачены стандартами. Есть одно ограничение: модернизация ГТС должна быть безопасной, а риски аварий на производстве не должны превышать допустимый порог, установленный контролирующими надзорными органами [49].

Вопрос обеспечения безопасности объектов модернизации ГТС должен охватывать все этапы проектирования, разработки и будущей эксплуатации, при учете всех возможных аварий и их последствий.

Для обеспечения надежной эксплуатации будущих ОПО приоритетной является разработка мероприятий по предупреждению инцидентов и аварий, а не ликвидация их последствий. Для определения расчетной схемы, адекватно описывающей состояние объектов ГТС под действием эксплуатационных и внешних воздействий, необходимо исследовать их конструкционную надежность, которая обуславливает способность сопротивляться внешним и внутренним нагрузкам и воздействиям, возникающим при транспорте и хранении газа, без нарушения целостности при соблюдении норм и правил эксплуатации, технического обслуживания и ремонта [50].

2.5 Идентификация опасности и предварительная оценка риска

Основная цель этапа идентификации опасностей - выявить и правильно определить все потенциальные источники риска, а также методы (сценарии) снижения риска. Это критический этап анализа, потому что опасности, которые не идентифицированы на этом этапе, игнорируются и исключаются.

Опасности, которые были признаны в прошлом (возможно, в результате несчастных случаев на аналогичных объектах), должны распознаваться четко

					<i>Аварийность исследуемых объектов модернизации</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		43

и точно. Для обнаружения опасностей, которые ранее не рассматривались, следует использовать формальные подходы.

Сценарии, связанные с возможной человеческой ошибкой, допущенной в течение жизненного цикла ОПО, которая может непосредственно угрожать целостности всей ГТС, будут дополнять деревья событий и деревья отказов, представляющие собой возможные сценарии развития аварий в ГП.

Анализ дерева событий использует те же логические и математические методы, что и анализ дерева ошибок. Однако, хоть дерево ошибок и анализирует, как может происходить нежелательное верхнее событие, в то время дерево событий учитывает влияние отказа определенного компонента или элемента в системе и определяет влияние такого отказа на общий системный риск. или -надежность. Деревья событий являются индуктивными; деревья ошибок являются дедуктивными.

Человеческие ошибки на разных этапах проекта будут включены в оценки рисков и будут учитываться в течение всего жизненного цикла эксплуатации ОПО. Кроме того, оценка риска, связанного с частотой ошибок человека, должна включать сценарии, описывающие изменение распределения вероятностей несущей способности конструкций и внешних эксплуатационных нагрузок, а также предельных состояний из-за большого числа вероятностей ошибок [51].

Чтобы определить возможные сценарии возникновения и развития опасных ситуаций для ГП и резервуаров для хранения газа, необходимо учитывать следующие типы аварий: пожар-вспышка, пожар пролива, факел и взрыв.

Также важно учитывать частоты разгерметизации, поломки и обрушения резервуара под давлением для всех размеров утечек, указанных для данного блока технического оборудования [52].

Кроме того, рекомендации извлекают выгоду из наличия идей по методологиям обнаружения опасностей для их использования на различных этапах жизненного цикла ОПО.

					<i>Аварийность исследуемых объектов модернизации</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		44

Дополнительные меры включают:

- немедленные действия по устранению или уменьшению опасности;
- прекращение анализа в связи с незначительностью рисков или их последствий;
- переход к оценке рисков.

При предварительной оценке рисков выявленных опасностей часто используется качественное ранжирование рисков, которое включает полное объяснение терминологии, а также причин каждой частоты и категоризации последствий [53].

					<i>Аварийность исследуемых объектов модернизации</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		45

3. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ВЕЛИЧИН РИСКА АВАРИЙ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

3.1 Анализ современных методологий оценки риска

В области оценки и анализа рисков был накоплен достаточный международный и отечественный опыт. Разработка и совершенствование методики оценки риска является приоритетной задачей.

Во время эксплуатации основной целью является поддержание уровня надежности оборудования с целью снижения аварийности. Обеспечение бесперебойной и равномерной подачи газа потребителям зависит от надежности ГТС [54].

Современные оценки прочности и ресурса ОПО отражают новый подход в управлении их работоспособности. Это может быть достигнуто путем научно обоснованного использования подходов линейной и нелинейной механики деформаций и разрушений, анализа рисков, обоснования безопасной эксплуатации ОПО и предотвращения аварий на них [55].

Оптимизация методологий оценки рисков имеет решающее значение в современном мире. Критерии риска должны регулироваться, чтобы управлять состоянием окружающей среды на новом качественном уровне. В процессах прогнозирования вероятных ЧС, управления параметрами риска при определении приоритетных задач и принятии важнейших решений, а также предупреждении сообщества об элементах риска используется оценка риска.

					<i>Модернизация проектного решения участка газотранспортной системы Анивских месторождений от установки подготовки газа Южно-Луговского месторождения до газораспределительного пункта города Анива</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Курасов О.А.</i>			<i>Обзор существующих методов определения расчетных величин риска аварий опасных производственных объектов</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Рцковод.</i>		<i>Бцрков П.В.</i>					46	181
<i>Консульт.</i>						НИ ТПУ гр. 2БМ91		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Шадрина А.В.</i>						

В качестве количественной меры опасности риск можно рассматривать двояко:

- риск – это вероятность наступления неблагоприятного события (априорная интерпретация);
- риск – это степень вреда от инцидента (апостериорная интерпретация) (количественная оценка).

Количественная оценка риска анализирует возможные сценарии отказов и определяет диапазон возможных последствий от каждого сценария, вызванного отказами. Статистический подход к количественной оценке рисков включает структурный анализ возможных сценариев риска, таких как деревья событий и деревья отказов, которые широко используются в настоящее время. Анализ отказов в основном представляет собой дедуктивный эмпирический подход, направленный на определение причины или сочетания причин событий.

Риск часто определяется как вероятностная оценка частоты возникновения техногенных или природных явлений, роста и активности потенциально опасных компонентов, а также социальных, экологических, экономических и других негативных последствий.

Анализ риска может использоваться для получения расчетных измеримых значений риска пропорционально максимально допустимому установленному значению, а также для оценки адекватности реализуемых требований безопасности, для сравнения нескольких ОПО или для оценки различных вариантов проектирования для одного объекта.

Стандарт [56] устанавливает процедуры для оценки и выполнения подходов к анализу рисков для технологических систем, таких как люди, процессы, инструменты, оборудование, сервисные технологии и программное обеспечение.

Методы анализа риска в соответствии со стандартом [56] приведены в Таблице 1.

					<i>Обзор существующих методов определения расчетных величин риска аварий опасных производственных объектов</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>47</i>

Таблица 1 – Методы анализа риска ОПО

Метод	Описание применения
Анализ «дерева событий»	Индуктивный метод, используемый для превращения отдельных начальных событий в вероятные результаты с использованием набора методов идентификации опасностей и частотного анализа.
Анализ видов и последствий отказов, а также анализ видов, последствий и критичности отказов (FMEA)	Все ЧС, связанные с отдельным элементом оборудования, исследуются на предмет их влияния на другие компоненты и систему в целом с использованием набора методологий для обнаружения и оценки основных источников опасности и их частоты.
Анализ «дерева неисправностей»	Набор методов для обнаружения потенциальных опасностей и анализа частотного распределения нежелательных последствий с целью определения всех возможных реализаций, за счет использования графических изображений.
Исследование опасности и связанных с ней проблем (HAZOP)	Набор методов для оценки основной опасности, которые используются для оценки каждого компонента системы, чтобы увидеть, возможны ли отклонения от первоначального состояния и каковы будут последствия.
Анализ влияния человеческого фактора	Набор методов для анализа частотных распределений в области влияния человека на работу системы с целью оценки влияния человеческих ошибок на надежность системы.
Предварительный анализ опасности	На ранних этапах проектирования ОПО используется набор методологий выявления опасностей и частотного анализа для идентификации и определения приоритетов рисков.
Структурная схема надежности	Набор методов частотного анализа для разработки модели системы и ее резервов с целью оценки надежности системы.

Согласно [56], подходы к оценке риска часто бывают количественными. Однако, из-за отсутствия информации о технологической системе ГТС, комплексное количественное исследование не всегда возможно. В то же время оценка управления рисками требует учета наиболее серьезных возможных инцидентов при обслуживании подобных объектов. Поэтому в таком случае может оказаться полезным сравнительное количественное или качественное ранжирование рисков.

Методология оценки рисков универсально применима ко всем опасностям. При оценке промышленного оборудования первым делом

необходимо определить частоту возникновения неисправностей; второй шаг - определить последствия реализации опасности.

Стандарт [56] содержит подробные инструкции по реализации различных подходов к оценке рисков. Особое внимание уделяется тому, как использовать эту технику для построения логических деревьев событий.

Описанный подход представляет собой сочетание количественных и качественных инструментов, которые могут быть использованы для оценки потенциальных последствий и вероятности инициирующего события аварии на ОПО. Концепция логического дерева событий обычно используется на объектах, которые содержат элементы конструкции или оборудование, которые помогают в предотвращении аварий и позволяют идентифицировать последовательности событий, приводящие к определенным результатам при первоначальном происшествии. Предполагается, что каждое событие в последовательности (ветвь дерева «Да / Нет») является либо положительным, либо отрицательным.

Основные концепции управления рисками в процессе проектирования ОПО изложены в Стандарте [57], в котором конкретно упоминается, что существует два основных подхода к оценке риска: качественный и количественный.

Некоторые из методологий [57] для анализа риска включают анализ дерева отказов, анализ типов отказов и воздействия, анализ дерева событий и методологии статистического (количественного) анализа.

Стандарт [58] определяет методологию анализа дерева отказов и дает руководство по его практической реализации применительно к конкретному ОПО. Дерево отказов иллюстрирует последовательность событий или других факторов влияния, которые способствуют возникновению или достижению неблагоприятного события. Презентация «дерева» представлена в удобном для понимания и анализа формате.

					<i>Обзор существующих методов определения расчетных величин риска аварий опасных производственных объектов</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		49

Анализ дерева отказов – это нисходящий (дедуктивный) аналитический инструмент для обнаружения конкретной причины или причин, которые приводят к возникновению событий.

Таким образом, формальный аппарат для анализа рисков был разработан и успешно используется на уровне международных стандартов, включая построение логических деревьев (дерево событий, позволяющее оценить последствия конкретного начального события; дерево отказов, которое позволяет оценить группу событий, которые приводят к определенному результату).

Цель Руководства [59] – помочь в разработке процедур оценки риска аварий на ОПО. Руководство [59] делит настоящие методики анализа и оценки опасности на следующие категории:

1. Качественные подходы, которые демонстрируют вероятность и последствия. Здесь разрабатываются чек-листы (ответы на вопрос «Что, если ...»). Кроме того, разрабатываются «матрицы рисков» (таблицы столбцов с различными степенями опасности). В анализе дерева событий результаты исследования включаются в качественные методы (высокий, низкий риск и т. д.).

2. Ко второй категории относятся полуколичественные подходы. Некоторые характеристики могут быть оценены количественно, в то время как другие необходимо оценивать субъективно (качественно). Примерами этого метода являются построение логических деревьев событий и оценка вероятности возникновения различных сценариев до анализа их влияния на технологический процесс. Помимо использования математических и других методологий исследования количественных сценариев развития аварий, количественные исследования могут проводиться с использованием качественной методики. Эта методология часто используется для изучения возможностей «наихудшего» события. Эта категория включает метод индексации и классификации рисков [60], в котором качественные методологии используются для определения набора характеристик (факторов

					<i>Обзор существующих методов определения расчетных величин риска аварий опасных производственных объектов</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		50

влияния), которые помогают обнаруживать опасное оборудование и угрозы безопасности. Вышеупомянутые критерии оцениваются во внутренних единицах (баллах), а окончательная оценка и значение генерируются для обеспечения промышленной безопасности внутри ОПО.

3. Количественные методы, при использовании которых оцениваются оба компонента риска (частота и последствия). Определенные неблагоприятные результаты расчетов классифицируются как риск (гибель обслуживающего персонала, материальный ущерб и финансовые потери). Этот количественный подход часто используется для изучения множества технологических проблем. Статистические, детерминированные, имитационные и стохастические методы моделирования могут использоваться для исследования возможностей и последствий различных событий, таких как, например, оценка риска аварий и катастроф с помощью логических деревьев событий. Моделирование задач анализа процессов и оптимизации условий транспортировки газа особенно актуальны в ТП транспорте, и, в частности, в газовой промышленности. Математическое моделирование позволяет рассчитывать технологические параметры газового оборудования без проведения промышленных экспериментов. Кроме того, в производственных и контрольных процессах требуются специальные математические методы, позволяющие принимать научно обоснованные решения [61].

4. Методология анализа риска технологического процесса с точки зрения рентабельности используемых технологий (технико-экономический подход). Здесь рассматриваются многочисленные варианты, включая метод определения затрат на проектирования альтернативных конструкций ОПО, удовлетворяющих критериям риска.

При оценке рисков, используя отечественные методологии, обычно выделяются три ключевых аспекта [62-64]:

– выявление и характеристика возможных негативных последствий риска, изучение механизмов возникновения опасности, анализ наблюдаемых

					<i>Обзор существующих методов определения расчетных величин риска аварий опасных производственных объектов</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		51

явлений, а также идентификация и характеристика возможных негативных последствий риска - все это часть процесса анализа риска.

- оценка рисков, характеризующая получение расчетных величин риска аварий и катастроф;

- управление рисками, которая включает предотвращение, устранение и снижение уровня риска до минимально допустимого проектом. Существуют также рекомендованные государством меры пожарной безопасности.

Существует три основных способа измерения и анализа опасностей в современном обществе.

Первый основан на оценке риска аварии (пожара) и сопутствующего ущерба. Основываясь на опыте пожаровзрывоопасности аналогичных объектов за определенный период в прошлом, [65, 66] позволяет разрабатывать и принимать комплекс мероприятий, основанный на преимуществах и недостатках долгосрочного планирования.

Второй связан с анализом данных, а также с причинами и последствиями статистики несчастных случаев, подкрепляя поддающимися проверке доказательствами. Этот способ наиболее эффективен в случаях, когда персонал обладают высоким уровнем практической компетенции и имеет доступ к соответствующим статистическим данным.

В настоящее время наиболее распространен третий способ – вычислительно-аналитический подход. В литературе [64, 65, 67] существует два метода расчета и анализа риска: моделирование на основе опасных факторов, связанных с авариями, против традиционного моделирования, основанного на последовательности событий, приводящих к фактору риска (разновидность хорошо известного метода Монте-Карло). Для оценки частоты неблагоприятных ситуаций часто используются методы моделирования [68, 69].

					<i>Обзор существующих методов определения расчетных величин риска аварий опасных производственных объектов</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		52

3.2 Выбор статистики для расчета аварийности опасных производственных объектов

Частота происшествий в единицу времени (например, 1 год) на единицу длины трассы ГП (например, 1 км длины) [70] является ключевой статистической характеристикой происшествий на ГП (λ).

ФВ – это переменные, которые влияют на интенсивность аварий на ГП: компоненты конструкций ОПО и технологии (включая технические и организационные параметры безопасности ТП), а также производственные параметры, такие как условия строительства, геологические, гидрологические, климатологические, сейсмические и топографические характеристики.

Факторы, влияющие на аварийность ГП, разделяются на различные группы: природные (грунтовые, гидрологические, климатические, сейсмические, топографические и т.д.), антропогенные (т.е. связанные с человеческой деятельностью), конструктивно-технологические (например, организация или отсутствие внутритрубной диагностики, очистки ТП скребками т.п.), производственные факторы (брак сварки и условия строительства) [71-73].

ФВ системы могут претерпевать как серьезные изменения, так и трансформации на трассе ГП. При этом в РФ традиционно транспортировка нефти отделена от транспортировки газа. Существующий анализ причин аварий показывает разный характер их как в зависимости от перекачиваемого продукта, так и в зависимости от страны или континента, где ТП находятся.

Одновременно необходим анализ зависимости частоты аварий на распределительном ГП от трансформаций ФВ во времени (изменения λ), который оказывает наибольшее влияние на уровни риска в районах, прилегающих к трассам ГП.

					<i>Обзор существующих методов определения расчетных величин риска аварий опасных производственных объектов</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		53

3.3 Классификация причин аварийной разгерметизации ГП

Для обеспечения надежной работы эксплуатируемых ГП и для качественного проектирования новых очень важно совершенствовать методы расчета их НДС. Один из эффективных методов технической диагностики ГП – исследование НДС на участках, подверженных влиянию опасных природных и техногенных факторов [74]. Своевременная информация о действующих механических напряжениях на таких участках дает возможность оперативно принимать меры по предупреждению аварийных ситуаций и создавать расчетные методики оценки ГП на основе обнаруженных дефектов [75].

Согласно исследованию EGIG [76-82], которое классифицирует основные классы причин разгерметизации ГП, можно выделить шесть из них:

- внешнее (антропогенное) воздействие;
- брак строительства, дефект материала;
- различные формы коррозии;
- природные явления (например, оползни или эрозия почвы на переходах через водные преграды);
- ошибка оператора;
- другие и неизвестные причины.

Считается, что любой из факторов разгерметизации ГП связана с одним из вышеупомянутых классов, подразумевая, что многочисленные классы причин различны и не взаимосвязаны [21].

Несмотря на то, что в ГП может произойти аварийная разгерметизация в результате совместного действия нескольких переменных, всегда можно выявить наиболее вероятную причину разгерметизации, т.е. отнести к одному классу возможных причин аварий. Поскольку в ГП классы причин не перекрываются и могут считаться статистически независимыми, а общая аварийность может быть рассчитана путем простого суммирования частот.

3.4 Распределение частоты разгерметизации ГП по основным причинам и по размерам эквивалентных аварийных отверстий

Очень важно установить степень повреждения ГП, то есть размер аварийного отверстия, чтобы оценить последствия аварий. Согласно отчету EGIG [76-82], размеры повреждений ГП (спектр повреждений), следующие:

- проколы/трещины, которые определяются как отверстия с диаметром меньше или равным 2 см;
- отверстия, которые определяются как отверстия с диаметром дефекта больше или равным диаметру трубы;
- зазоры, которые определяются как отверстия с диаметром дефекта, большим или равным диаметру трубы.

В исследовании EGIG [76-82] показано распределение интенсивности отказов по размеру отверстия для каждого типа причин аварий. Таким образом, внешнее воздействие приводит к достаточно регулярному распределению отверстий различных размеров, тогда как коррозия обычно вызывает повреждения в виде проколов/трещин, при этом отверстия среднего размера возникают относительно редко. Эта информация также может использоваться для расчета частоты возникновения в теле трубы отверстий разного размера, вызывающих повреждение ГП. В период с 1970 по 2004 год (Таблица 2) показана связь между размером скважины и различными формами повреждений (спектр повреждений для каждого типа источника аварии).

					<i>Обзор существующих методов определения расчетных величин риска аварий опасных производственных объектов</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		55

Таблица 2 – Частоты повреждений европейских ГП в зависимости от источника опасности и размера отверстий (за весь период наблюдений 1970-2004 гг.) [77]

Причина	Частота, на 1000 км/год				Относительная доля аварий, вызванных данной причиной
	Проколы / Трещины	Отверстие	Разрыв	Всего	
Внешнее воздействие	5,5E-02	1,1E-01	4,0E-02	2,05E-01	49%
	26 %	54 %	20 %	100 %	
Брак строительства, дефект материалов	4,5E-02	2,0E-02	5,0E-03	7,0E-02	17%
	64 %	29 %	7 %	100 %	
Коррозия	6,0E-02	1,0E-03	-	6,1E-02	15%
	98 %	2 %	-	100 %	
Движение грунта, вызванное природными явлениями	8,0E-03	1,0E-02	1,5E-02	3,3E-02	7%
	24 %	30 %	46 %	100 %	
Ошибки оператора	1,5E-02	8,0E-03	-	2,3E-02	5%
	65 %	35 %	-	100 %	
Прочие и неизвестные причины	2,6E-02	1,0E-03	-	2,7E-02	7%
	96 %	4 %	-	100 %	
Итого	2,1E-01	1,5E-01	6E-01	4,2E-01	100%

Распределения в Таблице 2 относятся ко всему периоду наблюдений и сбора данных (1970-2004 гг.). Из-за невозможности проанализировать нынешнее распределение (спектр) аварий (например, за последние пять лет наблюдений) предполагается, что спектр аварий остается стабильным.

В то же время статистически значимым является тот факт, что конкретная частота несчастных случаев со временем снизилась; следовательно, рекомендуется оценивать общую частоту повреждений ГП, используя данные об общей интенсивности аварий (2000-2004 гг.), которая равна $1,7E-04$ на км в год [77].

В результате в Таблице 3 приведены расчетные базовые частоты разгерметизации ГП для каждого класса причин за период 2000-2004 гг. Причем расчетные базовые частоты являются статистически усредненными по всем ГП, охватываемым данными EGIG [76-82], т.е. они соответствуют

некоторому «среднему» ГП. Ниже будут рассмотрены методы расчета вероятности аварий по этим данным с учетом особенностей исследуемого ГП, а также природных особенностей трассы.

Таблица 3 – Распределение периодичности основных (средних) аварийных разгерметизаций европейских ГП по основным источникам аварий (2000-2004 гг.) [77]

Причина	Относительная доля аварий, вызванных данной причиной	Базовая частота разгерметизации, 1 / (км · год)
Внешнее воздействие	49%	8,33E-05
Брак строительства, дефект материалов	17%	2,89E-05
Коррозия	15%	2,55E-05
Движение грунта, вызванное природными явлениями	7%	1,19E-05
Ошибки оператора	5%	8,50E-06
Прочие и неизвестные причины	7%	1,19E-05
Итого	100%	1,70E-04

Особенностью аварий на ГП является существование так называемого «критического размера» дефекта, при превышении которого происходит лавинообразное разрушение ГП (т.е. разрыв на полное сечение). Это объясняется физическими свойствами системы «ГП-сжатый газ», в которой при образовании отверстия не происходит значительного уменьшения нагрузки (внутреннего давления газа), а прочностные характеристики трубы ГП уменьшаются.

Однако, «критический размер» дефекта при авариях на ГП не оказывает влияния на расчетную (ожидаемую) частоту аварий с полным разрывом ГП. Это обусловлено тем, что методика расчета основана на анализе статистики реальных аварий, т.е. включает и те аварии, которые по результатам исследования были идентифицированы как «разрыв на полное сечение», хотя, возможно, происходили именно по механизму лавинообразного разрушения ГП от первоначального отверстия, превышающего критический размер.

3.4.1 Внешнее воздействие

Одна из наиболее частых причин утечки газа – внешние факторы. Согласно Таблице 2, частота событий по этой причине с 1970 по 2004 год составляла 0,205 событий на 1000 км в год.

На Рисунках 4-6 показаны частоты отказов для аварийной причины «внешних воздействий» для различных классов параметров конструкции ГП и размеров утечек. При этом учитываются следующие проектные параметры: диаметр ГП, глубина залегания ГП и толщина стенки. Для расчетных параметров диаметра и толщины стенки графики представлены как за весь период 1970-2019 гг., так и за последние десять лет (2010-2019 гг.). Для глубины залегания ГП представлен график за период 1970-2019 гг. с развитием пятилетней скользящей средней частоты отказов на глубину засыпки ГП. Хотя графики представлены отдельно, необходимо отметить, что проектные параметры взаимосвязаны. Количественные корреляции между параметрами не изучались.

По мере уменьшения диаметра ГП увеличивается количество аварий из-за внешнего влияния, как показано на Рисунке 4. Исследование EGIG показывает, что это обычно не связано с диаметром трубы, но может быть связано с толщиной стенки, а не с диаметром, поскольку у больших труб более толстые стенки. Связь между толщиной стенок и авариями показана на Рисунке 5.

					<i>Обзор существующих методов определения расчетных величин риска аварий опасных производственных объектов</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		58

Ожидается, что на внешнее воздействие будет влиять глубина залегания трубы, так как большая толщина слоя грунта над трубой уменьшает эффект внешнего влияния. Повреждения незначительны на глубинах 0,8-1,0 м и более 1,0 м (Рисунок 5).

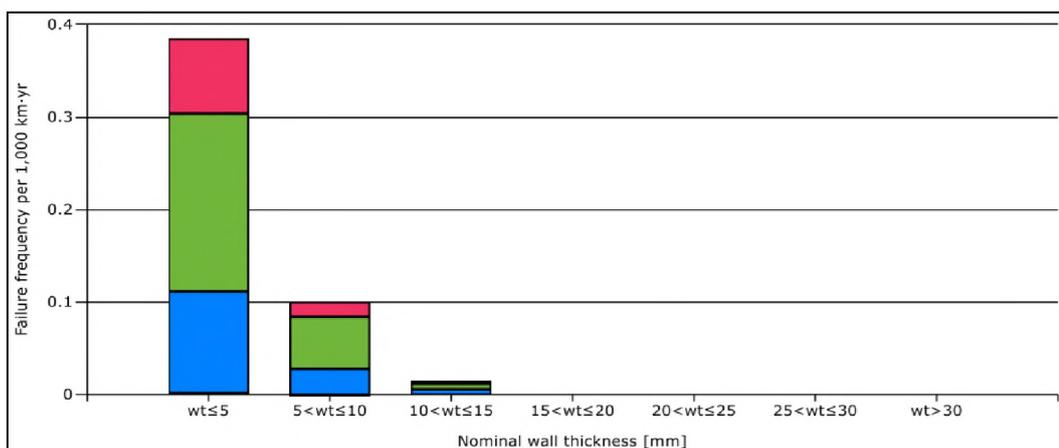


Рисунок 4 – Влияние толщины стенки ТП на частоту повреждений и размеры утечки в результате внешнего воздействия (1970-2019 гг.)

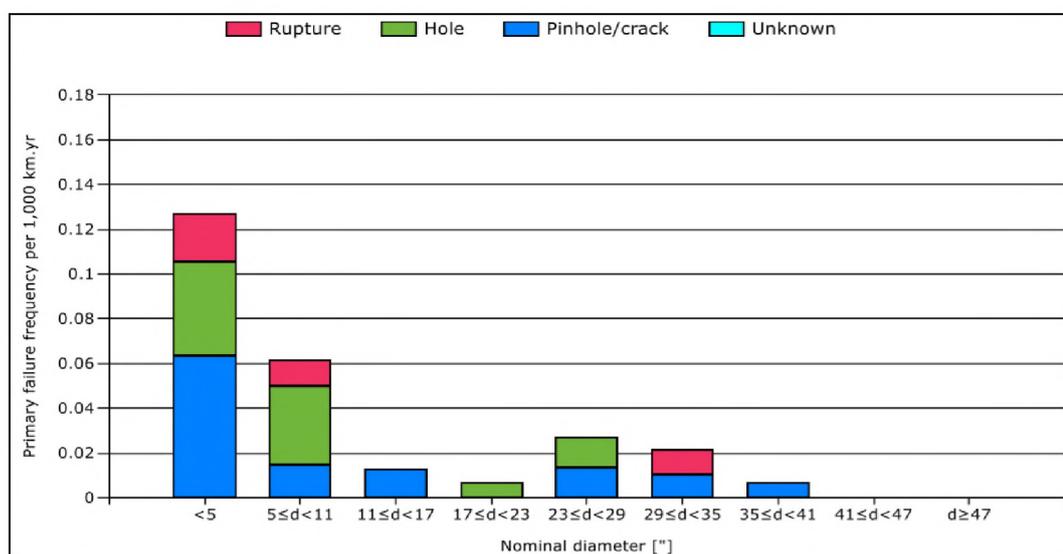


Рисунок 5 – Влияние диаметра ТП на частоту повреждений и размеры утечки вследствие внешнего воздействия (1970-2019 гг.)

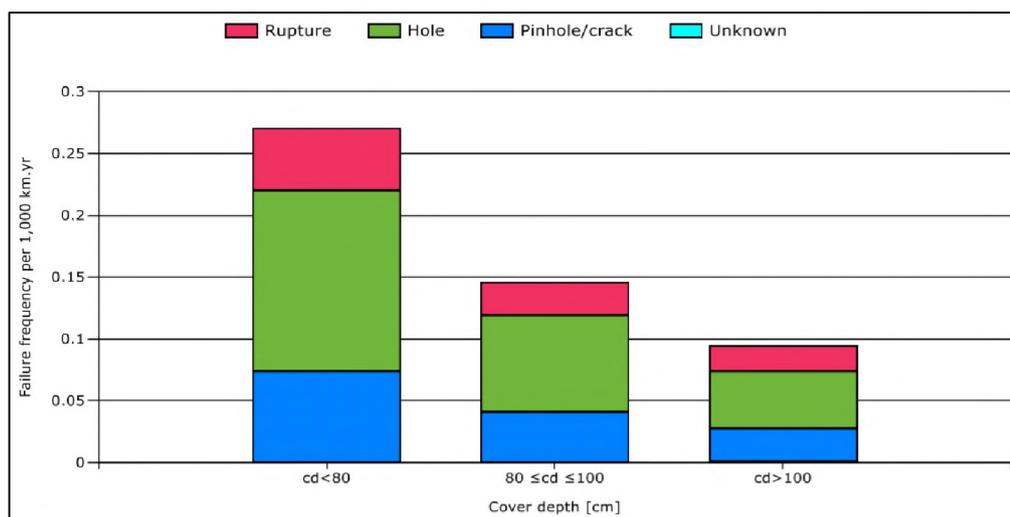


Рисунок 6 – Влияние заглубления ТП на частоту повреждений и размеры утечки в результате внешнего воздействия (1970-2019 гг.)

Зависимость от диаметра ТП

В связи с тем, что диаметр ТП пропорционален толщине стенки, ожидаемый коэффициент воздействия номинального диаметра не увеличивает риск внешних воздействий напрямую, согласно методике расчета (чем больше диаметр, тем толще стенки трубы). Единственным элементом, используемым в учете, будет импакт-фактор, связанный с толщиной стенки ТП [21].

Соотношение между частотой внешних повреждений и диаметром ТП можно математически выразить в виде регрессии:

$$f_{EI} = 0,97455e^{-0,1232D}. \quad (1)$$

Каждый участок трубы имеет разную частоту разгерметизации. Такие изменения связаны с погодными условиями на трассе ТП и проблемами безопасности проекта; другими словами, зависимые переменные – это влияющие факторы.

Толщина стенки

Труба лучше защищена от внешних воздействий, когда толщина ее стенки больше. Поскольку диаметр трубы увеличивается с увеличением толщины стенки, возможен «двойной учет». Очевидно, что чем толще толщина стенки трубы того же диаметра, тем меньше вероятность его повреждения внешними воздействиями. В результате, учитывая тот же диаметр ТП, можно использовать коэффициент для учета толщины стенки ТП.

Чтобы избежать эффекта «двойного учета», связанного с влиянием внешних факторов, разумно предположить, что на частоту аварий ГП, вызванных внешними силами, не влияет диаметр ГП.

Частота отказов ТП с толщиной стенки 6 мм аналогична средней интенсивности отказов. В результате такие ТП считаются «нормальными», что означает, что общая частота повреждений по причине внешних воздействий в этом сценарии умножается на единицу. Согласно регрессионному анализу, существует следующая зависимость:

$$f_{EI} = 1,0454e^{-0,275t}. \quad (2)$$

Заглубление ТП

Толщина слоя грунта над ТП влияет на частоту инцидентов, связанных с внешними воздействиями. Чем меньше заглубление, тем больше риск причинения вреда стенке трубы внешними факторами.

СНиП 2.05.06-85* [83] устанавливает правила прокладки подземных ТП в РФ. Допускается заглубление ТП на глубину менее 1 м при номинальном диаметре трубы менее 1000 мм – 0,8 м, а также на каменистых почвах и заболоченных местностях, недоступных для доступа к ним транспортных средств и сельхозтехники – 0,6 м. СНиП рекомендует выбирать заглубление от 1 м и более в остальных случаях.

					<i>Обзор существующих методов определения расчетных величин риска аварий опасных производственных объектов</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		61

Переходы ННБ

Из-за достаточно большой глубины залегания перехода ожидается, что внешнее воздействие не повлияет на части переходов, выполняемых ННБ (поправочный коэффициент равен 0). Кроме того, для оценки аварий по причине движения грунта будет учитываться только сейсмичность региона. Остальные переменные идентичны для одного и того же класса безопасности.

Переходы через автодороги, железные дороги, инженерные коммуникации

Повреждение ТП на пересечениях инженерных коммуникаций может быть вызвано внешним воздействием (использование строительной или землеройной техники).

В [84] было обнаружено, что степень и частота повреждения ТП различны в городской и сельской местности. Это кажется разумным, учитывая, что в мегаполисах почвенный покров и дорожное полотно часто не прикрыты, а подземные коммуникации расположены близко друг к другу. В результате чего увеличивается вероятность повреждения ТП внешними факторами. Чтобы определить частоту повреждения ТП, рекомендуется умножить базовую частоту на коэффициент 4 в городских районах и 0,8 в сельских районах [84]. Учитывая, что в РФ ТП нечасто проходят напрямую через населенные пункты, а ГТС намного длиннее и могут пересекать большое количество дорог разного типа, предположено, что частота аварий, вызванных внешними факторами, в два раза больше, чем вызванных от внутренних воздействий на переходах через автомобильные, железные дороги и инженерные сети.

					<i>Обзор существующих методов определения расчетных величин риска аварий опасных производственных объектов</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		62

Алгоритм расчета частоты аварий, вызванных внешним воздействием

С учетом толщины стенки и величины заглубления, формула расчета частоты аварий из-за внешнего воздействия:

$$f_{\text{вв}} = f_{\text{бвв}} \cdot K_{\text{мс}} \cdot K_{\text{зг}}, \quad (3)$$

где $f_{\text{вв}}$ – частота разгерметизации ГП за счет «внешнего воздействия»;

$f_{\text{бвв}}$ – базовая частота разгерметизации ГП за счет «внешнего воздействия»;

$K_{\text{мс}}$ – поправочный коэффициент на частоту разгерметизации ГП за счет «внешнего воздействия», учитывающий влияние толщины стенки ГП;

$K_{\text{зг}}$ – поправочный коэффициент на частоту разгерметизации ГП из-за «Внешнего воздействия». Несмотря на то, что в некоторых случаях глубина залегания составляет менее 1 м (согласно СНиП 2.05.06-85* [83]), в последних проектах чаще всего используется глубина более 1 м. В результате $K_{\text{зг}}$ рассчитывается следующим образом:

– для участков вне переходов ННБ (заглубление 1 м и более) – $K_{\text{зг}} = 0,73$;

– для участков ГП, проложенных методом ННБ, $K_{\text{зг}}$ принимается равным 0.

Поправочные коэффициенты на частоту разгерметизации ГП из-за внешнего воздействия ($K_{\text{мс}}$) представлены в Таблице 4, в которой учитывается толщина стенки ГП. Коэффициенты рассчитываются исходя из отношения базовой частоты отказов на частоту ошибок (по формуле 2).

Частота разгерметизации ГП одного типа и глубины залегания принимается вдвое выше из-за внешних воздействий на переходах через железные дороги, автомобильные магистрали и подземные коммуникации (кабели, трубы). При этом, согласно СНиП 2.05.06-85 * [83], расчетная протяженность проезда по железной дороге общего пользования составляет 40

					Обзор существующих методов определения расчетных величин риска аварий опасных производственных объектов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

м от крайних элементов дороги, 25 м по через автотрассы и 5 м по подземным переходам.

Таблица 4 – Поправочные коэффициенты (K_{mc}) частоты разгерметизации ГП, вызванных внешним воздействием, в зависимости от толщины стенки

Диаметр ГП, мм (дюйм)	Класс безопасности	Толщина стенки, мм	Поправочный коэффициент
≤356(14)	Высокий	14,3	0,102
508(20)	Нормальный	8	0,577
	Средний	9,5	0,382
	Высокий	11,4	0,226
	Сейсмический	19,1	0,027

3.4.2 Строительный брак и дефекты материалов

Алгоритм расчета частоты аварий, вызванных строительным браком и дефектамм материалов

Для ГП, условно построенных после 1984 г. (то есть для всех современных ГП), частота разгерметизации из-за «Строительного дефекта и дефектов материалов» принимается равной базовой, умноженной на поправочный коэффициент, в случае использования современных материалов при строительстве и последующей эксплуатации ГП.

$$f_{cb} = f_{бcb} \cdot K_z. \quad (4)$$

Поправочный коэффициент гарантирует, что в проекте ГП реализованы технологические решения и организационные мероприятия, направленные на уменьшение брака при строительстве и недопущение использования бракованных материалов.

3.4.3 Коррозия

Срок эксплуатации ГП, связанный с таким фактором как коррозия, так же существенно влияет на аварийность.

Коррозия ТП возникает независимо от толщины стенки, но чем тоньше стенка ТП, тем скорее может произойти авария. Следовательно, коррозию можно обнаружить на более толстых стенках, выполняя регулярную внутритрубную диагностику до того, как толщина стенки трубы в месте возникновения коррозии достигнет критического значения. Для борьбы с проблемой коррозии операторы ТП применяют различные меры безопасности. Катодная защита и специальные покрытия для труб, например, являются примерами этих процедур для минимизации величин повреждения тела трубы. Ранняя диагностика коррозии возможна благодаря внутритрубной диагностике.

Срок ввода в эксплуатацию ТП

По данным EGIG, наиболее важным фактором, влияющим на аварии с коррозией, является год строительства, поскольку коррозия гораздо реже встречается в ГП, проложенных после 1973 года. Для современных ГП (построенных после 1984 года) частоту коррозионных повреждений (внешних или внутренних) следует принимать за 0,16 (коэффициент интенсивности отказов для 1984-1993 годов аналогичен $\sim 0,01$ на 1000 км в год к средней интенсивности отказов, связанных с «коррозией» 0,061 на 1000 км/год по таблице 2). Однако разумно предположить, что частота аварий, связанных с коррозией, не связана со временем ввода ТП в эксплуатацию, поскольку предполагается, что «период ввода ГП в эксплуатацию» не связан напрямую со скоростью развития коррозионных процессов, а зависит от принимаемых защитных мер от коррозии (качество покрытия труб, использование внутритрубной диагностики и т. д.), реализуемыми в «период ввода в эксплуатацию». Это позволяет избежать влияния факторов «время ввода в

					<i>Обзор существующих методов определения расчетных величин риска аварий опасных производственных объектов</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		65

эксплуатацию»/«защитные меры», вызывающие «двойной учет» влияния коррозии на частоту аварийных ситуаций.

Толщина стенки трубы

Согласно статистике EGIG, более толстая стенка снижает риск коррозии. При рассмотрении статистики (Рисунок 7) становится очевидным, что частота повреждений ТП с толщиной стенки от 5 до 10 мм аналогична базовой частоте 0,061 на 1000 км в год (согласно Таблице 2). В результате такие трубы считаются «нормальными», что означает, что общая частота повреждений, вызванных внешними воздействиями, в этом сценарии умножается на единицу. В результате, согласно Рисунку 7, частота аварий, связанных с коррозией, увеличивается в два раза для ТП с толщиной стенки от 0 до 5 мм. Напротив, для ТП с толщиной стенки более 10 мм поправочный коэффициент на влияние аварий, связанных с коррозией, составляет 0,03.

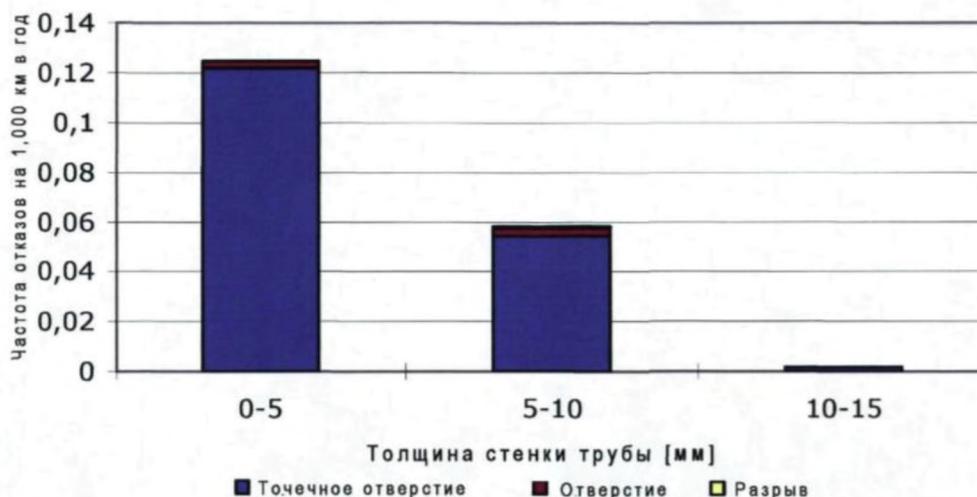


Рисунок 7 – Влияние толщины стенки ТП на частоту повреждений и размеры утечек, вызванных коррозией (1970-2004 гг.)

Защитное покрытие

Для строительства подземного ГП (лупинга) высокого давления диаметром 225x20,5 приняты полиэтиленовые трубы ПЭ100 SDR11 по ГОСТ Р 50838-2009 с покрытием «Протект».

Используемый при прокладке лупинга трехслойный полиэтилен имеет средний поправочный коэффициент 0,16 из-за того, что большинство современных ГП включают одну или несколько форм защиты, изоляцию и/или катодную защиту (Рисунок 8).

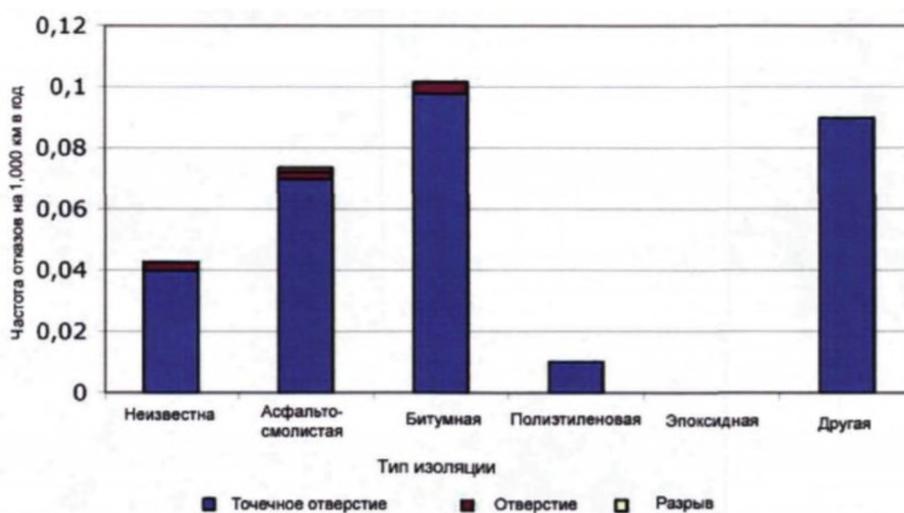


Рисунок 8 – Влияние типа изоляционного покрытия на частоту повреждений и размер утечек, вызванных коррозией (1970-2004)

Алгоритм расчета частоты аварий, вызванных коррозией

Частота разгерметизации современных ГП из-за «Коррозии» рассчитывается путем умножения базового коэффициента (Таблица 3) на поправочные, учитывающие толщину стенки и современные методы предотвращения развития коррозионных процессов.

Поправочный коэффициент (K_n) используется для учета влияния толщины стенки на частоту разгерметизации ГП из-за «Коррозии». Он рассчитывается следующим образом: от 0 до 5 мм – 2, от 5 до 10 мм – 1, более 10 мм – 0,03.

С использованием поправочного коэффициента 0,16 было исследовано влияние современных технологий защиты от коррозии (наружное покрытие и электрохимическая защита) на частоту разгерметизации газовых труб (K_{zn}).

Частота разгерметизации ГП из-за «Коррозии» определяется по формуле:

$$f_k = f_{ок} \cdot K_n \cdot K_{зн}, \quad (5)$$

где f_k – частота разгерметизации ГП по причине «Коррозия»;

$f_{ок}$ – базовая частота разгерметизации ГП по причине «Коррозия»;

K_n – «Поправочный коэффициент» частоты разгерметизации ГП по причине «Коррозия», учитывающий влияние толщины стенки;

$K_{зн}$ – «Поправочный коэффициент» частоты разгерметизации ГП по причине «Коррозия», учитывающий использование систем противокоррозионной защиты.

3.4.4 Движение грунта, вызванное природными явлениям

Зависимость частоты аварий, вызываемых сейсмическим воздействием, от класса безопасности ГП

Согласно исследованию EGIG [77], с 1970 по 2004 год частота происшествий, вызванных стихийными бедствиями, по причине движений грунта, составляла 0,033 происшествия на 1000 км в год (Таблица 2). Стоит отметить, что непосредственными причинами аварий были следующие:

- оползни составили 52% аварий;
- на наводнения приходилось 20% аварий;
- реки составили 6% аварий;
- на шахты приходилось 5% аварий;
- на разрушение плотин приходилось 1% аварий;
- другие и неизвестные причины составили 16% несчастных случаев.

					<i>Обзор существующих методов определения расчетных величин риска аварий опасных производственных объектов</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		68

Исследование EGIG рекомендует уделять особое внимание движению грунта в местах с нестабильным грунтом, то есть в местах, подверженных наводнениям, оползням и землетрясениям. За последние годы в Центральной Европе снизилось количество аварий, вызванных естественным движением грунта. Регулярные осмотры маршрутов и последующий профилактический ремонт в выявленных угрожаемых зонах помогли улучшить данные об уровне аварийности.

Несмотря на их редкость в Европе, наземные движения могут иметь катастрофические последствия.

Очевидно, что особые характеристики местности, по которой проходит ТП, оказывают значительное влияние на частоту аварий, вызванных движением грунта. В частности, крайне маловероятно, что ТП, проложенные в несейсмической зоне, будут повреждены движением грунта, вызванным естественными процессами или, косвенно, деятельностью человека.

В сложных условиях разумно ожидать, что, помимо «фонового» вклада в количество аварий (как определено европейской статистикой), многочисленные геологические опасности на маршруте будут вносить вклад в частоту аварий. Этот дополнительный вклад, названный вкладом геологических опасностей, будет определен на основе исследования возможности опасного смещения грунта вдоль трассы ГП.

При оценке частоты разгерметизации ГП из-за движения грунта следует учитывать следующие особенности местности:

- сейсмичность региона;
- активные тектонические разломы;
- зоны разжижения грунта;
- места, подверженные оползням и селям;
- болота и водно-болотные угодья;

Для определения общей частоты повреждений необходимо учитывать конкретные инженерные решения в местах, подверженных указанным выше

					<i>Обзор существующих методов определения расчетных величин риска аварий опасных производственных объектов</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		69

геологическим опасностям. Ниже приводится анализ геологических опасностей, встречающихся на трассе ГП.

Частота аварий, вызванных оползнями и селями

На участках трассы ГП, подверженных оползням и селям, проектно-технические решения должны обеспечивать герметичность ТП в нормальных условиях эксплуатации.

Однако нельзя исключать, что сильное землетрясение может сместить рельеф в некоторых областях, оказав большее влияние на ТП, чем прогнозируется в проектных решениях при строительстве, что приведет к повреждению ТП. В результате чего, этот сценарий характеризуется механизмом сейсмического движения грунта, который может привести к вторичным разрушительным процессам (например, оползням или селям) и, как следствие, обрушению ГП.

В таких случаях определяется вероятность разгерметизации ТП, вызванная оползнями и селями (f_o). Конкретный участок ГП следует сравнить с 10% частотой разгерметизации ГП в сейсмических районах (f_{cb}).

Частота аварий, вызванных сейсмическим разжижением грунта

Для проектируемых ГП на территориях, подверженных сейсмическому разжижению грунтов, необходима разработка специальных технических решений, обеспечивающих герметичность ТП в нормальных условиях эксплуатации.

Сильное землетрясение может вызвать разжижение грунта в некоторых местах, что приведет к превышению проектных нагрузок и повреждению ТП. Для таких событий определяется периодичность разгерметизации газовых труб из-за сейсмического разжижения грунта (f_{pe}). Согласно [85], она должна быть установлена на 10% от частоты разгерметизации, вызванной сейсмическим воздействием (f_{ce}) на этом участке трассы.

					<i>Обзор существующих методов определения расчетных величин риска аварий опасных производственных объектов</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		70

Частота аварий на переходах через водные преграды

Из-за невозможности оценить частоту инцидентов при переходе через реки с использованием данных EGIG, были использованы оценки, сделанные для российских ГП [70] (Раздел 1.2.1).

Согласно оценкам [70], частота разгерметизации, вызванная движением грунта при пересечении ГП через водные преграды (f_{en}), в пять раз больше фоновой частоты (f_{ϕ}) (кроме переходов, сконструированных методом ННБ). Ширина максимального профиля размыва водотока за 30-летний период может быть использована для расчета длины пересекаемого участка водной преграды.

Частота аварий на переходах через заболоченные участки

В [85] предлагается считать частоту разгерметизации ГП из-за движения грунта при переходах через болота и заболоченные участки (f_{zy}) вдвое большей, чем фоновая частота (f_{ϕ}). Протяженность участка ГП через болотистую местность определяется шириной пройденного заболоченного участка.

Алгоритм расчета частоты аварий, вызванных движением грунтов

Частота разгерметизации ГП, вызванная движением грунта, рассчитывается по формуле:

$$f_{\partial z} = f_{\phi} + f_{\sigma e} + f_m + f_o + f_{p z} + f_{en} + f_{zy}, \quad (6)$$

где

f_{ϕ} – фоновая частота разгерметизации ГП, вызванная геологическими рисками вдоль его трассы, которые не учитывались выше, и рассчитывается с учетом диаметра ГП;

					<i>Обзор существующих методов определения расчетных величин риска аварий опасных производственных объектов</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		71

f_{ce} – частота, с которой предполагается разгерметизация ГП из-за сейсмического события. Она рассчитывается исходя из класса безопасности ТП, а также других факторов;

f_m – частота разгерметизации из-за повреждения ГП при активных тектонических нарушениях;

f_o – частота разгерметизации ТП из-за оползней и селей;

f_{p2} – частота разгерметизации ТП, вызванная сейсмическим разжижением грунта;

f_{en} – частота разгерметизации, вызванная движением грунта на переходах ГП через водные преграды;

f_{3y} – частота разгерметизации, вызванная перемещением грунта на переходах ГП через водно-болотные угодья.

Количество слагаемых в формуле (6) меняется в зависимости от того, существует ли конкретная геологическая опасность на рассматриваемом участке ГП.

3.4.5 Ошибки оператора

Вероятность человеческой ошибки также должна быть включена в оценку рисков и учитываться на различных этапах функционирования ОПО в течение всего их жизненного цикла. Кроме того, оценка риска, связанного с частотой человеческих ошибок, должна включать сценарии, в которых происходит изменение в распределениях вероятностей несущей способности и внешних нагрузок, а также в предельных состояниях конструкций из-за большого числа вероятностей возникновения внештатных ситуаций [86].

					Обзор существующих методов определения расчетных величин риска аварий опасных производственных объектов	Лист
						72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Алгоритм расчета частоты аварий, вызываемых ошибкой оператора, от диаметра ГП

Частота аварий на ГП по причине «Ошибки оператора» принимается равной базовой, умноженной на поправочный коэффициент, учитывающий влияние диаметра ГП (K_{oo}), равный 0,69 для ГП диаметром до 356 мм:

$$f_{oo} = f_{ooo} \cdot K_{oo}. \quad (7)$$

3.4.6 Другие причины

В соответствии с [77], наиболее частой причиной в классе причин «Прочие или неизвестные» является удар молнии. Из-за удара молнии произошли почти 24% инцидентов в пределах этой категории.

В представленном алгоритме количественной оценки ожидаемой частоты разгерметизации ГП по причине «Прочие и неизвестные причины», частота принимается постоянной и равной базовой (Таблица 3).

					Обзор существующих методов определения расчетных величин риска аварий опасных производственных объектов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

6. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

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

6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

На сегодняшний день ГП транспорт является самым распространенным способом обеспечения транспортировки природного газа. Объекты, предназначенные для выполнения определенных технологических процессов на предприятиях и участках ГП нефтегазовой отрасли, представляют собой сложный комплекс аппаратов, агрегатов и всевозможного вида оборудования, эксплуатирующегося на регулярной основе. Соответственно, всегда присутствует угроза возникновения аварийной ситуации в любом из блоков и на любом виде оборудования.

В настоящей работе рассматривается расчет риска аварийной ситуации системы на газовом месторождении. Объектом исследования является методы определения расчетных величин ожидаемого риска аварий проектируемых ГП и газовых резервуарах на участке ГТС Южно-Луговского месторождения.

Исследования, проводимые в данной магистерской диссертации, являются инициативными в рамках научно-исследовательской работы, поэтому потенциальными потребителями результатов проведенного исследования являются предприятия нефтегазовой промышленности, расположенные на территории Российской Федерации.

					<i>Модернизация проектного решения участка газотранспортной системы Анивских месторождений от установки подготовки газа Южно-Луговского месторождения до газораспределительного пункта города Анива</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Курасов О.А.</i>			<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Бирков П.В.</i>					118	181
<i>Консульт.</i>		<i>Романюк В.Б.</i>				НИ ТПУ гр. 2БМ91		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Шадрина А.В.</i>						

Проведем сегментирование рынка услуг по разработке алгоритма количественной оценки риска участка ГП по следующим критериям: размер предприятия нефтегазовой промышленности – существующие способы расчета риска аварийной ситуации.

Таблица 8 – Карта сегментирования рынка услуг по разработке алгоритма расчета частоты аварийной разгерметизации ГП

		Способы оценки частоты аварийной разгерметизации			
		Методика оценки последствий аварийных взрывов ГВС	Методика определения экологического ущерба окружающей при аварийной разгерметизации ГП	Методическое руководство по оценке степени риска аварийной разгерметизации ГП	Алгоритм количественной оценки риска участка ГП
Размер компании	Крупные	+	+	+	+
	Средние	+	-	-	+
	Малые	-	-	-	-

Примечание: «+» – удобство применения данного метода; «-» – нерациональность использования данного метода компанией.

6.1.2 Потенциальные потребители результатов исследования

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, представленной в Таблице 9.

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

Критерии оценок	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	Б _{к3}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}	К _{к3}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Технические критерии оценки ресурсоэффективности									
Удобство в эксплуатации	0,1	5	3	2	5	0,5	0,3	0,2	0,5
Потребность в дополнительных исследованиях	0,2	3	2	2	5	0,6	0,4	0,4	1
Универсальность метода	0,13	4	4	3	5	0,52	0,52	0,39	0,65
Специальное оборудование	0,05	5	4	3	5	0,25	0,2	0,15	0,25
Предоставляемые возможности	0,17	3	3	2	4	0,51	0,51	0,34	0,68
Экономические критерии оценки эффективности									
Суммарная стоимость оборудования	0,1	5	2	1	5	0,5	0,2	0,1	0,5
Конкурентоспособность	0,05	4	3	3	5	0,2	0,15	0,15	0,25
Цена	0,1	5	4	3	5	0,5	0,4	0,3	0,5
Уровень проникновения на рынок	0,05	5	5	5	5	0,25	0,25	0,25	0,25
Сотрудники узкого профиля для работы с методикой	0,05	4	2	2	5	0,2	0,1	0,1	0,25
Итого	1	40	32	26	49	3,58	3,43	2,38	4,83

Примечание: Б_ф – методика оценки последствий аварийных взрывов ГВС; Б_{к1} – методика определения экологического ущерба при авариях на ГП; Б_{к2} – методическое руководство по оценке степени риска аварийной разгерметизации ГП; Б_{к3} – алгоритм количественной оценки риска участка ГП.

При оценке качества используется два типа критериев: технические и экономические. Веса показателей в сумме оставляют 1. Баллы по каждому показателю оцениваются по пятибалльной шкале.

Анализ конкурентных технических решений определяется согласно формуле

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (59)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки; B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл i -го показателя.

Опираясь на полученные результаты, можно сделать вывод о том, что алгоритм расчета частоты риска аварий ГП является наиболее эффективным и универсальным. Уязвимость конкурентов объясняется несколькими причинами, такими как: дополнительные исследования для получения достоверных результатов, использование дополнительного оборудования, наличие узких специалистов для работ с данными методиками на предприятии и т.д.

6.2 Планирование научно-исследовательских работ

6.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Порядок этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в Таблице 10.

Таблица 10 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
	2	Выдача задания по тематике исследования	Научный руководитель
Выбор направления исследований	3	Постановка задачи	Научный руководитель
	4	Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	Научный руководитель, исполнитель проекта
	5	Подбор литературы по тематике работы	Исполнитель проекта
	6	Сбор материалов и анализ существующих разработок	Исполнитель проекта
Теоретические исследования	7	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Исполнитель проекта
	8	Анализ конкурентных методик	Исполнитель проекта
	9	Выбор наиболее подходящей и перспективной методики	Исполнитель проекта

Обобщение и анализ результатов	10	Согласование полученных данных с научным руководителем	Исполнитель проекта
Оформление отчета по НИР	11	Оценка эффективности полученных результатов	Исполнитель проекта
	12	Работа над выводами по проекту	Исполнитель проекта
	13	Составление пояснительной записки к работе	Исполнитель проекта

6.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула [90, 91]:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} \quad (60)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.; $t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость работы, чел.-дн.; $t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость работы, чел.-дн..

После определения ожидаемой трудоемкости работ необходимо рассчитать продолжительность каждой из работ в рабочих днях T_{pi} . Величина T_{pi} учитывает параллельность выполнения этих работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожіi}}{C_i}, \quad (61)$$

где $t_{ожіi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.; C_i – число исполнителей, выполняющих одновременно одну работу, чел.

Результаты расчета приведены в Таблице 11.

6.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

Длительность каждого этапа работ из всех рабочих дней могут быть переведены в календарные дни с помощью следующей формулы:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (62)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях; T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях; $k_{кал}$ – коэффициент календарности

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (63)$$

где $T_{кал}$ – количество календарных дней в году; $T_{вых}$ – количество выходных дней в году; $T_{пр}$ – количество праздничных дней в году.

Согласно данным производственного и налогового календаря на 2021 год, количество календарных дней составляет 365 дней, количество рабочих дней составляет 247, количество выходных – 102 дней, а количество предпраздничных дней – 15, таким образом:

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		123

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 102 - 15} = 1,47.$$

$$T_k = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 5,2 \cdot 1,47 = 7,64 \approx 8 \text{ дней/}$$

Все полученные значения заносим в Таблицу 11.

После заполнения Таблицы 11 строим календарный план-график (Таблица 12). График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделяются штриховкой в зависимости от исполнителей.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		124

Таблица 11 – Временные показатели проведения исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнители	Длительность работ в рабочих днях			Длительность работ в календарных днях				
	$t_{мин}$, чел-дни		$t_{мес}$, чел-дни		$t_{ожг}$, чел-дни			T_{pi}			T_{ki}				
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		
Составление и утверждение темы проекта	2	2	2	5	5	3,2	3,2	3,2	3,2	3	3	3	5	5	5
Выдача задания по тематике проекта	1	1	1	2	2	1,8	1,8	1,8	1,8	Рук., исп. проекта	2	2	2	3	3
Постановка задачи	1	1	1	2	2	1,8	1,8	1,8	1,8	Исп. проекта	2	2	2	3	3
Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	3	1	2	5	2	3,8	1,8	1,8	2,8	Рук., исп. проекта	2	1	1,5	3	1
Подбор литературы по тематике работы	7	6	7	10	8	8,2	6,8	8,2	8,2	Исп. проекта	8	7	8	12	10
Сбор материалов и анализ существующих методик	14	14	14	17	17	15,2	15,2	15,2	15,2	Исп. проекта	15	15	15	23	23
Проведение теоретических расчетов и обоснований	7	7	7	9	9	7,8	7,8	7,8	7,8	Исп. проекта	8	8	8	12	12
Анализ конкурентных методик	5	5	5	7	7	5,8	5,8	5,8	5,8	Исп. проекта	6	6	6	9	9
Выбор наиболее подходящей и перспективной методики	3	2	3	5	4	3,4	2,4	3,4	3,4	Рук., исп. проекта	3	1	3	4	2
Согласование полученных данных с научным руководителем	2	1	2	5	3	3,2	1,8	2,8	2,8	Рук., исп. проекта	1,5	1	1,5	2	1
Оценка эффективности полученных результатов	2	2	2	3	3	2,4	2,4	2,4	2,4	Исп. проекта	2,5	2,5	2,5	4	4
Работа над выводами по проекту	1	1	1	2	2	1,4	1,4	1,4	1,4	Исп. проекта	2	2	2	3	3
Составление пояснительной записки к работе	4	4	4	6	6	4,8	4,8	4,8	4,8	Исп. проекта	5	5	5	7	7

Таблица 12 – Календарный план-график проведения работ по проведению исследованию

№	Вид работ	Исполнитель	Тк, кал. дни	Продолжительность выполнения работ													
				Март			Апрель			Май							
				1	2	3	1	2	3	1	2	3					
1	Составление и утверждение темы проекта	Рук.	5														
2	Выдача задания по тематике проекта	Исп. проекта	3														
3	Постановка задачи	Исп. проекта	3														
4	Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	Рук., исп. проекта	3														
5	Подбор литературы по тематике работы	Исп. проекта	12														
6	Сбор материалов и анализ существующих методик	Исп. проекта	23														
7	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Исп. проекта	12														
8	Анализ конкурентных методик	Исп. проекта	9														
9	Выбор наиболее подходящей и перспективной методики	Рук., исп. проекта	4														
10	Согласование полученных данных с научным руководителем	Рук., исп. проекта	2														
11	Оценка эффективности полученных результатов	Исп. проекта	4														
12	Работа над выводами	Исп. проекта	3														
13	Составление пояснительной записки к работе	Рук.	7														

Примечание:

 – научный руководитель;  – исполнитель проекта

6.2.4 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета проекта необходимо учесть вне виды расходов, которые связаны с его выполнением. Для формирования бюджета проекта используется следующая группа затрат:

- материальные затраты проекта;
- затраты на специальное оборудование
- основная заработная плата исполнителей проекта;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

Расчёт материальных затрат НТИ

Для проведения научного исследования необходим компьютер, с установленными специальными программами и с соответствующим программным обеспечением.

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i N_{расхi} \quad (64)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования; $N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт.); C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт.); k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов [92].

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		127

Таблица 13 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на Материалы (З _м), руб		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Бумага	лист	150	100	130	2	2	2	345	230	169
Картридж	шт.	1	1	1	1000	1000	1000	1150	1150	1150
Интернет	Мбит	1	1	1	350	350	350	402,5	402,5	402,5
Ручка	шт.	1	1	1	20	20	20	23	23	23
Дополнительная литература	шт.	2	1	1	400	350	330	920	402,5	379,5
Тетрадь	шт.	1	2	1	10	10	10	11,5	11,5	11,5
Электроэнергия	кВт/час	34	39	41	2,93	2,93	2,93	114,6	131,4	138,15
Итого								2966,6	2350,9	2273,6

Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Согласно исследованию, приведенному в данной работе, затраты по статье «специальное оборудование для научных работ» не предусматриваются.

Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в Таблицу 14.

Таблица 14 – Материальные затраты

№	Этапы	Исполнители по категориям	Трудоёмкость, чел.-дн.			Зарботная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Составление и утверждение темы проекта	Рук.	2	2	2	3,6	3,6	3,6	7,2	7,2	7,2
2.	Выдача задания по тематике проекта	Рук., исп. проекта	1	1	1	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
3.	Постановка задачи	Исп. проекта	1	2	1,5	0,8	0,8	0,8	0,8	1,6	1,2
4.	Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	Рук., исп. проекта	2	1	1,5	4,4	4,4	4,4	8,8	4,4	6,6
5.	Подбор литературы по тематике работы	Исп. проекта	7	9	8	0,8	0,8	0,8	5,6	7,2	6,4
6.	Сбор материалов и анализ существующих методик	Исп. проекта	14	15	15	0,8	0,8	0,8	11,2	12	12
7.	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Исп. проекта	8	8	8	0,8	0,8	0,8	6,4	6,4	6,4
8.	Анализ конкурентных методик	Исп. проекта	5	6	5	0,8	0,8	0,8	4	4,8	4
9.	Выбор наиболее подходящей и перспективной методики	Рук., исп. проекта	3	1,5	3	4,4	4,4	4,4	13,2	5,9	13,2
10.	Согласование полученных данных с научным руководителем	Рук., исп. проекта	2	1	1,5	4,4	4,4	4,4	8,8	4,4	6,6
11.	Оценка эффективности полученных результатов	Исп. проекта	2	2,5	3	0,8	0,8	0,8	1,6	2	2,4
12.	Работа над выводами по проекту	Исп. проекта	2	2	2	0,8	0,8	0,8	1,6	1,6	1,6
13.	Составление пояснительной записки к работе	Исп. проекта	6	5	6	0,8	0,8	0,8	4,8	4	4,8
Итого:									66	65,9	76,8

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и исполнитель проекта.

Статья включает в себя основную заработную плату $Z_{осн}$ и дополнительную заработную плату $Z_{доп}$.

$$Z_{зн} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (65)$$

Максимальная основная заработная плата руководителя (доктора наук) равна примерно 32400 рублей, а исполнителя проекта 12200 рублей.

Дополнительная заработная плата составляет 12-20 % от $Z_{осн}$.

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (66)$$

Таким образом, заработная плата руководителя равна 37260 рублей, исполнителя проекта – 14030 рублей.

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется как:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) \quad (67)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). В 2021 г. установлен размер страховых взносов равный 30,2%.

В Таблице 15 представлены результаты по расчету отчислений во внебюджетные фонды всех исполнителей.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		130

Таблица 15 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб			Дополнительная заработная плата, руб		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	36000	23400	32400	5400	3510	4860
Исполнитель проекта	12200	12200	12200	1830	1830	1830
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302					
Итого:						
Исполнение 1	16739,9 руб.					
Исполнение 2	12363,9 руб.					
Исполнение 3	15489,6 руб.					

Накладные расходы

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, наибольшие накладные расходы равны:

при первом исполнении: $Z_{\text{накл}} = 103300 \cdot 0,16 = 16528$ руб.;

при втором исполнении: $Z_{\text{накл}} = 98891,8 \cdot 0,16 = 15822,7$ руб.;

при третьем исполнении: $Z_{\text{накл}} = 114537,3 \cdot 0,16 = 18326$ руб.

Формирование бюджета затрат научно- исследовательского проекта.

Таблица 16 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Материальные затраты НИИ	2966,6	2350,9	2273,6
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	48200	35600	44600
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей	7230	5340	6690
Отчисления во внебюджетные фонды	16739,9	12363,9	15489,6
Накладные расходы	16528	15822,7	18326
Бюджет затрат НИИ	91664,5	71477,5	87379,2

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		131

нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} \quad (68)$$

где $I_{финр}$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость научноисследовательского проекта.

Для 1-ого варианта исполнения:

$$I_{финр}^{исп1} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{max}} = \frac{91664,5}{91664,5} = 1$$

Для 2-ого варианта исполнения имеем:

$$I_{финр}^{исп2} = \frac{\Phi_{p2}}{\Phi_{max}} = \frac{71477,5}{91664,5} = 0,78$$

Для 3-ого варианта исполнения имеем:

$$I_{финр}^{исп3} = \frac{\Phi_{p3}}{\Phi_{max}} = \frac{87379,2}{91664,5} = 0,95$$

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (69)$$

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		132

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности; a_i – весовой коэффициент разработки; b_i – балльная оценка разработки.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме Таблицы 17.

$$I_{p-учн1} = 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,05 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,2 = 4,8$$

$$I_{p-учн2} = 3 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,05 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,2 = 3,55$$

$$I_{p-учн3} = 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0,05 + 2 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,2 = 3,15$$

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

$$I_{p-учн1} = 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,05 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,2 = 4,8$$

$$I_{p-учн2} = 3 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,05 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,2 = 3,55$$

$$I_{p-учн3} = 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0,05 + 2 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,2 = 3,15$$

Таблица 17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Объект исследования			
	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Визуализация результатов	0,2	5	3	3
Использование косвенных признаков для определения горения	0,3	5	3	4
Интерфейс	0,05	4	5	3

Модель математического моделирования	0,15	4	4	2
Ввод исходных данных	0,1	5	4	3
Визуализация результатов	0,2			
Итого	1	4,8	3,55	3,15

Таблица 18 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,78	0,95
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,8	3,55	3,15
3	Интегральный показатель эффективности	4,8	4,55	3,3
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,95	0,68

Выводы по разделу

Разработка алгоритма в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе, с позиции финансовой и ресурсной эффективности, после которой следует исполнение 2 и исполнение 3.

7. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Объекты транспорта и хранения природного газа проектируются, испытываются и строятся в соответствии с жесткими строительными нормами, стандартами и правилами.

Для того, чтобы обеспечить надежность и безопасность хранения и поставки транспортируемого газа, очень важно сохранять в процессе эксплуатации требуемые показатели и характеристики.

Существует необходимость в проведении оценки риска аварийной разгерметизации ОПО ГТС. Это обуславливает актуальность данной выпускной квалификационной работы магистра, так как оценка вероятности возникновения чрезвычайной ситуации на производстве является частью концепции безопасной эксплуатации объектов транспорта и хранения природного газа.

В данном разделе проведен анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследования в области оценки риска аварий.

7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Для обеспечения безопасной работы на персональном компьютере необходимо:

- Соблюдать правила и нормативы (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03), утвержденные постановлением Главного санитарного врача России от 3 июня 2003 г. № 118 [93].

					Модернизация проектного решения участка газотранспортной системы Анивских месторождений от установки подготовки газа Южно-Луговского месторождения до газораспределительного пункта города Анива			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Курасов О.А.				Социальная ответственность	Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Бичков П.В.						135	181
Консульт.	Сечин А.И.					НИ ТПУ гр. 2БМ91		
Рук-ль ООП	Шадрина А.В.							

- Персонал должен освоить безопасные методы и приемы работ, уметь оказать первую помощь пострадавшим, твердо знать, какие действия на рабочих местах запрещены.

- Инструктаж на рабочем месте – обязательная процедура, которую также должны проходить все сотрудники (ст. 225 ТК РФ, п. 1.1 Порядка, утвержденного постановлением Минтруда России от 13 января 2003 г. № 1, Минобразования России от 13 января 2003 г. № 29).

- Рекомендуется устраивать перерывы по 10–15 минут каждые 45–60 минут работы за компьютером (п. 1.4 приложения № 7 к СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03). В любом случае продолжительность непрерывной работы за компьютером не должна превышать один час (п. 1.5 приложения № 7 к СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03) [93]. При этом суммарное время регламентированных перерывов в течение рабочего дня должно составлять не менее 50 минут (таблица № 7.1 к МР 2.2.9.2311-07).

7.2 Производственная безопасность

7.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов

Работа на персональном компьютере включает в себя воспроизведение зрительной информации на мониторе и восприятие ее пользователем. Создание благоприятных и безопасных условий труда является ключевым моментом, оказывающим влияние на продуктивность деятельности людей, работающих на персональном компьютере.

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		136

Таблица 19 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы [94]	Этапы работ			Нормативные документы
	Анализ возникновения ЧС	Расчет оценки риска	Подведение итогов	
1. Нервно психологические перегрузки (монотонность, умственное напряжение)	+	+	+	– Система стандартов безопасности труда «Опасные и вредные производственные факторы» ГОСТ 12.0.003-2015;
2. Превышение уровня шума	+	+	+	– Международные карты химической безопасности (ICSC):1489. Октябрь 2004;
3. Освещение	+	+	+	– Общие требования безопасности при работе с производственным оборудованием ГОСТ 12.2.003-91 [95];
4. Микроклимат	+	+	+	– Требования по электробезопасности ГОСТ 12.1.03081;
5. Поражение электрическим током	+	+	+	– СН устанавливает допустимый уровень шума на рабочих местах СН 2.2.4/2.1.8.562-96;
6. Превышение уровня электромагнитного излучения.	+	+	+	– Требования к освещению устанавливаются СП 52.13330.2016
7. Появление зрительного напряжения.	+	+	+	
8. Проявление статического электричества	+	+	+	
9. Повышенный уровень вибрации.	-	+	-	

Требования труда человека, который работает с ПК, обуславливаются:

- свойствами основных компонентов рабочего места (пространственными параметрами рабочей области и ее компонентов, соответствующих физиологическим данным работников;
- расстановкой предметов рабочей области относительно работающих, учитывая вид их деятельности);
- параметрами окружающей среды (освещением рабочего места, микроклиматом, шумом, специфическими факторами, которые обусловлены особенностями систем воспроизведения информации и т.д.);
- параметрами согласованной работы человека и персонального компьютера.

Характерной чертой при работе на ПК является сильное и непрерывное напряжение функции зрительного аппарата, которое обусловлено необходимостью в распознавании различных объектов в таких условиях, как мелькание изображений, недостаточная освещенность поля экрана, строчная структура экрана, недостаточная контрастность объектов различения и необходимость в регулярной переадаптации зрительного анализатора к разным уровням освещенности монитора, клавиатуры.

Такие факторы, как недостаток времени, объемность и плотность информации, особенность работы оператора и ПК (ошибки в программе, ожидание), ответственность за качество информации, ведут к нервно-эмоциональному напряжению.

Скорость работы на компьютере при вводе каких-либо данных зависит от объема и характера задания и времени его выполнения. В процессе операции по вводу информации число мелких движений пальцев и кистей рук за рабочую смену может превышать 60-70 тысяч, что согласно гигиенической классификации труда принадлежит к группе вредных и опасных.

Существует ряд причин, которые ухудшают здоровье пользователей, например, электромагнитные и электростатические поля, шум, отклонения в ионном составе воздуха и нормах микроклимата в рабочей зоне. На самочувствие работающего влияют и эргономические нормы по расположению монитора, ведущие к разной степени контрастности изображения в условиях интенсивной засветки, появлению бликов от фронтальной поверхности экрана и т.п. Важное место имеет и освещенность рабочего места, размеры мебели и помещения, где располагается компьютерное оборудование.

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		138

7.3 Мероприятия по снижению воздействия вредных и опасных производственных факторов

7.3.1 Нервно-психологические перегрузки (монотонность, умственное напряжение)

Работы, связанные с долгой работой на персональном компьютере, характеризуются большой нагрузкой на нервную систему. Симптомами умственного переутомления являются: усталость, частые головные боли, нарушения сна, покраснение глаз, изменение артериального давления. Статическая работа связана с физической нагрузкой, не требующей перемещения тела. К таким нагрузкам можно отнести длительно пребывание в сидячем положении. Последствиями таких перегрузок могут стать как физические, так и психологические заболевания.

К мероприятиям по снижению данного фактора можно отнести следующие:

- рациональная организация условий труда;
- соблюдение режима дня;
- достаточный сон;
- достаточное пребывание на воздухе;
- занятия спортом;
- занятия аутотренингом;
- оптимальное использование выходных дней и отпуска.

7.3.2 Превышение уровня шума

Шум, являясь общебиологическим раздражителем, оказывает влияние не только на слуховой анализатор, но действует на структуры головного мозга. Среди проявлений воздействия шума на организм человека выделяются: снижение разборчивости речи, неприятные ощущения, развитие утомления и

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		139

снижение производительности труда, появление шумовой патологии.

Предельно допустимые уровни шума на рабочих местах установлены Санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» [96].

В помещениях, оборудованных ПК, при выполнении основной работы на ПК уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБА. Согласно проведенной комиссией ПДК оценку рабочих мест, уровень шума составил 35 дБА. Что соответствует норме.

Мероприятия по снижению повышенного уровня шума:

- устранение причин возникновения шума или снижение его в источнике;
- применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума;
- группировка шумных помещений в одной зоне здания и отделение их коридорами;
- применением звукопоглощающих панелей и перегородок.

7.3.3. Освещение

Безопасность при работе на персональном компьютере в значительной мере зависит от освещения. Основная задача освещения – создание наилучших условий для зрения трудящихся. Эту задачу можно решить только осветительной системой, которая должна соответствовать требованиям, приведённым в СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [97]. Освещённость на рабочем месте должна соответствовать характеру зрительной работы.

Произведем расчет искусственного освещения.

В отделе по контролю уровней рисков на производстве предусмотрено комбинированное естественное освещение верхнего типа, которое передается через люминесцентные лампы.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		140

Так как выполнялись проектные работы, освещение должно быть общим и равномерным. Освещенность в рабочей зоне должна быть более 400 лк при расстоянии 80 см от пола. При этом условии местное освещение не требуется [98, 99].

$$\Phi = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{N \cdot \eta}, \quad (43)$$

где Φ – световой поток каждой из ламп (лм); E – номинальная освещенность (лк); K – коэффициент запаса [98, 99]; N – количество ламп в помещении; Z – коэффициент неравномерности освещения. В нашем случае $Z = 1.1$ (для люминесцентных ламп); S – площадь помещения; η – отношение потока, падающего на расчетную поверхность к суммарному потоку всех ламп.

Для определения η необходимо знать индекс помещения i , значения коэффициентов отражения стен r_c (краска бежевая), потолка r_n (плитка подвесного потолка светло-серая): $r_c = 50\%$; $r_n = 70\%$

$$i = \frac{S}{h(A + B)}, \quad (44)$$

где A – длина помещения, $A = 6$ м; B – ширина помещения, $B = 5$ м; S – площадь помещения, $S = 30$ м²; $h = H - H_{ce} - h_{pn}$ – высота подвеса ламп; H – высота помещения; h_{pn} – высота рабочей поверхности; h_{ce} – высота свеса ламп; $h = (3 - 0,1 - 0,8) = 2,1$ м.

$$i = \frac{30}{2,1 \cdot (6 + 5)} = 1,3. \quad (44)$$

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		141

Необходимо сделать выбор:

1) систем и способов освещения:

Система общего освещения, тип светильников – накладной зеркальный растровый ЛПО. Параметры светильника: $L_c = 620$ мм – длина светильника, 620 мм – ширина светильника, 85 мм – высота светильника, КПД=75 %.

2) источников света.

Выбираем наилучшее расстояние между светильниками $L/h = 1,4$ [98, 99].

$$\frac{L}{h} = 1,4,$$

где h – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью; $H = 3$ м;
 $h = 2,1$ м.

$$L = 2,1 \cdot 1,4 = 2,94 \text{ м.}$$

$$\frac{L}{2,1} = 1,4 \text{ м.}$$

Общее количество светильников составляет 8 единиц, и они будут расположены в два ряда.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		142

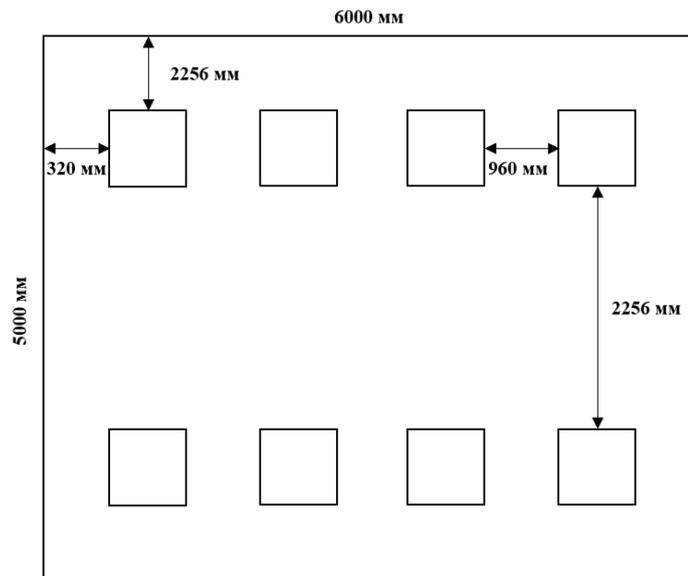


Рисунок 15 – Схема расположения светильников

Для обеспечения равномерного освещения, рассчитаем расстояние от крайних светильников до стены $L/3$:

$$6000 = 4 \cdot 620 + 3 \cdot L_1 + \frac{2}{3} L_2$$

$$L_1 = (6000 - 4 \cdot 620) \cdot \frac{3}{11} = 960$$

$$\frac{L_1}{3} = 320$$

$$5000 = 2 \cdot 620 + L_2 + \frac{2}{3} L_2$$

$$L_2 = (5000 - 2 \cdot 620) \cdot \frac{3}{8} = 2256$$

$$\frac{L_2}{3} = 752$$

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		143

По рассчитанному i выберем $\eta = 55\%$ [98, 99]. Величина номинальной освещенности $E = 400$ лк, а количество ламп 32, тогда световой поток в помещении будет:

$$\Phi = \frac{400 \cdot 1,5 \cdot 30 \cdot 1,1}{32 \cdot 0,55} = 1125 \text{ лм}$$

Подбираем близкую по характеристике лампу ЛБ мощностью 20 Вт и световым потоком 1200 лм [98, 99].

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.стандарт}} - \Phi_{\text{л.расч.}}}{\Phi_{\text{л.стандарт}}} \cdot 100\% \leq +20\%$$

Получаем

$$-10\% \leq \frac{1200 - 1125}{1200} \cdot 100\% \leq +20\%.$$

$$-10\% \leq 6,25 \leq +20\%.$$

Определяем электрическую мощность осветительной установки:

$$P = 32 \cdot 20 = 640 \text{ Вт}.$$

Для создания рациональных условий освещения важное значение имеет тщательный и регулярный уход за установками естественного и искусственного освещения. Необходимо следить за исправностью схем включения, регулярно заменять перегоревшие лампы.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		144

7.3.4 Микроклимат

Составляющие микроклимата можно считать благоприятными, если они, длительно воздействуя на организм человека, обеспечивают нормальную работу всех его систем и теплового состояния, создавая предпосылки для теплового комфорта и продуктивной работоспособности.

Оптимальные и допустимые значения параметров микроклимата устанавливаются в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 [101], исходя из категории тяжести выполняемой работы, величины избытков явного тепла и периода года.

На условия работы в помещении влияют такие параметры как температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Нормы параметров микроклимата для помещения без избытка выделения тепла для работ второй категории тяжести приведены в Таблице 18 [102].

Таблица 18 – Характеристика помещения

Наименование параметров и единицы измерения	В холодное время	В теплое время
Температура, °С	20-22	22-25
Относительная влажность, %	30-60	30-60
Скорость движения воздуха, м/с	не более 0,2	не более 0,5

В рассматриваемом помещении температура: зимой 20-22 °С; летом – 22-25 °С. Влажность 55%, скорость движения воздуха – 0.2 м/с. Эти данные соответствуют нормам.

7.3.5 Поражение электрическим током

Электрические установки, к которым относится практически все оборудование ЭВМ, представляют для человека большую потенциальную опасность, так как в процессе эксплуатации человек может коснуться частей, находящихся под напряжением.

Любое воздействие тока может привести к электрической травме, то есть к повреждению организма, вызванному действием электрического тока или электрической дуги.

При рассмотрении вопроса обеспечения электробезопасности необходимо выделить три основных фактора:

- электроустановки рабочего места;
- вспомогательное электрооборудование;
- окружающая среда помещения.

К электроустройствам рабочего места относятся: компьютер, видеомонитор, принтер.

К вспомогательному оборудованию относятся лампы местного освещения, вентиляторы и другие электрические приборы.

Электрооборудование, перечисленное выше, относится к установкам напряжением до 1000 В, исключение составляют лишь дисплей, электроннолучевые трубки, которых имеют напряжение в несколько киловольт.

Окружающая среда помещений, в которых работает пользователь персонального компьютера, воздействует на электрическую изоляцию приборов и устройств, электрическое сопротивление тела человека и может создавать условия для поражения электрическим током.

Помещения, оборудованные вычислительной техникой, как правило, относятся к категории помещений без повышенной опасности так как:

- относительная влажность воздуха не превышает 75%;
- нет токопроводящей пыли;
- температура не превышает длительное время 30 °С;
- отсутствует возможность одновременного прикосновения человека с имеющими соединение с землей металлическими конструкциями;
- отсутствие доступа к токоведущим частям оборудования;
- нет токопроводящих полов.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		146

Таким образом, для предотвращения электротравматизма пользователя, необходимо соблюдать требования безопасности, как при работе с обычной бытовой техникой, а также проведение инструктажей по электробезопасности.

7.3.6. Превышение уровня электромагнитного излучения

Мероприятия по снижению излучений включают:

- мероприятия по сертификации ПЭВМ (ПК) и аттестации рабочих мест;
- применение экранов и фильтров;
- организационно технические мероприятия;
- применение средств индивидуальной защиты путем экранирования пользователя ПЭВМ (ПК) целиком или отдельных зон его тела;
- использование и применение профилактических напитков;
- использование иных технических средств защиты от патогенных излучений.

Все ПЭВМ (ПК) должны иметь гигиенический сертификат, включающий в том числе оценку визуальных параметров.

Санитарно-гигиенический надзор и контроль за электромагнитными (ЭМИ) и другими видами излучений рекомендуется осуществлять как на стадии выпуска ПК, так и в процессе их эксплуатации.

Организационно-технические мероприятия подразделяются на:

- рациональное размещение рабочих мест, оснащенных ПЭВМ (ПК);
- применение экранов и фильтров класса "Полная защита".

ПК следует располагать при однорядном их размещении на расстоянии не менее 1 м от стен; рабочие места с дисплеями должны располагаться между собой на расстоянии не менее 1,5 м.

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		147

Минимальная ширина проходов с передней стороны пультов и панелей управления ПЭВМ при однорядном его расположении должна быть не менее 1 м, при двухрядном не менее 1,2 м.

Расстояние между рабочими столами с видеомониторами должно быть не менее 2 м (между тылом поверхности одного монитора и экраном другого монитора), а расстояние между боковыми поверхностями монитора не менее 1,2 м.

Экран монитора ПЭВМ (ПК) располагают на расстоянии 600 700 мм от пользователя ПК, но не ближе 500 мм с учетом размеров цифровых знаков и символов.

7.3.7 Превышение уровня вибрации

Уровни вибрации в производственных помещениях при работе на ПК согласно санитарным нормам СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» не должны превышать уровни в 72 дБ.

Согласно проведенной комиссией ПДК оценку рабочих мест, вибрация на рабочем месте не превышает нормируемые параметры.

7.3.8 Появление зрительного напряжения

Для уменьшения зрительного напряжения приведены следующие мероприятия:

– улучшение световой обстановки путем обеспечения помещений естественным и достаточным искусственным освещением, рациональным расположением рабочих мест по отношению к оконным проемам и светильникам искусственного освещения;

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		148

- снижение зрительного утомления путем снижения пульсации светового потока, исключения бликов отражения на экранах мониторов, использования экранов защиты, фильтров с антибликовым покрытием, очков для пользователей ПЭВМ и рационального использования режимов труда и отдыха.

7.3.9 Проявление статического электричества

Для предотвращения образования и защиты от статического электричества в помещениях, где используется вычислительная техника, необходимо использовать нейтрализаторы и увлажнители, а полы должны иметь антистатическое покрытие. Защита от статического электричества должна проводиться в соответствии с санитарно-гигиеническими нормами допустимой напряженности электрического поля. Допускаемые уровни напряженности электростатических полей не должны превышать 20 кВ в течение 1 часа [100].

7.4 Экологическая безопасность

При использовании персональных компьютеров требуют решения такие важные вопросы, как переработка отходов (платы, микросхемы с содержанием цветных металлов). При переработке устаревших компьютеров происходит их разборка на шесть составляющих компонентов: металлы, пластмассы, штекеры, провода, батареи, стекло. Для повторной эксплуатации нельзя использовать ни одну из отработанных деталей, так как нет гарантии ее надежности, но в форме вторичного сырья они используются при изготовлении новых компьютеров или каких-либо других устройств. Так же компоненты ПК содержат драгоценные металлы, которые извлекаются при вторичной переработке. Переработку компонентов с целью утилизации драг металлов регламентирует «Методика проведения работ по комплексной

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		149

утилизации вторичных драгоценных металлов из отработанных средств вычислительной техники».

Люминесцентные лампы, содержат ртуть и поэтому должны утилизироваться на специальных полигонах токсичных отходов.

При эксплуатации ЭВМ расходуются такие ресурсы, как электроэнергия (обеспечение питания компьютера), бумага, используемая для принтера при выводе информации, картриджи. Для того, чтобы добиться наиболее рациональных затрат электроэнергии не следует оставлять включенным персональный компьютер и оргтехнику, когда они не эксплуатируются в настоящее время, печать осуществлять с двух сторон, при этом затраты на бумагу вряд ли удастся сократить хотя бы вдвое, но экономия будет ощутимой. Проблему с утилизацией бумаги может решить вторичная переработка отходов.

7.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

7.5.1 Анализ возможных ЧС

Наиболее вероятная чрезвычайная ситуация, которая может возникнуть при работе с ПЭВМ – пожар, так как в современных ЭВМ очень высокая плотность размещения элементов электронных схем, в непосредственной близости друг от друга располагаются соединительные провода и кабели, при протекании по ним электрического тока выделяется значительное количество теплоты, при этом возможно оплавление изоляции и возникновение возгорания. Возникновение других видов ЧС – маловероятно.

7.5.2 Пожарная безопасность

При работе компьютерной техники выделяется много тепла, что может привести к пожароопасной ситуации. Источниками зажигания так же могут

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		150

служить приборы, применяемые для технического обслуживания, устройства электропитания, кондиционеры воздуха. Серьёзную опасность представляют различные электроизоляционные материалы, используемые для защиты от механических воздействий отдельных радиодеталей.

В связи с этим, участки, на которых используется компьютерная техника, по пожарной опасности относятся к категории пожароопасных «В1».

При пожаре люди должны покинуть помещение в течение минимального времени.

В помещениях с компьютерной техникой, недопустимо применение воды и пены ввиду опасности повреждения или полного выхода из строя дорогостоящего электронного оборудования.

Для тушения пожаров необходимо применять углекислотные и порошковые огнетушители, которые обладают высокой скоростью тушения, большим временем действия, возможностью тушения электроустановок, высокой эффективностью борьбы с огнем. Воду разрешено применять только во вспомогательных помещениях.

Работа по предупреждению пожаров на различных объектах включает:

- пожарно-техническое обследование с целью выявить истинное состояние пожаробезопасной системы объектов в целом и отдельных их частей представителями пожарного надзора с последующим вручением предписаний и приказов;
- контроль своевременного исполнения предназначенных для объекта мероприятий;
- постоянный контроль над выполнением противопожарных работ;
- проверку исправности первичных средств пожаротушения;
- установку систем пожарной автоматики;
- проведение учебных работ с персоналом организации для определения времени эвакуации людей при пожаре.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		151

Вывод по разделу

В данном разделе были рассмотрены опасные и вредные факторы на рабочем месте специалиста отдела по анализу рисков на ОПО объектов ТП транспорта и хранения природного газа.

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

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

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		152

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема надежности объектов транспорта и хранения природного газа объективно связана с повышенным риском аварий и отказов. Это приводит к значительным экономическим потерям и серьезным экологическим последствиями в случае их аварий. Решение этой проблемы заключается в количественной оценке рисков проектируемых объектов модернизации участка ГТС.

Постоянное управление надежностью снижает риск возникновения внештатных ситуаций на ОПО, которые не соответствуют фактическим условиям, тем самым повышая общую надежность системы газоснабжения.

С целью обеспечения необходимых технико-экономических показателей ГТС и продления сроков ее эксплуатации необходимо увеличить надежность и безотказность работы ОПО с помощью проведения регулярных мероприятий по их диагностике, ремонту, реконструкции и модернизации.

Выполнение комплекса этих работ позволит не только увеличить сроки эксплуатации существующих объектов, но и проектировать перспективные объекты для хранения и транспорта природного газа с высоким уровнем надежности и поддерживать его на разных стадиях их жизненного цикла.

При оценке рисков и обеспечении надежности конструкций ГП необходимо учитывать особенности, отличающие их от других конструкций.

Основными иницирующими факторами влияющими на аварийность ТП являются: коррозия, дефекты строительства, дефекты производства труб, действия третьих сторон, изменения окружающей среды, ошибки оператора.

					<i>Модернизация проектного решения участка газотранспортной системы Анивских месторождений от установки подготовки газа Южно-Луговского месторождения до газораспределительного пункта города Анива</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Курасов О.А.</i>			<i>Заключение</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Рцковод.</i>		<i>Бцрков П.В.</i>					153	181
<i>Консульт.</i>						НИ ТПУ гр. 2БМ91		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Шадрина А.В.</i>						

При этом для РФ распределение причин аварий существенно различается, как для различных диаметров ТП, так и для различных перекачиваемых продуктов.

Статистика аварий и анализ их причин существенно различается в мире, как по идентификации самих причин и определению самого понятия «авария», так и по подходу в статистическом учете.

В мировой практике существуют десятки подходов и методов оценки риска потери целостности ТП, которые в общем можно разделить на качественные и количественные. В основе большинства количественных подходов лежат уравнения, полученные на БД по инцидентам с использованием методов математической статистики и анализом групп иницирующих факторов с выводом коэффициентов влияния на общий результат данных факторов. Конечным расчетным количественным показателем является значение частоты аварии на длину ТП (км) в год.

В настоящей работе произведен анализ доступных российских и зарубежных статистических данных по аварийности на ОПО.

Рассмотрены основные методы определения расчетных величин риска аварий объектов хранения и трубопроводного транспорта природного газа.

Для участка ГТС Южно-Луговского месторождения был выполнен расчет ожидаемой частоты аварийной разгерметизации проектируемого ГП высокого давления. На участках трассы ГП, где частота составляет $1,0E-06$ на $\text{км} \cdot \text{в год}$ (при разрыве на полное сечение) и $1,0E-05$ на $\text{км} \cdot \text{в год}$ (при утечках), необходимо реализовать дополнительные меры безопасности.

Введен метод логических деревьев событий при рассмотрении сценариев полного и частичного разрушения цилиндрического газгольдера постоянного объема. Риск аварии газгольдера находится в зоне жесткого контроля риска от $1,0E-06$ до $1,0E-05$ в год. В этой зоне риск считается допустимым и приемлемым только в том случае, если приняты меры, позволяющие снизить его настолько, насколько это практически целесообразно.

					Заключение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		154

Рассчитан максимальный фронт ударной волны при аварийной разгерметизации ГП, который составил 33 м.

Предложен ряд компенсирующих мероприятий и средств контроля риска для продления сроков безопасной эксплуатации газопроводов и газгольдеров.

На основе сравнительной характеристики рассчитанных показателей рисков ОПО выявлено, что проблему оптимизации мероприятий по модернизации ГТС может решить прокладка дополнительного газопровода высокого давления от УПГ Южно-Луговского месторождения до ГРП г. Анива.

Проведение динамической оценки не поддающихся прямому контролю рисков (третьи стороны и окружающая среда), и поиск технических решений контроля данных факторов на этапе проектирования ОПО и внедрения их в технологический процесс УПГ, являются одними из наиболее актуальных задач сохранения целостности ГТС Южно-Луговского месторождения в контексте ее безаварийной работы. В будущем, необходима методика, позволяющая сделать, на основе количественного анализа, качественную градацию трассы проектируемого ГП-лупинга в отношении потери целостности без рассмотрения индивидуальных параметров прочностной целостности каждой из них.

Выполненная в работе оценка расчетных величин риска ОПО, описывающая состояние рассматриваемых объектов под действием эксплуатационных и внешних воздействий, необходима для расчетно-экспериментального анализа и определения ключевых параметров безопасности, рисков и защищенности ГТС. В рамках исследования улучшается научное и эффективное управление объектами транспорта и хранения природного газа и обеспечивается поддержание технического состояния ОПО при их переходе от исходных штатных к предельным состояниям.

					<i>Заключение</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		155

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Курасов, О. А. Оценка рисков при модернизации газотранспортной системы / О. А. Курасов // XVIII Всероссийская конференция-конкурс студентов и аспирантов «Актуальные Проблемы Недропользования»: Тезисы докладов, 2020. – с. 71.

2. Курасов, О. А. Модернизация проектного решения участка газотранспортной системы месторождения от установки подготовки газа до газораспределительного пункта / О. А. Курасов // Проблемы геологии и освоения недр : Труды XXIV Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Томск, 06–10 апреля 2020 года. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2020. – С. 519-521.

3. Бурков, П. В. Модернизация проектного решения участка газотранспортной системы месторождения от установки подготовки газа до газораспределительного пункта / П. В. Бурков, О. А. Курасов // Сборник тезисов к международной научно-практической конференции : Сборник тезисов конференции , Ижевск, 14 апреля 2020 года. – Ижевск: Издательский дом «Удмуртский университет», 2020. – С. 253-257.

4. Махутов, Н.А. Конструкционная прочность, ресурс и техногенная безопасность. В двух частях. - Новосибирск: Наука. - 2005. Часть 1: Критерии прочности и ресурса - 494 с. Часть 2: Обоснование ресурса и безопасности - 610 с.

					<i>Модернизация проектного решения участка газотранспортной системы Анивских месторождений от установки подготовки газа Южно-Луговского месторождения до газораспределительного пункта города Анива</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Курасов О.А.</i>			<i>Список использованных источников</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Бурков П.В.</i>					156	181
<i>Консульт.</i>								
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Шадрина А.В.</i>						
					НИ ТПУ гр. 2БМ91			

5. Проект опытно-промышленной эксплуатации месторождения Южно-Луговское, г. Южно-Сахалинск, фонды ООО «РН-СахалинНИПИморнефть», 2001.

6. Обоснование технологических режимов эксплуатации скважин Южно-Луговского месторождения с учетом фактического состояния разработки. – URL: <https://westud.ru> (Дата обращения: 01.11.2019).

7. Проектная документация. Описание технологического процесса установки подготовки газа Южно-Луговского и Восточно-Луговского месторождений, г. Южно-Сахалинск, АО «Сахалинская нефтяная компания», 2014. – 5 с.

8. Афанасьев, В. А. Сооружение газохранилищ и нефтебаз / Березин В. Л. - М.: Недра, 1986. - 334 с.

9. Коршак, А. А. Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов: Учебник для вузов / А. А. Коршак, А. М. Нечваль; Под ред. А. А. Коршака. – СПб.: Недра, 2008. – 488 с.

10. Бекиров, Т. М., Шаталов А. Т. Сбор и подготовка к транспорту природных газов. - М., Недра, 1986. – 261с.

11. ГОСТ 5172-63 Газгольдеры стальные постоянного объема цилиндрические. Параметры и основные размеры. 1963 г. – 8 с.

12. Жданов Р.А. Нефтебазы и газохранилища. - Уфа : УНИ, 1985. - 87 с.

13. Котляревский, В.А. Безопасность резервуаров и трубопроводов / Шаталов А.А., Ханухов Х.М. - М., Изд-во «Экономика и информатика», 2000 г., 555 стр. с ил.

14. Технический словарь. Том IV. Газгольдерный парк.: - URL: <http://www.ai08.org> (Дата обращения: 22.05.2020)

15. Усанова, О.Ю. Технологические энергоносители предприятий. - М. Московский государственный индустриальный университет, - 2011 г. - 118 с.

16. СП 16.13330.2010 Строительные нормы и правила. Стальные

					Список использованных источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		157

конструкции. – 2010. – 21 с.

17. Коротаяев, Ю.П. Добыча, подготовка и транспорт природного газа и конденсата: Справочное руководство в 2-х томах. Том 2. / Под ред. Маргулова Р.Д. - М.: Недра, 1984, 288 с.

18. СП 43.13330.2012 «Сооружения промышленных предприятий». – 2012. – 13 с.

19. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ. (ред. от 13.07.2015) / КонсультантПлюс: Законодательство. – URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=183010> (Дата обращения 24.03.2021).

20. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и наукотехнические аспекты. Анализ риска и проблемы безопасности : В 4-х частях. Ч. 1. Основы анализа и регулирования безопасности : науч. рук. К. В. Фролов. – М. : МГФ «Знание», 2006. – 640 с.

21. Гостева, А. В. Оценка частоты аварийной разгерметизации магистральных газопроводов (для вновь вводимых в эксплуатацию) : специальность 05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность (по отраслям)» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Гостева Анна Владимировна. – Уфа, 2010. – 240 с.

22. РД 03-418-01 «Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов», утв. Постановлением Госгортехнадзора от 10.07.2001 № 30.

23. СТО Газпром РД 2-2.3-351-2009 «Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром».

24. РД 03-14-2005 «Порядок оформления декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов и перечень включаемых в нее сведений», утв. Приказом Ростехнадзора № 893 от 29.11.2005 г.

25. Шавкин, С.В. Расчет частоты аварийной разгерметизации для

					Список использованных источников	Лист
						158
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

количественного анализа современных магистральных газопроводов / С. В. Шавкин, А. Н. Черноплеков, А. В. Гостева [и др.] // Безопасность жизнедеятельности. – 2009. – № S3. – С. 1-24.

26. Сафонов, В.С. Об особенностях использования статистической информации при анализе риска эксплуатации трубопроводов / В.С. Сафонов, Г.Э. Одишария, С.В.Овчаров, А.А. Швыряев // Морские и арктические нефтегазовые месторождения и экология: Сб.трудов. М.ВНИИГАЗ, 1996. С. 152-178.

27. Курасов, О. А. Оценка рисков при модернизация проектного решения участка газотранспортной системы / О. А. Курасов // Новые технологии - нефтегазовому региону : Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 2-х томах, Тюмень, 20–21 мая 2020 года / Ответственной редактор П. В. Евтин. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2020. – С. 178-180.

28. Иванцова, С. Г. Концепция анализа риска резервуарных конструкций / С. Г. Иванцова, А. И. Рахманин, М. А. Тарасенко, П. Ф. Сильницкий // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – 2011. – № 3. – С. 31-35.

29. Савина, А. В. Об изменении показателей риска аварий при реконструкции опасного производственного объекта / А. В. Савина, А. В. Пчельников, С. И. Сумской // Безопасность труда в промышленности. – 2007. – № 3. – С. 60-63.

30. Балаба, В.И. От производственного контроля к системам управления промышленной безопасностью производственной деятельности / В.И. Балаба, О.Д. Зинченко // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – 2013. – № 4. – С. 45–47.

31. Карпова, В. В. Совершенствование системы обеспечения промышленной безопасности опасных производственных объектов / В. В. Карпова // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – 2011. – № 4. – С. 52-54.

					Список использованных источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		159

32. Kurasov, O. A. Substantiation of methods of improving safety of pipeline gas transportation / O. A. Kurasov, P. V. Burkov // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2021. – Т. 266. – С. 01012.

33. Балаба, В.И. Техническое регулирование безопасности машин и оборудования в нефтегазовом комплексе / В.И. Балаба, О.Д. Зинченко // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса: науч.-техн. журн. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2012. – № 5. – С. 9–14.

34. Зинченко, О. Д. Техническое регулирование: с национального на наднациональный уровень / О. Д. Зинченко // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – 2012. – № 4. – С. 22-25.

35. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие требования к обоснованию безопасности опасного производственного объекта» (с изменениями на 12 июля 2018 года).

36. Makhutov, N. A. Provision of safety - the priority in the sphere of fundamental and applied research / N. A. Makhutov, N. V. Abrosimov, M. M. Gadenin // Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast. – 2013. – No 3(27). – P. 39-61.

37. Карпова, В. В. Сравнительный анализ систем идентификации опасностей и оценки рисков / В. В. Карпова, Э. Р. Хасанова // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – 2011. – № 2. – С. 52-56.

38. Карпусь, Н. И. Анализ факторов, влияющих на риск резервуарных конструкций / Н. И. Карпусь // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – 2014. – № 2. – С. 50-53.

39. Руководство по безопасности «Методика установления допустимого риска аварий при обосновании безопасности опасных производственных объектов нефтегазового комплекса», 2018.

40. Гражданкин, А.И. Допустимый риск – мера неприемлемой опасности промышленной аварии / А. И. Гражданкин, А. С. Печеркин, В. И. Сидоров // Безопасность труда в промышленности. – 2015. – № 3. – С. 66 – 70.

					Список использованных источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		160

41. Дергачев, А. Н. Анализ работоспособности стальных резервуаров по результатам неразрушающего контроля сварных соединений / А. Н. Дергачев // Технологии техносферной безопасности. – 2012. – № 3(43). – С. 16.
42. Махутов, Н. А. Безопасность и риски: системные исследования и разработки / Н. А. Махутов. – Новосибирск : Новосибирское отделение издательства «Наука», 2017. – 724 с. – ISBN 9785020387379.
43. Махутов, Н. А. Взаимосвязанные научные проблемы оценки, нормирования и экспертизы рисков промышленной безопасности / Н. А. Махутов, Е. В. Кловач, А. С. Печеркин, В. И. Сидоров // Безопасность труда в промышленности. – 2018. – № 5. – С. 7-15. – DOI 10.24000/0409-2961-2018-5-7-15.
44. Аралов, О. В. Методология управления качеством сложных технических систем на объектах магистрального трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов / О. В. Аралов // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2019. – Т. 9. – № 6. – С. 608-625. – DOI 10.28999/2541-9595-2019-9-6-608-625.
45. Ханухов, Х. М. Конструкционные методы снижения риска при эксплуатации изотермических резервуаров для хранения СПГ / Х. М. Ханухов, А. В. Алипов, Н. В. Четвертухин [и др.] // Научно-технический сборник Вести газовой науки. – 2017. – № 1(29). – С. 249-258.
46. Ханухов Х. М. Нормативно-техническое и организационное обеспечение безопасной эксплуатации резервуарных конструкций / Х.М. Ханухов, А.В. Алипов // Предотвращение аварий зданий и сооружений: сб. научных трудов. – М., 2011. – Вып. 10. – С. 384–422.
47. Рахманин, А. И. Обеспечение безопасности резервуаров для хранения сжиженного природного газа с учетом негативных эксплуатационных факторов : специальность 05.26.02 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях (по отраслям)» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Рахманин Артем Игоревич. – Москва, 2015. – 137 с.

					Список использованных источников	Лист
						161
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

48. Ильин, К. И. Автоматизированное проектирование технических систем, содержащих опасные вещества, на основе построения логико-вероятностной модели проектных и запроектных аварий : дис. – Ульян. гос. техн. ун-т, 2016.

49. Лисанов, М.В. О регулировании промышленной безопасности по количественным критериям допустимого риска / М. В. Лисанов, Е. В. Ханин, С. И. Сумской // Безопасность труда в промышленности. – 2012. – № 12. – С. 54 – 62.

50. Махутов, Н. А. Фундаментальные закономерности техногенной безопасности в обосновании перспективных газотранспортных систем / Н. А. Махутов, М. М. Гаденин // Научно-технический сборник Вести газовой науки. – 2018. – № 2(34). – С. 109-124.

51. Махутов, Н. А. Учет угроз, связанных с человеческим фактором, при оценке защищенности опасных производственных объектов / Н. А. Махутов, Д. О. Резников // Безопасность труда в промышленности. – 2015. – № 1. – С. 60-67.

52. Kent Muhlbauer, W. 2015. Pipeline Risk Assessment: The Definitive Approach and Its Role in Risk Management. Austin: Expert Publishing, LLC.

53. Kurasov, O. A. Risk assessment and ranking after design improvement of the gas transmission system / O. A. Kurasov, P. V. Burkov // Topical issues of rational use of natural resources : Scientific conference abstracts, St Petersburg, 17–19 июня 2020 года. – St Petersburg: Санкт-Петербургский горный университет, 2020. – P. 111-112.

54. Курасов, О. А. Анализ рисков при модернизации участка газотранспортной системы / О. А. Курасов // Нефтегазовый терминал : материалы Международной научно-технической конференции, Тюмень, 28–29 мая 2020 года / Под общей редакцией С. Ю. Подорожникова. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2021. – С. 237-241.

					Список использованных источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		162

55. Махутов, Н.А. Расчетно-экспериментальные подходы к анализу и обеспечению ресурса и срока безопасной эксплуатации промышленных объектов / Н. А. Махутов, М. М. Гаденин, А. С. Печеркин, Б. А. Красных // Безопасность труда в промышленности. – 2020. – № 1. – С. 7-15. – DOI 10.24000/0409-2961-2020-1-7-15.

56. IEC 60300-3-9:1995. Dependability Management – Part 3: Application guide – section 9: Risk analysis of technological systems (гармонизированный национальный стандарт РФ ГОСТ Р 51901.1-2002 «Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем»). – 55 с.

57. IEC 62198:2001. Project risk management – Application guidelines (гармонизированный национальный стандарт РФ ГОСТ Р 51901.4-2005 «Менеджмент риска. Руководство по применению при проектировании»). – 40 с.

58. IEC 61025:1990. Fault Tree Analysis (гармонизированный национальный стандарт РФ ГОСТ Р 51901.13-2005 «Менеджмент риска. Анализ дерева неисправностей»). – 31 с.

59. NFPA 551 Guide for the Evaluation of Fire Risk Assessments. – Quincy, MA: National Fire Protection Association, 2013. – 35 p.

60. Якуш, С. Е. Анализ пожарных рисков. Часть II: Проблемы применения / С. Е. Якуш, Р. К. Эсманский // Проблемы анализа риска. – 2009. – Т. 6. – № 4. – С. 26-46.

61. Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах»: утв. Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору 11.04.2016. – Сер. 27. – Вып. 16. – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2016. – 55 с.

62. Елохин, А.Н. Анализ и управление риском: теория и практика / А.Н. Елохин. – М.: Страховая группа «ЛУКОЙЛ», 2000. – 185 с.

					Список использованных источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		163

63. Шевчук, А. П. Проблемы количественной оценки пожарного риска / А.П. Шевчук, В.А. Иванов, А.А. Косачев // Пожаровзрывобезопасность. – 1994. – т. 3 – №1. – С. 42-48.

64. Юбилейный сборник трудов ФГУ ВНИИПО МЧС России / Под общ. ред. Н. П. Копылова. – М.: ВНИИПО, 2007. – 477 с.

65. Брушлинский, Н. Н. Пожарные риски. Динамика, управление, прогнозирование / Н.Н. Брушлинский [и др.]; под ред. Н.Н. Брушлинского и Ю.Н. Шебеко. – М.: ВНИИПО, 2007. – 370 с.

66. Гаврилей, В.М. Методы количественной оценки уровня пожаровзрывоопасности объектов: Обзорная информация / В.М. Гаврилей, А.П. Шевчук, А.В. Матюшин, В.А. Иванов. – М.: ГИЦ МВД СССР, 1987. – 55 с.

67. Шебеко, Ю.Н. Оценка индивидуального и социального риска аварии с пожарами и взрывами для наружных технологических установок / Ю.Н. Шебеко [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. – 1995. – т. 4. – №1. – С. 21-29.

68. Kurasov, O. A. Operational risk management based on NURBS modeling related to the main gas pipelines loaded under complex engineering conditions / O. A. Kurasov, P. V. Burkov // Metrological support of innovative technologies : Материалы III Международного форума в рамках празднования 80-летия Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, 300-летия Российской академии наук, Санкт-Петербург, 04 марта 2021 года / Под редакцией В.В. Окрепилова. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2021. – Р. 77.

69. Гражданкин, А. И. Разработка экспертной системы оценки техногенного риска и оптимизации мер безопасности на опасных производственных объектах : специальность 05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность (по отраслям)» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Гражданкин Александр

					Список использованных источников	Лист
						164
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Иванович. – Москва, 2001. – 233 с.

70. Овчаров, С. В. Разработка методов анализа риска эксплуатации магистральных трубопроводов : специальность 05.15.13 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Овчаров Сергей Викторович. – Москва, 1997. – 344 с.

71. Власова, Л. В. Методические подходы к оценке риска аварий на линейной части магистральных газопроводов, обусловленного опасными природными процессами / Л. В. Власова, Ю. В. Гамера, С. В. Овчаров, Ю. Ю. Петрова // Научно-технический сборник Вести газовой науки. – 2017. – № 1(29). – С. 171-178.

72. Рекомендации по учету влияния техникотехнологических, природно-климатических и других факторов при прогнозировании аварийности на МГ ОАО «Газпром» / утв. 27.03.2007.

73. Р Газпром 2-2.3-903-2014. Методика расчета рисков на основе динамической оценки опасности природных процессов. – СПб.: Газпром экспо, 2016.

74. Курасов, О. А. Оценка напряженно-деформированных и предельных состояний нефтегазопровода при регулярном нагружении / О. А. Курасов // Проблемы функционирования систем транспорта : материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Тюмень, 02–04 декабря 2020 года. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2020. – С. 120-123.

75. Курасов, О. А. Обоснование ресурса безопасной эксплуатации газотранспортной системы после её модернизации / О. А. Курасов, П. В. Бурков // Химия нефти и газа : материалы XI международной конференции, посвящённой X46 50-летию Института химии нефти СО РАН (28 сентября – 2 октября 2020 г.). – Томск : Издательство ИОА СО РАН, 2020. – С. 112.

76. EGIG; European Gas pipeline Incident data Group; 5th EGIG report 1970- 2001; EGIG document 02.R.0058, issued December 2002. - URL: <https://www.egig.eu/reports> (Дата обращения: 01.02.2021). - Текст :

					Список использованных источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		165

электронный.

77. EGIG; European Gas pipeline Incident data Group; 6th EGIG report 1970- 2004; EGIG document 05.R.0002, issued December 2005. - URL: <https://www.egig.eu/reports> (Дата обращения: 01.02.2021). - Текст : электронный.

78. EGIG; European Gas pipeline Incident data Group; 7th EGIG report 1970- 2007; EGIG document 08.R.0002, issued December 2008. - URL: <https://www.egig.eu/reports> (Дата обращения: 01.02.2021). - Текст : электронный.

79. EGIG; European Gas pipeline Incident data Group; 8th EGIG report 1970- 2007; EGIG document 11.R.0402, issued December 2011. - URL: <https://www.egig.eu/reports> (Дата обращения: 01.02.2021). - Текст : электронный.

80. EGIG; European Gas pipeline Incident data Group; 9th EGIG report 1970- 2013; EGIG document 14.R.0403, issued December 2015. - URL: <https://www.egig.eu/reports> (Дата обращения: 01.02.2021). - Текст : электронный.

81. EGIG; European Gas pipeline Incident data Group; 10th EGIG report 1970- 2016; EGIG document 17.R.0395, issued December 2018. - URL: <https://www.egig.eu/reports> (Дата обращения: 01.02.2021). - Текст : электронный.

82. EGIG; European Gas pipeline Incident data Group; 11th EGIG report 1970- 2019; EGIG document 20.0432, issued December 2020. - URL: <https://www.egig.eu/reports> (Дата обращения: 01.02.2021). - Текст : электронный.

83. СНиП 2.05.06-85* «Магистральные трубопроводы», утверждены Постановлением Минстроя России от 10 ноября 1996 г. № 18-78.

84. ERM Group Inc., QRA Report Onshore Facilities. Sakhalin 1 Project, Phase I. August 2002 - p. 137.

					Список использованных источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		166

85. Дополнение к Специальным техническим условиям проекта (СТУП) «Анализ риска опасных производственных объектов проекта «Сахалин-П» «Береговые газопроводы» (док. № 5600-С-90-04-S-1001-00), Москва, январь 2007.

86. Курасов, О. А. Научно-методическое обоснование проблем определения ресурса и управления сроком безопасной эксплуатации опасных производственных объектов магистрального трубопроводного транспорта природного газа / О. А. Курасов // XIX Всероссийская конференция-конкурс студентов и аспирантов «Актуальные Проблемы Недропользования»: Тезисы докладов. Том 2, 2021. – с. 43-45.

87. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах : утв. МЧС России 10.07.2009 (в редакции приказа МЧС России от 14.12.2010 № 649 «О внесении изменений в приказ МЧС России от 10.07.2009 № 404»). - URL <https://www.base.garant.ru/196118> (Дата обращения 11.02.2021).

88. Хамидуллина, Е. А. Оценка риска последствий аварийной разгерметизации цистерны с опасным химическим веществом на железной дороге / Е. А. Хамидуллина, М. Н. Тарасова //XXI век. Техносферная безопасность. – 2017. – Т. 2. – №. 1.

89. Стулов, Т.Т. Сооружение газохранилищ и нефтебаз. – Москва: Изд-во «Недра», 1973. - 368 с.

90. Кузьмина Е. А., Кузьмин А. М. Методы поиска новых идей и решений» Методы менеджмента качества» № 1 2003 г //Схема электрическая функциональная электропривода приёмного рольганга стана. – 2003. – Т. 1250.

91. Кузьмина Е. А., Кузьмин А. М. Функционально-стоимостный анализ. Экскурс в историю. //Методы менеджмента качества. – 2002. – №. 7. – С. 14-20.

92. Скворцов, Ю. В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании. – 2006.

					Список использованных источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		167

93. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы
94. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
95. ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности
96. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»
97. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий
98. Кнорринг, Г.М. Осветительные установки. – Л.: Энергия, 1981. – 412 с.
99. Кнорринг, Г. М. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г. М. Кнорринг, И. М. Фадин, В. Н. Сидоров //СПб.: Энергоатомиздат. – 1992.
100. ГОСТ 12.4.124-83 Система стандартов безопасности труда. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования
101. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
102. Князевский, Б. А. Охрана труда в электроустановках: учебник для вузов. – Энергоатомиздат, 1983.

					Список использованных источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		168

Приложение А

(справочное)

ACCIDENTS DURING THE IMPROVEMENT OF THE GAS TRANSPORTATION SYSTEM

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ91	Курасов Олег Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Бурков Петр Владимирович	профессор, д.т.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОИЯ	Сумцова Ольга Витальевна	к.ф.н.		

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
					<i>Модернизация проектного решения участка газотранспортной системы Анивских месторождений от установки подготовки газа Южно-Луговского месторождения до газораспределительного пункта города Анива</i>		
Разраб.		Курасов О.А.					
Рцковод.		Бцрков П.В.					
Консульт.		Сцмцова О.В.					
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.					
Приложение А					Лит.	Лист	Листов
						169	181
					НИ ТПУ гр. 2БМ91		

Legal aspects of ensuring safety at a hazardous production facility

Federal Law No. 116-FZ [19] equates the gas business is equated to the number of hazardous industries. Any industrial operation extracts, utilizes, processes, stores, transports, and destroys hazardous substances, such as gases, oxidizable and combustible chemicals, poisonous substances, and ecologically hazardous compounds, in proportions greater than those permitted by a law [20]. In this instance, equipment that operates at a pressure more than 0.07 MPa (0.7 atm) or a temperature more than 115 ° C is employed, and fixed lifting mechanisms (cable cars, escalators, funiculars).

Gas pipeline accidents

Modern society's increasing interest for energy results in an increase in the intensity of hydrocarbon production and the number of hydrocarbons carried to consumers. Natural gas is produced and transported via pipelines. Due to the distance of the regions that consume hydrocarbons from their production and processing sources, the length of the gas pipeline put into operation grows dramatically, increasing the capacity and operating pressure of gas-pumping equipment. Simultaneously, the risk of accidents on contemporary gas pipelines is growing [21].

Pipelines are usually large-capacity pipes and operated in often challenging conditions, with prolonged incidents resulting in severe environmental and material consequences for the region.

According to many years of observation and data, pipeline failures can take many different forms, posing a severe threat to nearby facilities. The problem is exacerbated by the fact that certain sections of the pipeline and associated industrial facilities have ended up within settlements due to urban development efforts and, in some cases, closer to adjacent facilities than the industry standard. The construction of such industrial infrastructure facilities at a safe distance from facilities where

					<i>Приложение А</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		170

people are present are the best measures to protect the population from catastrophic consequences. In addition, corrosion and age of pipeline transport systems increase the fire hazard of such installations.

Taking into consideration the available practical experience in recognizing the potential of errors, industrial safety of gas equipment is provided and the tendency to reduce the rate in accidents at gas pipelines associated with the fire and explosion hazards of transported petroleum products in pipelines near settlements, without excluding risks with catastrophic consequences.

Any depressurization of the gas pipeline leads to the formation of factors harmful and damaging to humans due to the high operating pressure in the gas pipeline. For example, a gas torch (jet) several tens of meters long may form, which leads to fires, people get injured, and equipment is destroyed near the jet of burning gas. In the event of an emergency, the pressure is quickly released into the gas pipeline. A significant volume of the transported product is rapidly thrown outward, forming an expanding combustible gas that quickly mixes with the surrounding air. In this case, usually, the entire volume of gas contained in an isolated section of a gas pipeline is discharged into the environment. Although the jet escaping from the pipe body can be safely dispersed, there is a fire risk if an ignition source is present. As a result of depressurization of the gas pipeline, various processes of gas ignition are possible. If the gas does not ignite immediately, it can lead to the formation of a massive drifting gas-vapor-air cloud, which can eventually explode.

Calculating the possibility of accidents on a gas pipeline and assessing the effectiveness of the implemented safety measures are achievable using quantitative risk assessment methodologies.

For a quantitative assessment of the risk of an accident on a gas pipeline [22-25], the following methodology is used. Below are some examples:

- identification of hazards;
- calculation of the frequency of the initiating event;
- assessment of catastrophic scenarios;
- calculation of the frequency of emergency depressurization;

					<i>Приложение А</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		171

- assessment of the effectiveness of the applied security measures.

Initial data on the hazardous production facility and the composition and condition of the transported substances are used to determine the hazards.

The stage of identifying the frequency of the initiating event determines the possible types of initiating events (small leak or complete rupture of the gas pipeline section, as one of the types of depressurization) and their expected frequency of occurrence. To assess the risk associated with these values, models are usually used based on a statistical analysis of the actual accident rate at comparable facilities.

Developing emergency scenarios make it possible to collect source data on possible impacts and adverse factors, and to provide a framework for evaluating the risk of hazardous production facilities.

Representative scenarios of probable accidents are created in the form of event trees at the stage of developing possible emergency scenarios, which demonstrate the predicted evolution of an accident from an initial event due to the presence of components that can harm a person (for example, the consequences of a fire, explosion, hazardous toxic effects).

Event tree analysis is a set of quantitative or qualitative methods used to classify potential outcomes and probabilities of the initiation event. In our case, the logical event tree method is used for objects defined by the features of the improved gas transmission project, which helps to reduce the accident rate and allow the identification of sequences of events, which in their turn lead to the appearance of certain consequences of the initial event.

Each accident scenario is considered when determining (generalizing) the risk and calculating significant quantitative parameters for it: the expected frequency of the scenario and the volume of various types of losses in this scenario. Each incident is subject to the summation (integration) of losses. All external factors, such as weather conditions, are taken into account in the risk assessment, as they affect the extent of damage and their perceived likelihood at a particular location.

					<i>Приложение А</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		172

A quantitative risk assessment can include specific safety measures during project implementation by analyzing the frequency of initiating events and constructing catastrophic scenarios.

The accuracy with which the calculated value of the risk of accidents for a hazardous production facility is determined cannot exceed the accuracy of the primary data and mathematical models used to calculate it. However, if mathematical models of the main physical processes involved in an accident are appropriately developed and validated using such data, then the use of statistical approaches to predict the expected frequency of initiating events and the analysis of event trees cannot be carried out in the field tests at an operating hazardous production facility. As a result, it is necessary to limit ourselves to the statistics of incidents at this particular facility (as a rule, these emergency events occurred infrequently or were absent altogether, making it difficult to find statistical patterns) or at similar facilities.

Statistics of previous accidents should be representative to assess possible initiating events accurately, indicating the influence of accident factors on the likelihood of future system failures (natural, artificial, or technical). After that, for a specific gas pipeline at each of its sections, it is possible to determine the frequency of depressurization, calculate risks and evaluate the effectiveness of measures to prevent accidents. The work [26] emphasizes the importance of conducting a thorough and reliable examination of statistical data.

Regulatory authorities in many countries and companies operating the gas pipeline collect and analyze data on incidents occurring on them. In the collected databases, the structure, scope, and criteria of incident information differ significantly. As a result, it is necessary to decide whether to use this or that statistical base of emergencies in risk analysis, which is of primary importance and requires justification. In addition, this study examines the features of the available Russian and international statistical databases on incidents (accidents) on the gas pipeline and the possibility of using them in risk assessment.

					<i>Приложение А</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		173

The operational efficiency of storage tanks and pipelines should be focused on system diagnostics using the largest databases of risk assessment at industrial plants. Data simulated in scientific laboratories, representing the patterns and ‘behavior’ of metal deformation, fracture toughness, and rupture, are the basis for the safety assessment of the residual resource assignment, the timing of technical analysis, or liquidation of the emergencies and their consequences [27].

All requires making decisions on the improving of such facilities and making changes to the technological schemes of the gas transportation system in order to improve safety through the use of modern emergency and fire-fighting technologies, replacement of worn-out equipment with new ones, and, in particular, the laying of new gas pipelines. At the same time, the most challenging problem is determining the appropriate and reasonable set of processes that ensure the compliance of such facilities with the required level of fire safety. To solve this problem, it is necessary to develop methods for measuring the fire hazard of pipes, taking into account the characteristics of a particular object and the influence of various applied fire safety measures.

Gas tanks accidents

Gas tanks of constant volume are complex technological equipment, the failure of which can cause an industrial disaster, leading to defects and wear of the material and mixing of hazardous components, having a significant impact on the environment and leading to injury to personnel and the population [28, 29]. Rostekhnadzor considers the reconstruction and technical re-equipment of controlled enterprises, which are the most critical areas for improving industrial safety at a hazardous production facility. Federal Law No. 116-FZ, which entered into force on July 21, 1997 [19], requires a hazardous production facility to organize and control the production according to industrial safety criteria and create a production management system [30, 31].

					<i>Приложение А</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		174

Constant-volume gas storage tanks are industrial high-pressure structures that are also in a complex stress-strain state. The stress states of their elements arise already at the stage of manufacturing, construction, and installation. The subsequent increase in the load on the structural elements of the tank is a result of operational stresses, which eventually contributes to the accident risk. Therefore, ensuring reliability and increasing the service life of gas tanks requires a comprehensive consideration of risk reduction, diagnostics, and repair of gas equipment [32].

Necessary research and risk assessment of gas equipment accidents of various designs are regulated by legislation that defines technical standards and industrial safety for a hazardous production facility [28, 33, 34]. The results and associated risk assessments, safe operating conditions of a hazardous production facility, operational, and other requirements should be contained in a separate document entitled «On the Industrial Safety of Hazardous Production Facilities» [35].

There are three main aspects in determining the critical parameters of the risk of incidents and accidents:

- Risk analysis, i.e., undesirable identification of events, failures, and specific cause consequence pairings involving the introduction of hazards, as well as the analysis of processes leading to such occurrences
- Risk assessment, i.e., a quantifying risk procedure
- Risk management as a set of measures aimed at avoiding, minimizing, or decreasing the causes of incidents, i.e., practical activities aimed at risk reduction.

Quantitative risk analysis in gas pipelines and storage tanks for a mixture of natural gas and gas condensate is a tool for quantifying damage and planning measures to protect the exposed substance and people in surrounding areas. Determination of the zone of vulnerable damage based on the comparative characterization of known exposure levels can allow evaluating individual risk indicators for reaching the limit states according to the strength and resource parameters, which depend on the evolution of adverse situations [36].

The most efficient way to reduce the degree of risk for each equipment is to use industrial safety management strategies, where the numerical criteria of ‘risk

					<i>Приложение А</i>	<i>Лист</i>
						175
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

acceptability' are considered, depending on the efficiency of the technological process.

Calculation of the frequency (probability) of emergencies and levels of damage (material, social and environmental) is part of the approach to the analysis and assessment of risk [28, 37, 38]. The permissible value of the risk of loss of operability of the gas tank is one of the conditions for its safe operation. An acceptable level of accident risk refers to a hazard magnitude is considered economically and socially acceptable and justifiable.

As a rule, damage to hazardous production facilities is measured based on the range of work performed and thus a universal method of comparative risk assessment should be used at each stage of the equipment life cycle.

Many industries consider a risk level of $1,0E-06$ to $1,0E-04$ to be acceptable. Depending on the operating conditions of gas tanks, their frequency, as well as taking into account the likelihood of their accidental damage and the proposal of regulatory documents, the following risk levels can be determined [28, 29, 38]:

- $1,0E-05$... $5,0E-05$ per year - an acceptable level of risk corresponding to the range of 1 ... 10% of the minimum risk of personnel death;
- $5,0E-05$... $1,0E-04$ –controlled level of accident risk

The risk management system for a hazardous production facility aims to establish a controllable acceptable level of risk. Assessment of an acceptable (permissible) acceptable level of risk is a necessary component of determining the degree of hazard in each scenario of an accident [39, 40].

Thus, the methodology for analyzing the risks of gas tanks is an essential tool for conducting a quantitative safety assessment of a hazardous production facility.

Statistical analysis is used to determine the likelihood of an accident.

The main reasons for the failure of the gas tank are the unsatisfactory quality of construction and installation works; manufacturing defects; violation of requirements for the operation of gas equipment; corrosive wear [28, 41].

Only by including error data into the risk assessment algorithm based on the technical diagnostics of gas tanks is it possible to create an objective methodology

					<i>Приложение А</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		176

for predicting the hazard of gas equipment [42-44]. In-line inspection can identify potential problems:

- defects in metal and welded joints;
- changing the geometric dimensions and shape of the elements of the tank;
- structural modifications of the properties of the tank material;
- violation of the tightness of the structure of the petals (sheets).

During the operation of gas tanks, it is possible to detect danger due to external and internal influences. Accidents due to external influences are associated with the destruction of nearby infrastructure facilities - explosive deafening waves, shrapnel and heat radiation, as well as with failures of the gas tank itself. Internal hazards are associated with the physical characteristics of the gas tank, as well as the design and technological features of the gas tanks.

Serious hazards and possible catastrophic scenarios were identified as a consequence of assessments of the risk of accidents and disasters at a hazardous production facility, represented by high-pressure gas tanks [46]:

- strait;
- strait fire;
- emission of gas vapors without ignition;
- emission of gas vapors with ignition;
- an explosion of gas vapors in a confined space.

Most often, accidents are associated with equipment depressurization and gas leakage. Depending on the design features of the gas tank, all threats can be divided into two groups [47]:

1. Accident caused by external factors such as seismic events, storm winds, and high temperatures caused by fires in gas tanks.

2. Impact on the inner shell, which includes external seismic and thermal factors on the inner parts of the gas tank caused by fires that can affect the tank shell.

An assessment of the risk of an accident in high-pressure gas tanks shows that the greatest threat arises when the internal pressure in the tank exceeds the design threshold, which can lead to the destruction of the gas tank.

According to a risk assessment, compliance with specific regulatory requirements is ineffective. In addition to strict adherence to standards and norms for the design of gas tanks, the rules for filling and emptying them, as well as updating the anti-corrosion coating, operational and organizational measures to improve the reliability of tanks should also include the use of advanced diagnostic methods and subsequent assessment of the actual condition and residual life of the safe operation.

The level of reliability can be measured on the basis of the analysis of emergency failures. Failure is the result of technological hazards in the maintenance of technical facilities. As a rule, accidents with injuries and disasters of different scales that occurred during the operation of gas equipment should be investigated. The study of accidents is an empirical basis for the implementation of technogenic safety in the quantitative assessment of risks.

About risk assessment in the design of facilities

Achieving a harmonious combination of economic efficiency and industrial safety is solved by creating state criteria for indicators of industrial safety rather than organizational and technical aspects of production (regulatory requirements). Society (represented by the state) establishes the requirements of the production organization (owner): to prevent accidents and reduce their consequences if they do occur (that is, to make production safe). At the same time, the legislation leaves open the question of how to achieve this goal. The legislation allows the organization (owner) to choose the way to achieve the goal (objectives), for example, based on the threshold of risk acceptance [48].

The general formulation of the research questions boils down to resistance to any future failure mechanisms. There is a wide range of mitigation and support

					<i>Приложение А</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		178

inspection techniques available. They allow to foresee technical conditions in the design, operation, and maintenance of hazardous production facilities.

Within the framework of instructions and design assignments, covering the energy efficiency of the gas treatment, the quality, and composition of the transported products, the designer provides options for technologically justified modifications of the technical solution of the production facility of the natural gas transportation and storage pipeline system. Developers have the opportunity to adhere to industry standards, international and national norms, depending on the aspects and conditions of the facilities of improving gas transportation system that are not yet covered by the standards. There is one limitation: the improved gas transportation system must be safe, and the risks of industrial accidents must not exceed the permissible threshold set by the regulatory, supervisory authorities [49].

Ensuring the safety of these facilities should include all stages of their design, manufacture, and future operation, with mandatory consideration of both potential accidents and their consequences.

Thus, to ensure the reliable operation of hazardous production facilities, the priority is to develop measures to prevent incidents and accidents rather than eradicate their consequences. To create the design scheme that adequately describes the state of gas transmission facilities under the action of operational and external influences, it is necessary to analyze their design reliability. It determines the ability to resist external and internal stresses and impacts resulting from gas transportation and storage without compromising the integrity of facilities, according to the rules and regulations [50].

Hazard identification and preliminary risk assessment

The main goal of the hazard identification stage is to detect and correctly identify all potential sources of risk and methods (scenarios) of risk reduction. This is a critical stage in the analysis because hazards that are not identified are ignored and eliminated.

					<i>Приложение А</i>	<i>Лист</i>
						179
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Hazards that have been recognized in the past (possibly from accidents at similar sites) must be recognized clearly and accurately. Formal approaches should be used to identify hazards not previously considered.

Scenarios associated with a possible human error made during service life of a hazardous production facility, which can directly threaten the integrity of the entire gas transportation system, will complement event trees and fault trees that represent possible scenarios for the development of accidents in a gas pipeline.

Event tree analysis uses the same logical and mathematical methods as fault tree analysis. However, while the fault tree analyzes how an unwanted upstream event might occur, the event tree considers the impact of a failure of a particular component or element in the system. It determines the impact of such failure on the overall systemic risk or reliability. Event trees are inductive; fault trees are deductive.

Human errors at different stages will be included in risk assessments and will be taken into account throughout the service life of the hazardous production facility. In addition, the risk assessment associated with the human error rate should include scenarios describing the change in the probability distribution of the bearing capacity of structures and external operational loads, as well as limit states due to a large number of error probabilities [51].

To classify potential scenarios for the occurrence of hazardous incidents and the development of gas pipelines and gas storage tanks, the following types of accidents must be taken into account: torch; flash fire (delayed ignition); explosion (delayed ignition); straight fire (delayed ignition on liquid phase expiration after outbreak and fire explosion).

It is also necessary to consider the frequency of depressurization, failure, and collapse of the pressure vessel for all the leakage sizes defined for the technical equipment block [52].

In addition, the guidelines benefit from the availability of ideas on hazard detection methodologies for use at various stages of the service life of a hazardous production facility.

					<i>Приложение А</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		180

Additional measures include:

- immediate action to eliminate or reduce the hazard;
- termination of the analysis due to insignificant risks or their consequences;
- transition to risk assessment.

Preliminary risk assessments of identified hazards often use qualitative risk ranking, which includes a full explanation of the terminology and the reasons for each frequency, and the categorization of consequences.

					<i>Приложение А</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		181