

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

---

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

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
Оценка эффективности мероприятий по снижению риска аварий

УДК 658.345:005.334

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ЕМ81	Рубан Никита Андреевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гусельников Михаил Эдуардович	К.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Маланина В. А.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Ю. М.	Д.Т.Н		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП 20.04.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	К.Т.Н.		

Томск – 2020 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ПРОГРАММЕ

Код Результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<b>Профессиональные компетенции</b>		
P1	Использовать на основе глубоких и принципиальных знаний необходимое оборудование, инструменты, технологии, методы и средства обеспечения безопасности человека и окружающей среды от техногенных и антропогенных воздействий в условиях жестких экономических, экологических, социальных и других ограничений	Требования ФГОС (ПК-3–7; ОПК-1–3, 5; ОК-4–6) Критерий 5 АИОР (пп.5.2.1, 5.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P2	Проводить инновационные инженерные исследования опасных природных и техногенных процессов и систем защиты от них, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов, формулировку выводов в условиях неоднозначности с применением глубоких и принципиальных знаний и оригинальных методов в области современных информационных технологий, современной измерительной техники и методов измерения.	Требования ФГОС (ПК-8–13; ОПК-1–3, 5; ОК-4, 9, 10, 11, 12), критерии АИОР Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.2, 5.2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P3	Организовывать и руководить деятельностью подразделений по защите среды обитания и безопасному размещению и применению технических средств в регионах, осуществлять взаимодействие с государственными службами в области экологической, производственной, пожарной безопасности, защиты в чрезвычайных ситуациях, находить и принимать управленческие решения с соблюдением профессиональной этики и норм ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов в области техносферной безопасности	Требования ФГОС (ПК-4, 6, 14–18; ОПК-1–5; ОК-1, 7, 8), Критерий 5 АИОР (пп.5.2.5, 5.3.1–2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P4	Организовывать мониторинг в техносфере, составлять краткосрочные и долгосрочные прогнозы развития ситуации на основе его результатов с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности, анализировать и оценивать потенциальную опасность объектов экономики для человека и среды обитания и	Требования ФГОС (ПК-2, 19, 21, 22; ОПК-1–5; ОК-2), Критерий 5 АИОР (п.5.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

	разрабатывать рекомендации по повышению уровня безопасности	
P5	Проводить экспертизу безопасности и экологичности технических проектов, производств, промышленных предприятий и территориально-производственных комплексов, аудит систем безопасности, осуществлять мероприятия по надзору и контролю на объекте экономики, территории в соответствии с действующей нормативно-правовой базой	Требования ФГОС (ПК-20, 23–25; ОПК-1–3, 5), Критерий 5 АИОР (пп.5.2.5–6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Общекультурные компетенции		
P6	Работать в интернациональной профессиональной среде, включая разработку документации, презентацию и защиту результатов инновационной инженерной деятельности с использованием иностранного языка	Требования ФГОС (ОК-5, 6, 10–12; ОПК-3), Критерий 5 АИОР (п.5.3.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P7	Эффективно работать индивидуально, а также в качестве руководителя группы с ответственностью за работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области техносферной безопасности, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам, понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-1-3, 5, 8, 11, 12, ОПК 1-4, ПК-18) Критерий 5 АИОР (пп.5.3.3–6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

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

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

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 20.04.01 Техносферная безопасность  
 \_\_\_\_\_ Ю.В. Анищенко  
 10.03.2020 г.

**ЗАДАНИЕ  
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

магистерской диссертации
--------------------------

Студенту:

Группа	ФИО
1EM81	Рубан Никите Андреевичу

Тема работы:

Оценка эффективности мероприятий по снижению риска аварий
---

Утверждена приказом директора (дата, номер)	20.02.2020 №51-54/с
---	---------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.03.2020 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Наименование объекта исследования (участок линейного трубопровода «Мессояха – Норильск»);</li> <li>- Производительность (35 млн. куб. м.сутки);</li> <li>- Режим работы (непрерывный);</li> <li>- Вид транспортируемого вещества (природный газ);</li> <li>- Протяжённость сооружения 263 км;</li> <li>- Диаметр трубы газопровода (720 мм);</li> <li>- Рабочее давление (3,5-3,7 МПа)</li> </ul>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования;</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Постановка задачи исследования;</li> <li>- Содержание процедуры исследования;</li> <li>- Причины возникновения аварий на объектах газовой промышленности;</li> <li>- Технологическая характеристика магистрального газопровода «Мессояха – Норильск»;</li> </ul>

содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Разработка практических рекомендаций для участка входа магистрального газопровода;</li> <li>- Оценить эффективность мероприятий по снижению риска аварий;</li> <li>- Обсуждение результатов выполненной работы;</li> </ul> Заключение по работе.	
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>			
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>			
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>		
<b>Социальная ответственность</b>	<b>Федорчук Юрий Митрофанович</b>		
<b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>	<b>Маланина Вероника Анатольевна</b>		
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>			

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	10.03.2020 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гусельников Михаил Эдуардович	к.т.н.		10.03.2020 г.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ЕМ81	Рубан Никита Андреевич		10.03.2020 г.

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность  
 Уровень образования магистратура  
 Отделение контроля и диагностики  
 Период выполнения весенний семестр 2019/2020 учебного года

Форма представления работы:

магистерская диссертация

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	25.05.2020 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
23.03.2020 г.	<i>Сбор материалов и изучение функционирования линейного газопровода</i>	20
06.04.2020 г.	Построение дерева событий для типовых участков магистрального газопровода, Проведение расчета рисков типовых участков магистрального газопровода Определение зоны потенциального территориального риска линейного газопровода	10
20.04.2020 г.	Проведение оценки эффективности мероприятий по снижению риска аварий	25
04.05.2020 г.	Разработка практических рекомендаций для участка входа магистрального газопровода	15
11.05.2020 г.	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
25.05.2020 г.	Оформление ВКР	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гусельников М. Э.	к.т.н.		10.03.2020

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП 20.04.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	к.т.н.		10.03.2020

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1EM81	Рубан Никита Андреевич

<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОКД</b>
Уровень образования	магистр	Направление/специальность	Техносферная безопасность

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

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

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<p>1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</p> <p>2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</p> <p>3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</p>	<p>Определение потенциального потребителя результатов исследования, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения научных исследований</p> <p>Планирование этапов работы, определение календарного графика и трудоемкости работы, расчет бюджета</p> <p>Оценка сравнительной эффективности проекта</p>
--	--

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

<p>1. Сегментирование рынка</p> <p>2. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений</p> <p>3. Матрица SWOT</p> <p>4. Морфологическая матрица</p> <p>5. Временные показатели проведения научного исследования</p> <p>6. График проведения и бюджет НИ</p> <p>7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</p>
---

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН	Маланина В. А.	к.э.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1EM81	Рубан Никита Андреевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1EM81	Рубан Никита Андреевич

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

**Тема: «Оценка эффективности мероприятий по снижению риска аварий»**

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<i>1. Описание рабочего места.</i>	<i>кабинет службы промышленной и пожарной безопасности ООО «Сибстройнефтегаз», оборудованный компьютерами</i>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Природа воздействия</li> <li>• Действие на организм человека</li> <li>• Нормы воздействия и нормативные документы</li> <li>• (для вредных факторов)</li> <li>• СИЗ коллективные и индивидуальные</li> </ul> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Электробезопасность</li> <li>• Пожаробезопасности</li> </ul>	<p>Вредные факторы: Недостаточная освещенность; Нарушения микроклимата; Шум; Повышенный уровень электромагнитного излучения;</p> <p>Опасные факторы: электробезопасность; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы I, U, R<sub>заземления</sub>, СКЗ, СИЗ; Проведен расчет освещения рабочего места; Представлен рисунок размещения светильников на потолке с размерами в системе СИ; Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения; Приведена схема эвакуации.</p>
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Выбросы в окружающую среду</li> <li>• Решения по обеспечению экологической безопасности</li> </ul>	<p>Наличие промышленных отходов (Бумага-черновики, перегоревшие люминесцентные лампы, вышедшая из строя оргтехника) и способы их утилизации</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>• разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	<p>Рассмотрены 2 ситуации ЧС: 1) природная – сильные морозы зимой, как следствие, аварии на электро-, тепло-, водокommunikациям, транспорте; рассмотрены способы устойчивой работы производства; 2) техногенная – несанкционированное проникновение посторонних на рабочее</p>

	место, рассмотрены способы предотвращения вандализма, диверсии, шпионажа.
4. Перечень нормативно-технической документации.	ГОСТы, СанПиНы, СНиПы

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	15.02.2020 г
---	--------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Профессор ТПУ	Федорчук Юрий Митрофанович	Д.т.н.		15.02.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1ЕМ81	Рубан Никита Андреевич		15.02.2020

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 109 с., 13 рис., 26 табл., 22 источников, 1 прил.

Ключевые слова: линейный трубопровод, природный газ, методика оценки, чрезвычайная ситуация, дерево событий, оценка ущерба от аварий, оценка эффективности мероприятий по снижению риска аварий, газопровод «Мессояха – Норильск».

Объектом исследования является направления по разработке оценка эффективности мероприятий по снижению риска аварий газопровода «Мессояха – Норильск».

Цель работы – это оценить эффективность по снижению риска аварий.

В процессе исследования проводились оценка ущерба от аварий для газопровода «Мессояха – Норильск», а также оценка эффективности мероприятий по снижению риска аварий.

В результате исследования разработаны практические рекомендации для магистрального газопровода.

Степень внедрения: низкая.

Область применения: газовая промышленность

Значимость работы: реализация предлагаемых рекомендаций поможет определить порядок реализации проектов повышения безопасности.

## Список сокращений

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты: СНиП 2.05.06-85\* «Магистральные трубопроводы», СанПиН 2.2.1/2.1.1.984- 00 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов», ГОСТ Р 12.3.047 – 98 «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля», СНиП 23-01-99 «Строительная климатология», РД 34.21.122.87.

Применены следующие термины с соответствующими определениями:

чрезвычайная ситуация (ЧС): Обстановка на определенной территории, которая сложилась в результате аварии, катастрофы, опасного явления природы, стихийного или иного бедствия, повлекшая за собой человеческие жертвы, ущерб окружающей природной среде или здоровью людей.

дерево событий: Дедуктивное логическое построение, использующее концепцию финального события (обычно аварию или отказ всей системы, одного блока) с целью определения возможных путей, при действии которых это событие может произойти.

Использованы следующие сокращения с соответствующими расшифровками:

ЧС – чрезвычайная ситуация;

ТЭЦ – теплоэлектроцентраль;

ЕСГ – единая система газоснабжения;

СРМ – сборно-распределительный манифольд; ПХГ – подземное хранилище газа;

МН – магистральный нефтепровод; НПС – нефтеперекачивающая станция; МТ – магистральный трубопровод;

КС – компрессорная станция;

ГРС – газораспределительная станция;

ГПА – газоперекачивающий агрегат;

АВО – аппарат воздушного охлаждения;

МБР – минимальное безопасное расстояние;

ТВС – топливно-воздушная смесь.

## Оглавление

Введение.....	15
1. Функционирование магистрального газопровода.....	17
2. Технологическая характеристика магистрального газопровода «Мессояха – Норильск».....	22
2.1. Топография района расположения.....	23
2.2. Границы запретных санитарно-защитных зон .....	25
2.3. Природно-климатические условия в районе расположения магистрального трубопровода .....	26
2.4. Аварийные ситуации магистрального газопровода «Мессояха – Норильск» .....	27
3. Методика оценки риска.....	30
3.1. Построение дерева событий и расчет вероятности главного события	31
3.2. Оценка ущерба от аварий.....	38
4. Оценка эффективности мероприятий по снижению риска аварий .....	44
4.1. Оценка эффективности мероприятий по снижению риска аварий при переходе русла реки.....	45
4.2. Оценка эффективности мероприятий по снижению риска аварий в болотистой местности.....	47
4.3. Практические рекомендации для магистрального газопровода .....	48
5. Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	50
5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурс эффективности и ресурсосбережения	50
5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	50
5.1.2. Анализ конкурентных технических решений .....	51
5.1.3. SWOT-анализ .....	52
5.3. Планирование научно-исследовательских работ .....	58
5.3.1. Структура работ в рамках научного исследования .....	58

5.3.2.	Определение трудоемкости выполнения работ .....	58
5.3.3.	Разработка графика проведения научного исследования .....	59
5.3.4.	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	63
5.4.	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	67
6.	Социальная ответственность .....	71
6.1.	Производственная безопасность .....	71
6.1.1.	Анализ опасных и вредных производственных факторов .....	71
6.2.	Анализ выявленных опасных факторов .....	82
6.3.	Экологическая безопасность .....	90
6.4.	Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	91
6.4.1.	Природная чрезвычайная ситуация.....	91
6.4.2.	Техногенная чрезвычайная ситуация.....	92
6.5.	Перечень нормативно-технической документации .....	92
	Заключение .....	94
	Список используемых источников.....	96
	Приложение 1 .....	98

## **Введение**

В настоящее время возникновения аварий на предприятиях достаточно частое явление, при которых страдают множество людей и загрязняется окружающая среда. Особенно это видно при крупных авариях на газопроводе, при разрушении выделяется колоссальная энергия, которая обладает большой разрушительной силой, а также вещество которое возгорается и наносит серьезный ущерб окружающей среде.

Для минимизации ущерба от аварий используются различные меры снижения риска. Такие меры зачастую бывают дорогостоящими, и для то чтобы снизить полностью риск по всем вероятностям слишком дорогостоящим процессом. При внедрении следует провести оценку эффективности данных мероприятий. Чем меньше отношение, тем выше эффективность.

### **Актуальность темы исследования**

В условиях переходной экономической ситуации России актуальны проблемы с авариями предприятий. Поэтому главной задачей является внедрений мероприятий по снижению риска, а для более эффективного внедрения следует оценивать их эффективность.

Необходимость теоретического исследования, достаточно малое количество исследований и вопросов по оценки эффективности мероприятий по снижению риска аварий, как одного из самых важных аспектов для рентабельного вложения денежных средств в снижения аварийности, определили выбор темы, цели, задач и основных направлений выпускной квалификационной работы.

### **Цель и задачи исследования**

Цель работы – это оценить эффективность по снижению риска аварий газопровода «Мессояха – Норильск».

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить функционирование магистрального газопровода.

2. Изучить Технологическую характеристику магистрального газопровода «Мессояха – Норильск».
3. Составить дерево событий для магистрального газопровода.
4. Произвести расчёт оценки вероятности риска и оценки ущерба от аварии.
5. Разработать практические рекомендации для магистрального газопровода.
6. Оценка эффективности мероприятий по снижению риска аварий

#### **Объект исследования**

Объектом исследования является строительная компания ООО «Сибстройнефтегаз» газопровод «Мессояха – Норильск»

#### **Практическая значимость работы**

Результаты квалификационной работы в последствии могут быть использованы промышленными предприятия подобного типа производства.

## 1. Функционирование магистрального газопровода

Магистральные трубопроводы — трубопровод, предназначенный для транспортировки углеводородов от места добычи до потребителя под избыточным давлением от 1,2 до 15 МПа с максимальным диаметром 1420 мм.

В состав магистральных трубопроводов (рис.1) входят на:

2. установки антикоррозионной защиты трубопроводов;
3. линии и сооружения технологической связи;
4. средства телемеханики трубопроводов;
5. линии электропередач;
6. противопожарные средства;
7. ёмкости для хранения и разгазирования конденсата;
8. амбары для аварийного выпуска;
9. здания и сооружения службы эксплуатации трубопроводов;
12. станции подземного хранения газа;
13. предупредительные знаки и указатели.

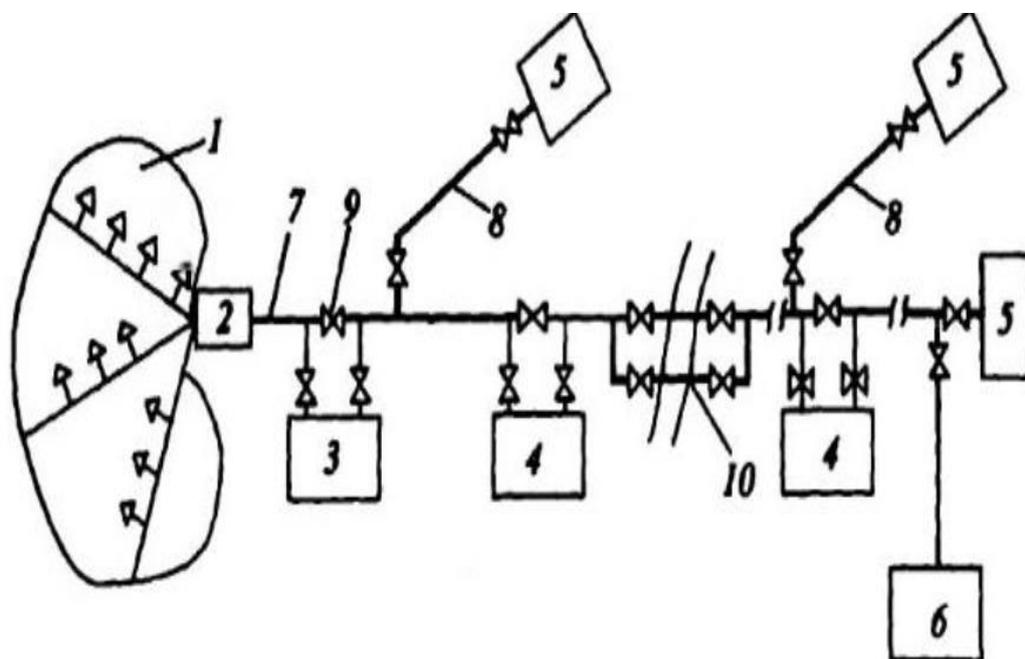


Рисунок 1 – Состав сооружений магистральных газопроводов [1]. 1 – газосборные сети; 2 – промышленный пункт сбора газа; 3 – головные сооружения; 4 – компрессорная станция; 5 – газораспределительная станция; 6

– подземные хранилища; 7 – магистральный трубопровод; 8 – ответвление; 9 – линейная арматура; 10 – двухниточный переход через водную преграду

Разделение газопровода можно провести по рабочему давлению магистральные газопроводы на два класса:

- I — при рабочем давлении 2,5 — 10,0 МПа.
- II — при рабочем давлении 1,2 — 2,5 МПа.

Приоритетным способом для прокладки трубопровода является подземным. В исключительных случаях прокладывается поверх естественных или искусственных препятствий, с обязательным применением опор. При строительстве трубопровода от точки добычи разрешается использовать один коридор для газопровода.

Линейные части газопровода различаются следующим образом:

1) Простые, отличительная особенность этого типа является постоянный диаметр на протяжении всего трубопровода с единственной точкой забора газа без компримирования, поэтому расстояние не с значительное и одним потребителем.

2) Телескопические, из названия следует что у данных трубопроводов как минимум два разных диаметра труб, для начального участка закладывается меньшего размера, чем для дальнейших участков для понижения внутреннего давления, а также может использоваться одна компрессорная станция.

3) Многониточные, отличительная особенность является до трех дополнительных параллельных нитей одинаковых или различных диаметров, образуют общую систему газопровода, если данный способ применяется только на каком-то промежутке, то они называются лупингами.

4) Кольцевые, создаются для увеличения стабильности и надежность системы газа подачи городов.

Для поддержания постоянного коэффициента гидравлической эффективности производится очистка газопровода без остановки работы газопровода.

При закуске для минимизации возникновения вероятности гидратообразования заполняют трубопровод метанол специальными устройствами, предустановленными у линейного крана.

Резервная нитка подключается автономно к газопроводу и если она работает в одинаковом рабочем давлении главной нитью, а также не имеет различий в диаметре, то допускается размещение в одном техническом коридоре.

Очистные узлы размещают совместно с узлами КС. Датчики отслеживания местоположения самих устройств устанавливается за один километр после начала и до конца узла очистки, где расположены полости для сбора продуктов очистки, объем таких полостей зависит от загрязненности газа и периодичности проведения очистительных работ, но при это для газопровода диаметром 1200 мм включительно объём 290 м<sup>3</sup>, а свыше диаметра объём 500 м<sup>3</sup>.

Целью компрессорных станций заключается в повышении давления путем очистки газа от различных нежелательных примесей, компримирования газа, охлаждения газа, до рабочего или проектного давления.

Для КС существует два типа направления дополнительных оборудований: для поддержания стабильной работоспособности и на объекты обслуживания.

Вспомогательное оборудование КС можно разделить на две группы: обеспечивающее нормальную работу ГПА и объектов обслуживания:

- оборудование для охлаждения газа после его выхода из нагнетателей (АВОГ);

- оборудование систем смазки, уплотнения для центробежных нагнетателей;

- регулирования и защиты ГПА;

- оборудование системы охлаждения масла;

- оборудование системы подготовки топливного, пускового и импульсного газа.

К вспомогательному оборудованию КС второй группы относят [1]:  
оборудование систем водоснабжения, канализации, связи, телемеханики  
и электроснабжения;

КС выполняет три основных функции:

очистка газа;

компримирование газа;

понижения температуры природных газов.

#### 1. Очистка газа.

Жидкость и пыль попадает в КС совместно с газом, выкачиваемым из скважины, для дальнейшей переправки.

Для минимизации процессов загрязнения труб и снижения износа компрессоров используются в основном пылеуловители циклонического типа, без использования дополнительных жидкостей, в основном используются всего одна ступень очистки, но при участках повышенной аварийностью и подводных переводах свыше полукилометра устанавливается дополнительная вторая ступень. В обязательном порядке устанавливаются приборы для замеров потерь давления.

#### 2. Компримирование газа.

Для компримирования газа КС оборудуется газоперекачивающими агрегатами (ГПА), состоящих из компрессора и приводящего его двигателя. На КС используются ГПА с поршневыми и центробежными компрессорами.

#### 3. Охлаждение газа.

Охлаждение является важнейшей частью процесса сжатия в КС, в избежание перегрева и повышения надежности всей системы магистрали диаметром от одного метра.

Охлаждения происходит двумя способами воздушном или водным. В современности распространённым способом аппаратом воздушного охлаждения, который представленный собой системы трубок с небольшим радиусом охлаждаемые потоками воздуха создаваемые вентиляторами. Охлаждения происходит до сорока пяти градусов, для этого применяют

температуру воздуха минимум тридцать пять градусов, так как воздух охлаждает газ на десять пятнадцать градусов.

## **2. Технологическая характеристика магистрального газопровода «Мессояха – Норильск»**

Месторождения Мессояха начали разрабатывать с целью обеспечить быстрой поставкой газа «Норильский горно-металлургический комбинат» в конце шестидесятых годов прошлого века, эта разработка стала первым объектом подобного типа за полярным кругом.

Строительство газопровода «Мессояха — Норильск» произошло за два года, протяжённость сооружения 263 километра и диаметром 720 мм, в дальнейшем методы, разработанные для условий многолетнемерзлых грунтах, стали применяться в других строительствах с целью повышения надежности минимизации негативного влияния на окружающую среду.

До начала строительства было недостаточно опыта сооружения масштабных газотранспортных систем в своеобразных условиях крайнего севера, и в связи решения стратегической важной проблеме в области энергетики проектирование и строительство было осуществлено методом производившего проектирования непосредственно на месте, позволив в несколько раз сократить времени на чертежи [2].

При строительстве газопроводного магистрального основным акцентом на проектировании являлся внедрением новейших, на тот период времени, технологий, решающие возникающие затруднения в строительстве на крайнем севере.

Одной из главных задач было оптимизация трассы газопровода таким образом, чтобы не пострадала надежность самого проекта. Путь пересекает 86 рек, 15 озер и болота. Большой сложностью стало пресечения Енисей, Большую и Малую Хеты.

Еще одной задачей было определения и подбора подходящего оборудования и сырья, для поддержания работоспособности в условиях пониженных температур, но большинство было пригодно для работы до минус сорока градусов, что не позволяло справиться с таймырскими морозами.

## **2.1. Топография района расположения**

Магистральный газопровод «Мессояха - Норильск» имеет длину порядка 263 км, простираясь по Таймырскому (Долгано-Ненецкому) автономному округу Красноярского края (рис. 2).

Топографическая особенность местности где располагается газопровод представляет поверхность с низкой холмистостью с высотой над уровнем моря 100-180 метров.

По обе стороны реки Енисея берега местами с перепадами высоты до 75 метров. От берега начинается мелкопесчаная озерная тундра. Большинство озерных котловин – термокарстового происхождения.

Наиболее характерные мерзлотно - геологические и геоморфологические образования. Кроме смены фаз над мерзлотные воды по тем же причинам имеют также и переменный гидравлический режим, переходя из свободных вод летнего сезона к водам напорным при промерзании сезоннооттаивающего слоя. Надмерзлотные воды не представляют собой единого подземного потока со сплошным зеркалом, что создает болотистую почву, а также торфяной покров сопутствует на значительной территории.

В пределах района не выделено активных сейсмогенерирующих структур, которые являлись бы потенциально опасными из-за возникновения в их пределах крупных землетрясений. Сейсмичность района – 5 баллов.

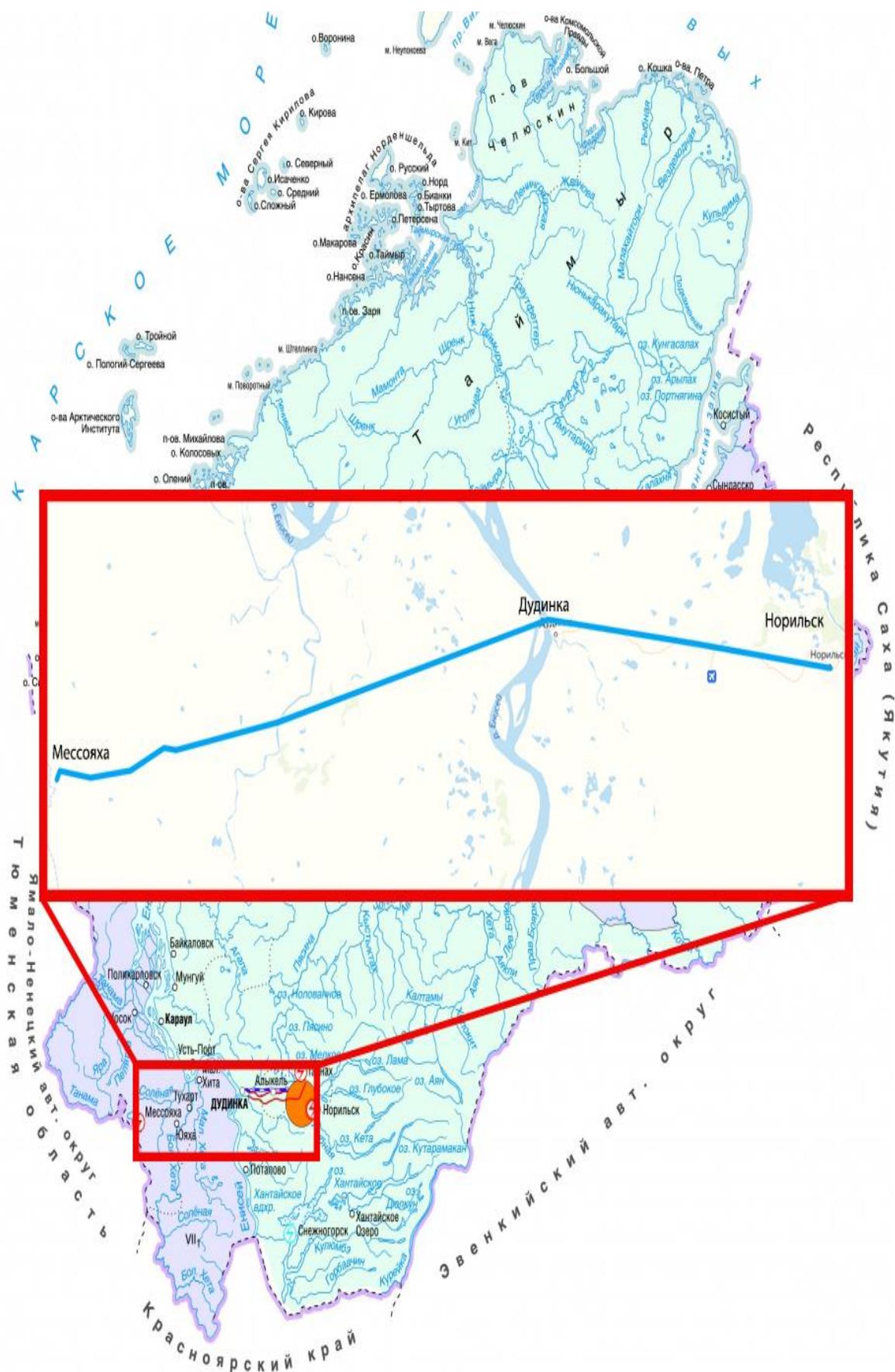


Рисунок 2 – Расположение МГ «Мессояха - Норильск» на карте Таймырской автономной области

## 2.2. Границы запретных санитарно-защитных зон

Данный газопровод не имеет ограждений, так как на участках нет запретных зон и территория по которой проложен газопровод не имеет запретов до прохождения посторонних лиц.

Для обеспечения безопасной эксплуатации и минимизации вероятности возникновения аварий и сопутствующего ущерба установленные охранные зоны в соответствии с «Правилами охраны магистральных трубопроводов».

Охранные зоны магистрального газопровода – это территория по 25 метров от оси трубопровода ограничены условными линиями [3].

Охраняемых зонах запрещено производить строительные, сельхоз хозяйственные и другие земельные работы, которые могут провести разгерметизации или иного способа повреждения, предварительно не согласованных с управляющими данного газопровода. По периметру должны быть расставлены опознавательные знаки на земляные и взрывные работы [4].

Для нормального функционирования зачастую применяется минимальное безопасное расстояние от газопровода и его газораспределительные станции до объектов промышленного и сельскохозяйственного типа, а также от всех инфраструктур. На определения расстояния влияние класс газопровода и его диаметр, а также еще один из важнейших факторов социальная значимость объекта.

В приведенной ниже таблице (табл.1) приведены значения МБР для линейного газопровода первого класса и различного диаметра [5].

Таблица 1 – Минимальные безопасные расстояния газопроводов [5]

Диаметр газопровода 1 класса, мм	до 300	300- 600	600- 800	800- 1000	1000- 1200	1200- 1400
МБР от газопровода 1 класса, м	100	150	200	250	300	350

Исходя из данные и анализируя таблицу для магистрального трубопровода «Мессояха - Норильск» минимальным расстоянием составляет от 200 метров.

Размер санитарно-защитной зоны для магистрального газопровода «Мессояха - Норильск» совпадает с минимальным безопасным расстоянием.

### **2.3. Природно-климатические условия в районе расположения магистрального трубопровода**

В Далганно-ненецком районе климат резко континентальный, а средняя температура воздуха составляет минус 9,8 градусов.

Зимний период довольно продолжительный 240-250 дней, из этих дней примерно около 4-5 месяцев средняя температура воздуха не превышает минуса 20 градусов, и колеблется от -17 до -19 градусов. Январь является самым холодным месяцем при минимальной температуре минус 64 градуса, при средней температуре воздуха -30 °С.

Продолжительность теплого периода 115-120 дней, при этом оно дождливое и холодное, средняя температура воздуха этого периода 14 градусов. Июль самый тёплым месяцем можно назвать июнь, средняя месячная температура 17,5 °С, при максимальной температуре 32 градуса.

Исходя из этого колебания в течении года составляет 96 градусов. Также в таком районе не постоянная погода которая часто и внезапно меняется погода, что является не схожим с общеустановленными периодами сезонов. Изменения температур в весеннее и осеннее происходит за короткий промежуток времени, всего в две – три недели. Относительная влажность воздуха 68-78% [6].

Атмосферные осадки распределяются с конца последнего месяца весны по начала осени на это период выпадает примерно 70% от общего значения, 400-800 мм. Количество дней с осадками варьируются от 140-195 дней.

Снежный покров держится 245 дней, с конца сентября по начала июня. В холмистой местности высота снежного покрова составляет 0,6 метров, а в остальных районах достигает 8-9 метров [7].

Скорость ветра для данного района 7 м/с, максимальная до 45 м/с, и направления зимой юго-восточное и восточное, а летом сменяется на северо-

восточное и северное. Вблизи заселенными районами и на равнине скорость ветра значительно меньше чем в горах.

Полярная ночь длится с 26 ноября по 13 января, полярный день - с 20 мая по 20 июля.

#### **2.4. Аварийные ситуации магистрального газопровода «Мессояха – Норильск»**

С момента построения магистрального газопровода «Мессояха – Норильск» произошло три крупных аварий.

До 1978 года на трассе газопровода произошло четыре локальных аварии. Но самая крупная авария случилась здесь в феврале 1979 года (рис.3). В районе Мессояхи при температуре в минус пятьдесят градусов произошел разрыв нитки газопровода. В результате резкого падения давления деформирующая волна распространилась на 58 километров [8].

В результате аварии за считанные минуты было разрушено более 40 километров трубопровода. Город на несколько дней остался без тепла, из-за аварии на газопроводе комбинат вынужден был перейти на использование резервного дизельного топлива и каменного угля. Тогда впервые был поднят вопрос о возможной эвакуации жителей Норильска на «материк». Последствия аварии были устранены в течение трех дней.



Рисунок 3 – Авария газопровода в 1979 году

Следующая крупная авария на газопроводе Мессояха – Норильск произошла в ночь с 14 на 15 ноября 1989 года (рис.4). Вышло из строя 40 километров магистральных труб. По имеющимся данным, разрыв труб вызван резким перепадом температур - в течение суток температура понизилась с минус семи до минус сорока градусов [9].



Рисунок 4 – Авария на газопроводе с 14 на 15 ноября 1989 года

Последняя крупная авария произошла на газопроводе Мессояха – Норильск в ночь с 20 на 21 октября 2010. Разрыв труб вызван резким перепадом температур - в течение суток температура понизилась с минус двух до минус сорока пяти градусов.

### 3. Методика оценки риска

Для достижения безопасной среды и минимизацию воздействия вредных факторов следует заниматься управлением риском и применять методик для его анализа.

Аварийность определяется из статистического анализа вероятностей на газопроводах и всех составляющих магистрали.

Газовая отрасль сложна для анализа что не позволяет изучить причины аварий, чтобы проанализировать вероятность прецинем способ «дерево событий».

При анализе логических деревьев отказов руководствуются следующими пунктами [10]:

Анализируя вероятность используя логические блоки «И» или «И/ИЛИ», что позволяет сделать вывод что вероятность реализации аварии могут происходить по разнообразным причинам одновременно.

Логический блок «ИЛИ», утверждает, что вероятность возникновения не зависит от других условий, что позволяет часть событий локализовать и исключить вероятность возникновения происшествия по данному пути, но не исключить полностью возможности аварийной ситуации.

Преимущество дерева событий можно выразить в следующем:

1. Анализ производится, опираясь на отказы системы.
2. выявить события и наглядно продемонстрировать не надежные места.
3. более понятное графическое представление материала для принимающих участия в выявлении ситуация аварий.
4. выполнения расчётов в количественном или качественном виде.
5. позволяет выявить и последовательно бороться с отказами системы.
6. анализ сложной системы и выявления ситуаций значительно легче, чем в других методах.

Главным преимущество заключается в ограничении только составляющими системы, приводящие к поставленному, главному, событию.

К недостаткам дерева событий можно отнести следующие показатели:

1. затрачивает много ресурсов, в том числе и временных.

2. В дереве события используется всего две стадии работоспособное или вышедшее из строя, вызывая трудность учета не завершённого состояния, неполного отказа, элемента.

3. Рассматривается за раз всего один отказ, который нуждается в постоянном мониторинге от специалистов [11].

Построение дерева событий для чрезвычайной ситуации позволяет спрогнозировать развития при отказе оборудования [12].

### 3.1. Построение дерева событий и расчет вероятности главного события

Главным событием является истечение газа вследствие разрыва газопровода, может реализоваться несколькими путями (рис.5), к примеру:

q1 – Истечение газа из системы на возвышенности.

q2 – Утечка газа в торфяной местности.

q3 – Истечение газа из системы в болотистой местности.

q4 – Аварийная ситуация в русле реки.

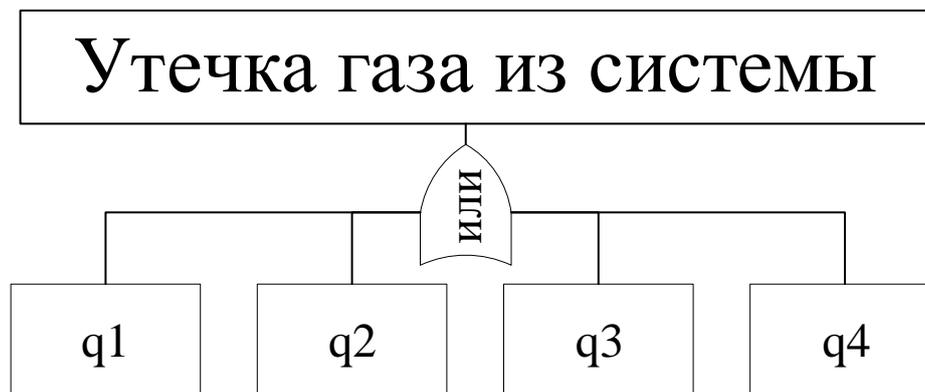


Рисунок 5 – Главное и индуцированные события дерева отказов

В таблице 2 приведены события влияющие на вероятность возникновения аварий

Таблица 2 – Вероятность возникновения событий [13]

Обозначение	Характеристика события	Вероятность события
q5	Повреждения газопровода вследствие влияния внешних факторов	$12 \cdot 10^{-5}$
r1	Повышения давления внутри системы	$12 \cdot 10^{-6}$
q6	Повреждения газопровода вследствие техногенного воздействия	$1,1 \cdot 10^{-5}$
q7	Влияние человеческого фактора	$1 \cdot 10^{-4}$
q8	Воздействие окружающей среды	$2 \cdot 10^{-5}$
r2	Крушения авиатехники	$1 \cdot 10^{-6}$ /год
r3	Влияния автомобилей	$1 \cdot 10^{-5}$ /год
r6	Некачественный сварной шов	$3 \cdot 10^{-6}$
r5	Нарушения правил технологического процесса	$4 \cdot 10^{-7}$
r4	Нестабильное техническое обслуживание системы	$1 \cdot 10^{-4}$
r10	Коррозия	$1 \cdot 10^{-6}$
r11	Землетрясение	$1 \cdot 10^{-5}$ /год
r7	Падение опоры ЛЭП	$1 \cdot 10^{-5}$
r8	Молния	$1 \cdot 10^{-6}$
r9	Падение небесного тела	$4 \cdot 10^{-9}$
q9	Природное воздействие	$12 \cdot 10^{-4}$
q10	Случайная нагрузка (r16 – сейсмическое воздействие; r17 – взрыв; r18 – внезапная разгерметизация; r19 – пожар; r20 – нестационарный режим эксплуатации; r21 – механические повреждения)	$1,2 \cdot 10^{-2}$ /год
r12	Вымывание конструкции газопровода	$3 \cdot 10^{-5}$
r13	Закупорка льдом	$1 \cdot 10^{-3}$
r14	Метеоосадки (дожди)	$2 \cdot 10^{-4}$
r15	Воздействие температуры	$1 \cdot 10^{-6}$
q11	Температурное воздействие	$3 \cdot 10^{-6}$
r22	Нагрев металла в результате тления торфа	$1 \cdot 10^{-6}$
r23	Промерзание трубы	$2 \cdot 10^{-6}$
q12	Разрыв в результате природных особенностей речной местности	$6 \cdot 10^{-9}$
r24	Повреждение в результате карчехода	$2 \cdot 10^{-4}$

Рассмотрим по отдельности события, влияющие на утечку газа из системы, первой частью является утечка газа связанных с перепадом высот представленное событием q1 (рис.6).

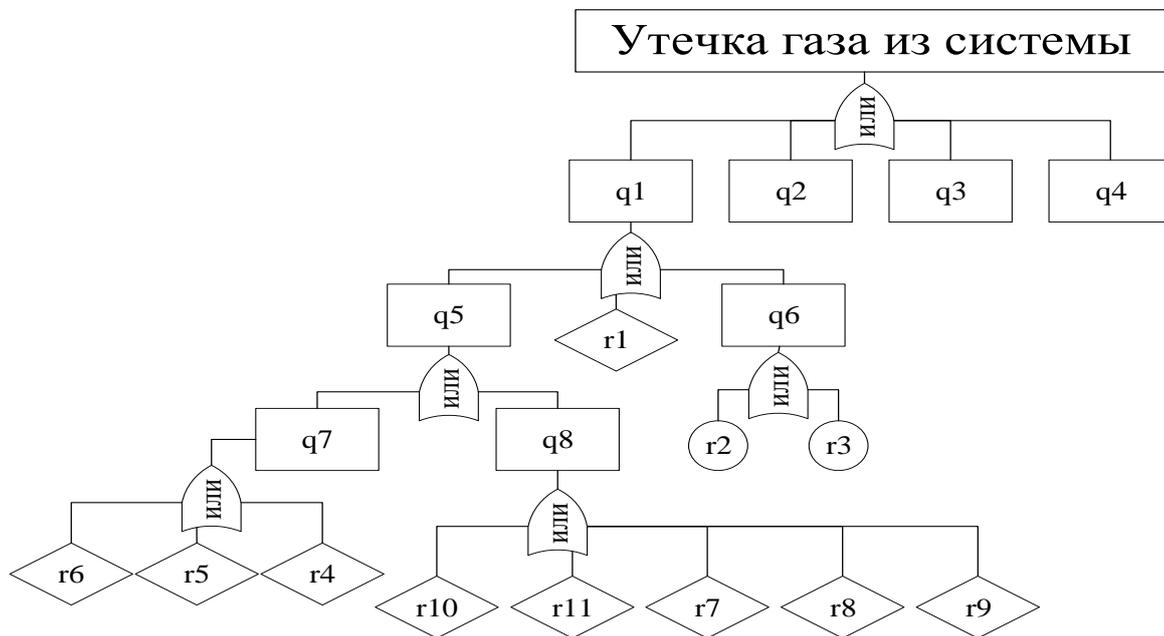


Рисунок 6 – Развитие события q1 – «утечка газа в результате перепада  
возвышенности»

Следующая часть опирается на возможность реализации события q2 в торфяной местности (рис.7).

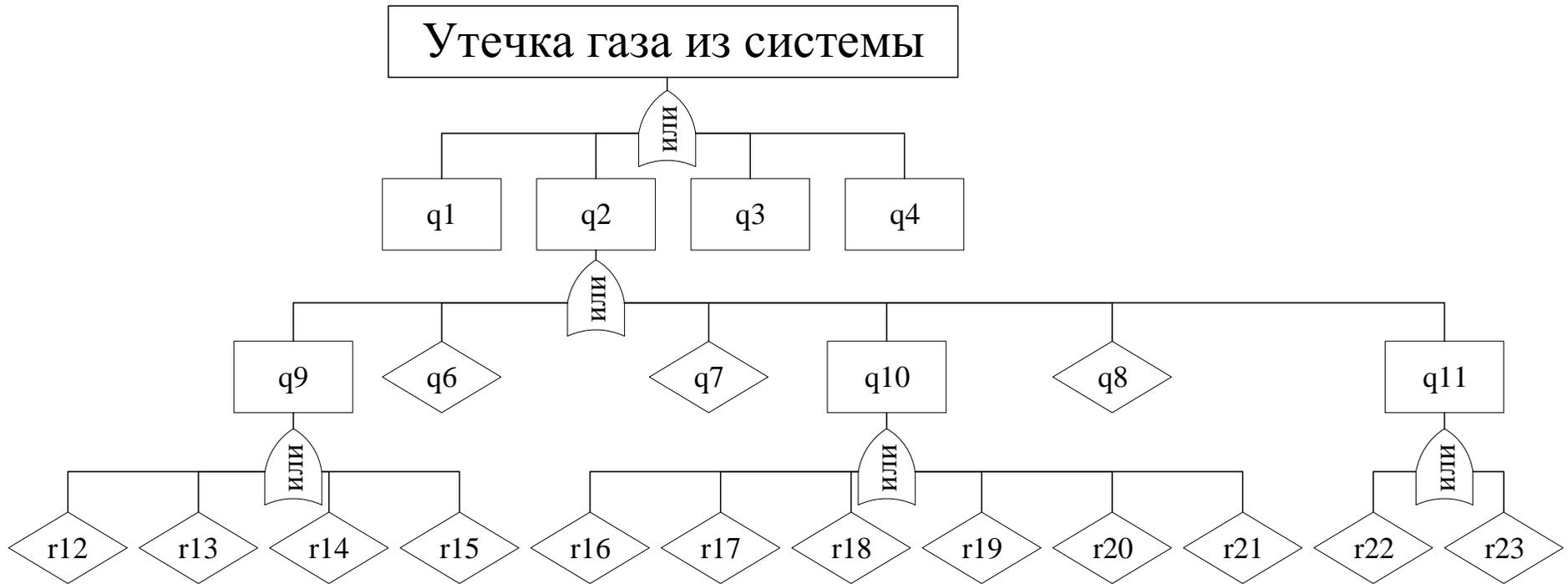


Рисунок 7 – Развитие события q2 – «Утечка газа в торфяной местности»

Следующая часть опирается на возможность реализации события q3 в болотистой местности. (рис.8)

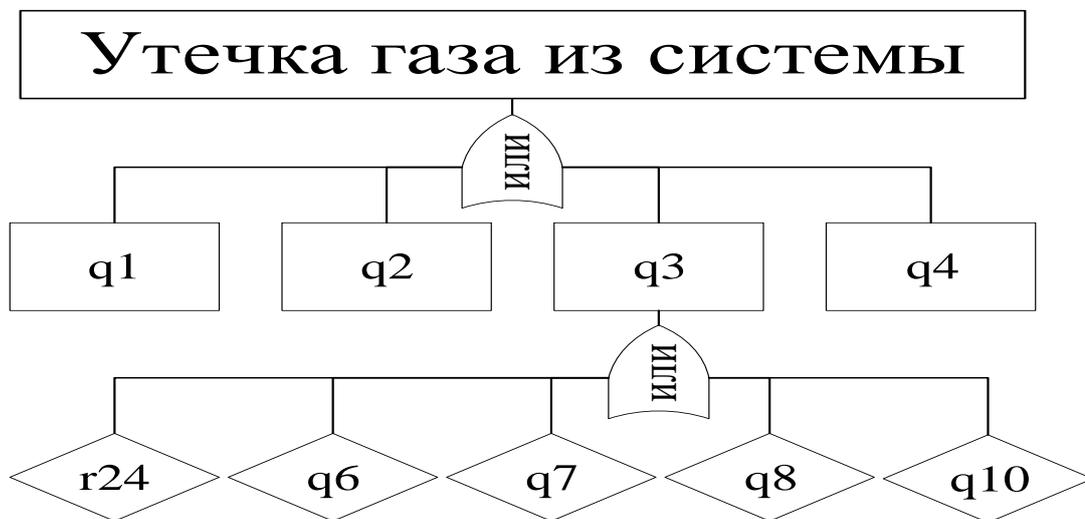


Рисунок 8 – Развитие события q3 – «Истечение газа из системы в болотистой местности»

Последним событием является q4 – «Аварийная ситуация в русле реки» (рис.9).

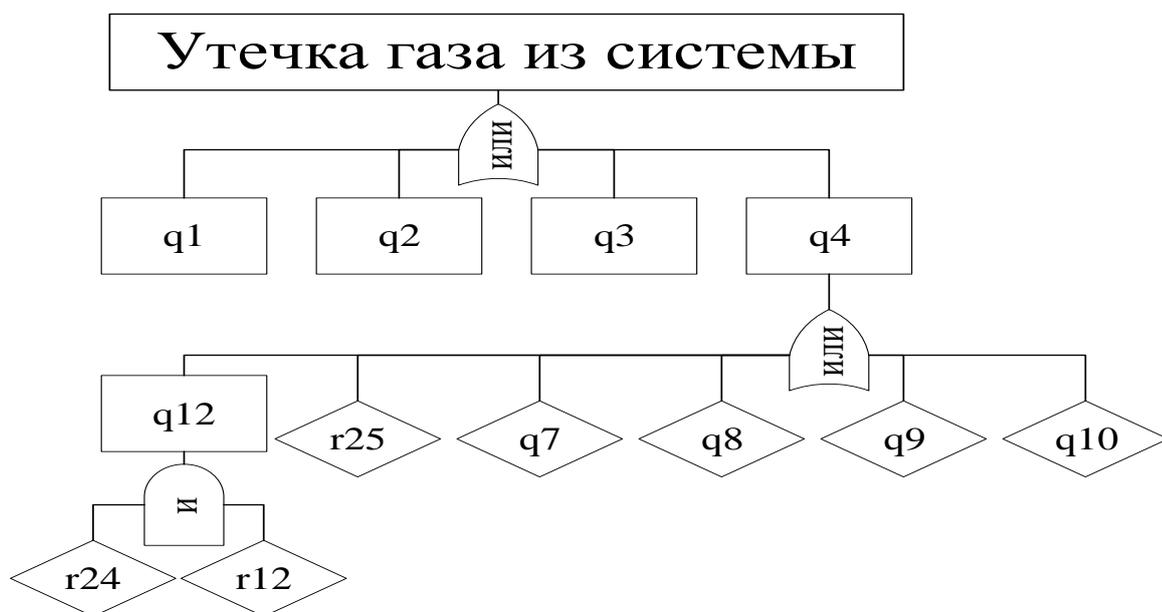


Рисунок 9 – Развитие события q4 – «Аварийная ситуация в русле реки»

На рисунке 10 представлен полное дерево отказов.

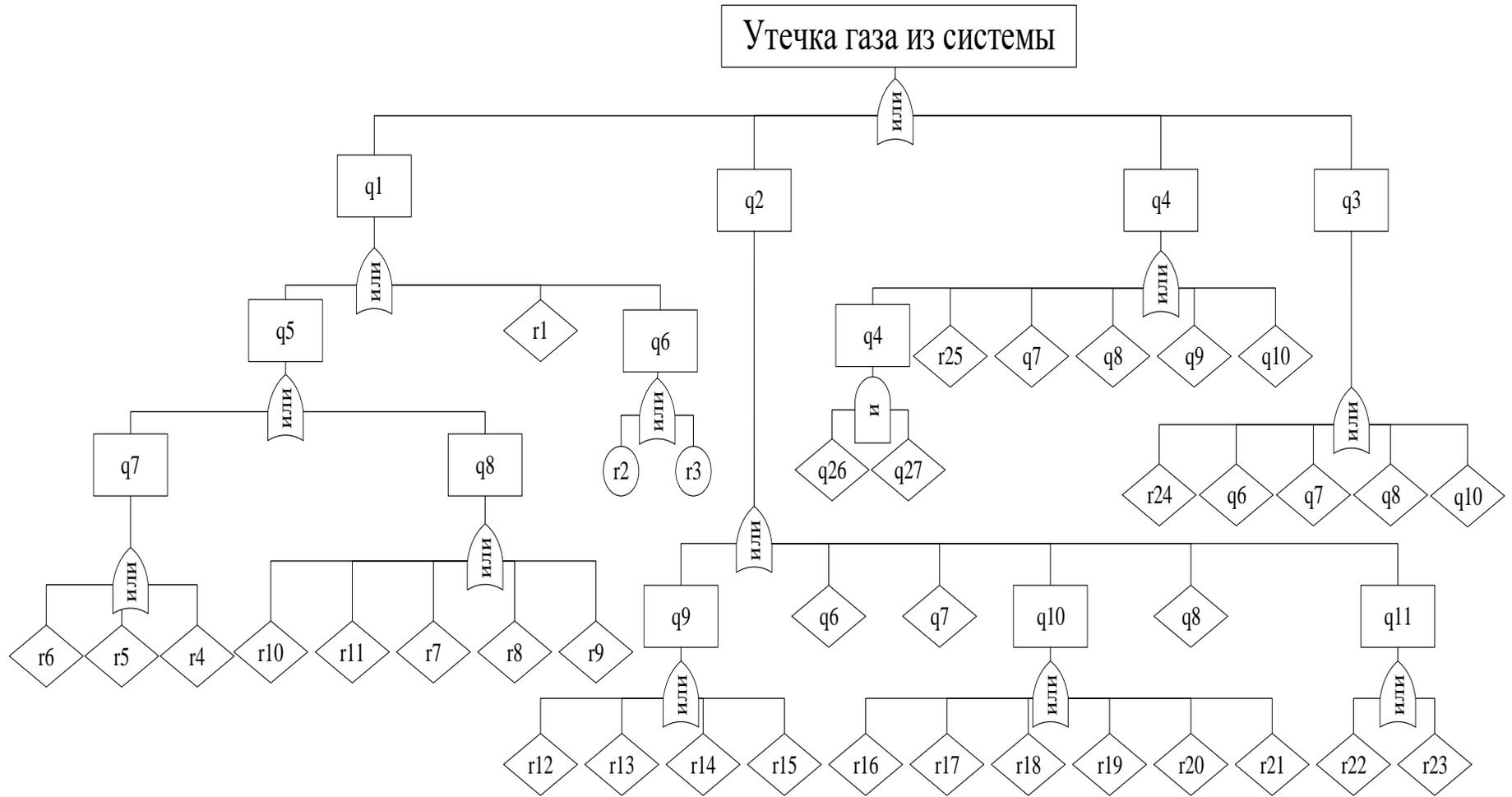


Рисунок 10 – Полное дерево событий газопровода

Вычисляем количественный анализ возникновения главного события, исходя из оценочных вероятностей событий.

Рассмотрим событие, приводящее к утечке газа при перепаде высот (q1):

1) Рассчитываем событие зависящие от «человеческого фактора» (q7) применяя логический блок «или»:

$$P(q7) = P(r6) + P(r5) + P(r4) = 3 \cdot 10^{-6} + 4 \cdot 10^{-7} + 1 \cdot 10^{-4} \approx 1 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}.$$

2) Рассчитываем событие зависящие от влияние окружающей среды (q8) применяя логический блок «или»:

$$\begin{aligned} P(q8) &= P(r10) + P(r11) + P(r7) + P(r8) + P(r9) = \\ &= 1 \cdot 10^{-6} + 1 \cdot 10^{-5} + 1 \cdot 10^{-5} + 1 \cdot 10^{-6} + 4 \cdot 10^{-9} \approx 2 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}. \end{aligned}$$

3) Вероятность события (q5) определяется через логический блок «ИЛИ» событий q7 и q8:

$$P(q5) = P(q7) + P(q8) = 1 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 10^{-5} = 12 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}.$$

4) r2 и r3 ведут к событию q6 связанных с разрушением от техногенного влияния через логический блок «ИЛИ»:

$$P(q6) = P(r2) + P(r3) = 1 \cdot 10^{-6} + 1 \cdot 10^{-5} = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}.$$

5) Событие q1 – промежуточное, зависящее от событий к нему ведут события q5, r1 и q6 через логический блок «ИЛИ»:

$$F(q1) = P(q5) + P(r2) + P(q6) = 12 \cdot 10^{-5} + 12 \cdot 10^{-6} + 1,1 \cdot 10^{-5} \approx 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}.$$

Развитие события q2 связанных с возможными вероятностями авариями на торфяниках:

1) «Природное воздействие» (q9):

$$\begin{aligned} P(q9) &= P(r12) + P(r13) + P(r14) + P(r15) = \\ &= 3 \cdot 10^{-5} + 1 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 10^{-4} + 1 \cdot 10^{-6} \approx 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}. \end{aligned}$$

2) «Температурное воздействие» (q11):

$$P(q11) = P(r22) + P(r23) = 2 \cdot 10^{-6} + 1 \cdot 10^{-6} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}.$$

3) Событие q2 промежуточное:

$$\begin{aligned} P(q2) &= P(q6) + P(q7) + P(q8) + P(q9) + P(q10) + P(q11) = \\ &= 3 \cdot 10^{-6} + 1,1 \cdot 10^{-5} + 1 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 10^{-5} + 1,2 \cdot 10^{-2} + 12 \cdot 10^{-4} = 1,22 \cdot 10^{-2} \text{ год}^{-1}. \end{aligned}$$

Развитие события q3 «Истечение газа из системы в болотистой

местности» – промежуточное:

$$1) \quad P(q3) = P(r24) + P(q6) + P(q7) + P(q8) + P(q10) = \\ = 2 \cdot 10^{-6} + 1,1 \cdot 10^{-5} + 1 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 10^{-5} + 1,2 \cdot 10^{-2} \approx 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ год}^{-1}.$$

Вероятность аварии у русла реки рассчитывается:

Событие q12 наступает при одновременном появлении r12 и r24:

$$P(q12) = P(r12) \times P(r24) = 3 \cdot 10^{-5} \times 2 \cdot 10^{-4} = 6 \cdot 10^{-9} \text{ год}^{-1}.$$

Событие q4 – промежуточное.

$$P(q4) = P(q12) + P(r25) + P(q7) + P(q8) + P(q9) + P(q10) = \\ = 6 \cdot 10^{-9} + 1 \cdot 10^{-3} + 1,1 \cdot 10^{-5} + 1 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 10^{-5} + 1,2 \cdot 10^{-2} \approx 1,3 \cdot 10^{-2} \text{ год}^{-1}.$$

Главное событие «Истечение газа из системы», связанных между собой блоком «ИЛИ»:

$$P(Y) = P(q1) + P(q2) + P(q3) + P(q4) = \\ = 1,4 \cdot 10^{-4} + 1,22 \cdot 10^{-2} + 1,2 \cdot 10^{-2} + 1,3 \cdot 10^{-2} = 3,734 \cdot 10^{-2} \text{ год}^{-1}.$$

Вероятность утечки газа из системы  $3,734 \cdot 10^{-2} \text{ год}^{-1}$ .

В результате проведенного исследования были получены расчетные величины рисков типовых участков магистрального газопровода:

Q1 – Истечение газа из системы на возвышенности –  $1,4 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$ .

Q2 – Утечка газа в торфяной местности –  $1,22 \cdot 10^{-2} \text{ год}^{-1}$ .

Q3 – Истечение газа из системы в болотистой местности –  $1,2 \cdot 10^{-2} \text{ год}^{-1}$ .

Q4 – Аварийная ситуация при переходе русла реки –  $1,3 \cdot 10^{-2} \text{ год}^{-1}$ .

### 3.2. Оценка ущерба от аварий

Для определения ущерба от аварии на газопроводе Мессояха – Норильск была составлена таблица 3 с исходными данными.

Таблица 3 – Исходные данные

Интервал времени за сколько авария была устранена, дн	10
Значения дней требуемое провести в стационаре	6
Затраты на обеспечения всеми необходимыми лекарственными средствами	2,1
Лечения в специальных оздоровительных заведениях	40

Продолжения таблицы 3

Средняя заработная плата рабочего	30
Затраты на восстановления технических средств	100
Стоимость реставрации рядом стоящих зданий, пострадавших от аварии	60
Затраты на предоставленные услуги в сфере ремонтных работ	30
Транспортные расходы, надбавки к з/п и затраты на доп. электроэнергию	60
Незапланированные расходы на компенсацию за локализацию и ликвидацию аварии	30

При разрыве газопровода происходит авария, которая собой вызывает ущерб, его можно рассчитать следующей формулой [14]:

$$P_a = P_{пп} + P_{ла} + P_{сэ} + P_{нв} + P_{экол} + P_{втр}, \quad (1)$$

где  $P_a$  – весь ущерб, вызванный аварией, руб.;

$P_{пп}$  – потере на затраты восстановлении основного фонда предприятия, эксплуатирующей опасный производственный объект, руб.;

$P_{ла}$  – затраты на процедуры по ликвидации аварии, руб.;

$P_{сэ}$  – социально-экономические потери, руб.;

$P_{нв}$  – косвенный ущерб, руб.;

$P_{экол}$  – экологический ущерб, руб.;

$P_{втр}$  – потери трудовых ресурсов, связанных со смертью работника.

Прямые потери ( $P_{пп}$ ) от аварий можно определить по формуле:

$$P_{пп} = P_{оф} + P_{тмц} + P_{им}, \quad (2)$$

где  $P_{оф}$  – потери предприятия в результате уничтожения основных фондов руб.;

$P_{\text{тмц}}$  – потери, связанные с утраты товарами какой-либо ценности, 536000 руб.;

$P_{\text{им}}$  – затраты на восстановления материального имущества третьим лицам, руб.

Затраты на восстановления основного фонда определяется как: сумма при уничтожении и повреждении основных фондов:

$$P_{\text{оф}} = P_{\text{офу}} + P_{\text{офп}} \quad (3)$$

При этом для расчётов при уничтожении используется следующая формула:

$$P_{\text{офу}} = \text{SUM}_{i=1} (S_{\text{oi}} - (S_{\text{mi}} + S_{\text{yi}})), \quad (4)$$

где  $S_{\text{oi}}$  – затраты на реставрацию основных фондов, 200 тыс. руб. рыночная стоимость за 100м трубы 720мм;

$S_{\text{mi}}$  – суммарная стоимость поврежденных ресурсов пригодных для дальнейшего использования, руб.;

$S_{\text{yi}}$  – утилизационная стоимость, руб. приблизительно составляет около 50 тыс. руб.

$$P_{\text{офу}} = S_{\text{o-}} - (S_{\text{м}} + S_{\text{y}}) = 200 - (0 + 40) = 150 \text{ тыс. руб.}$$

$$P_{\text{оф}} = P_{\text{офу}} + P_{\text{офп}} = 150 + 100 + 60 + 60 + 30 = 400 \text{ тыс. руб.}$$

$$P_{\text{пп}} = P_{\text{оф}} + P_{\text{тмц}} + P_{\text{им}} = 400 + 536 + 0 = 936 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на процедуры по ликвидации аварии приравниваем к нулю из-за того, что размер данных затрат при каждой аварии будет одинаковым.

В социально-экономические потери ( $P_{\text{сэ}}$ ), как правило, включаются затраты на компенсацию и проведение мероприятий вследствие гибели персонала и третьих лиц ( $P_{\text{гп}}$  и  $P_{\text{гтл}}$ ) и/или травмирования персонала и третьих лиц ( $P_{\text{тп}}$  и  $P_{\text{ттл}}$ ) [16]:

$$P_{\text{сэ}} = P_{\text{гп}} + P_{\text{гтл}} + P_{\text{тп}} + P_{\text{ттл}} \quad (5)$$

В расчете расходов связанные с повреждением здоровья пострадавшего, учитываются следующие величины:

- Расходы одного пострадавшего находящегося в больнице стационарно, 1700 руб /день
- требуется провести в стационаре 6 дней
- Затраты на обеспечения всеми необходимыми лекарственными средствами 2,1 тыс. руб.
- Лечения в специальных оздоровительных заведениях, 40 тыс. руб.
- Травмирован 1 работник.
- Средняя заработная плата рабочего, 30 тыс. руб

Социально-экономические потери (Псэ) равны 120 тыс. руб

Косвенный ущерб (П<sub>нв</sub>) рассчитывается как средства, которые организация не получила в качестве постоянной прибыли (П<sub>нп</sub>), объем денежных средств на выплату различных видов неустоек, штрафов, пени (П<sub>ш</sub>), а также убытки третьих лиц из-за недополученной прибыли [15]:

$$П_{нв} = П_{зп} + П_{нп} + П_{ш} + П_{нптл}, \quad (6)$$

где  $П_{зп}$  – заработная плата и условно-постоянные расходы за время простоя объекта, руб.;

$П_{нп}$  – прибыль, недополученная за период простоя объекта, руб.;

$П_{ш}$  – убытки, вызванные уплатой различных неустоек, штрафов, руб.;

$П_{нптл}$  – убытки третьих лиц из-за недополученной прибыли, руб.

$$П_{нптл} = (Q_{дои} - Q_{послеи}) \times T \times (S_i - B_i), \quad (7)$$

где  $Q_{дои}$  – средний объем выпуска до аварии;

$Q_{послеи}$  – средний объем после аварии;

$T$  – количества времени для расчистки аварий;

$S_i$  – средняя отпускная цена единицы  $i$ -го неприведенного продукта на дату аварии, руб.;

$B_i$  – средняя себестоимость единицы  $i$ -го недопроизведенного продукта на дату аварии.

$$P_{\text{нп}} = (Q_{\text{до}} - Q_{\text{после}}) \times T \times (S - B) = (50400 - 33600) \times 30 \times 1 = 504 \text{ тыс. руб}$$

Величину  $P_{\text{зп}}$  рекомендуется определять по формуле:

$$P_{\text{зп}} = (V_{\text{зп}} A + V_{\text{уп}}) \times T_{\text{пр}}, \quad (8)$$

где  $V_{\text{зп}}$  – заработная плата сотрудников предприятия, руб./день;

$A$  – доля сотрудников, не использованных на работе (отношение числа сотрудников, не использованных на работе по причине простоя, к общей численности сотрудников);

$V_{\text{уп}}$  – условно-постоянные расходы, руб./день;

$T_{\text{пр}}$  – продолжительность простоя объекта, дни.

$$P_{\text{зп}} = (V_{\text{зп}} A + V_{\text{уп}}) \times T_{\text{пр}} = (30 \text{ тыс.руб}/21 \text{ день} \times 14/160 + 10 \text{ тыс.руб}) \times 30 \text{ дней} = 304 \text{ тыс.руб}$$

$$P_{\text{нв}} = P_{\text{зп}} + P_{\text{нп}} + P_{\text{ш}} + P_{\text{нптл}} = 304 + 504 = 843 \text{ тыс. руб.}$$

За основу по экологическому ущербу возьмем сумму в размере 2 миллиона рублей, опираясь на размер, экологического ущерба которые был в прошлом на данной территории.

$$P_{\text{а}} = P_{\text{пп}} + P_{\text{сэ}} + P_{\text{нв}} + P_{\text{экол}} = 2000 + 843 + 120 + 936 = 3898 \text{ тыс.руб.}$$

Полностью результаты расчета данного раздела приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты расчета ущерба

Вид ущерба	Величина ущерба, тыс. руб.
Прямой ущерб	935
Социально-экономические потери	120
Косвенный ущерб	843
Экологический ущерб	2000
Итого:	3898

Из таблицы видно, что Социально-экономические потери в этом случае являются не значительными, связанно это с тем что мы не можем точно предсказать количество пострадавших в результате аварии. Сумма 120 тысяч

рублей является, тем объёмом денежных средств что уходит на выздоровления одного пострадавшего в городе Норильск.

#### **4. Оценка эффективности мероприятий по снижению риска аварий**

Распределения мероприятий происходит на два направления решения по минимизации риска аварии:

Меры, на минимизацию реализации аварийных ситуаций. Меры, с устранением ожидаемого ущерба от аварий.

Первое направление ориентировано на минимизацию аварий и из-за этого предпочтения реализации отдается именно этой группе, в данных мера есть направления по решению разгерметизации участков МГ, такие как:

Применения методик неразрушающего контроля, с целью отслеживания сварных стыков [17].

Ужесточения контроля условий охранной зоны, приведения трассы к техническим условиям путем уборки кустарников, подлесок и от других, составляющих поросли, отслеживания присутствия всех предупреждающих и запрещающих знаков, а также контроль состояния, существующий ограждений.

Минимизации возникновения коррозионного эффекта общего типа, а также коррозии вызванных внутреннем напряжением труб, путем нанесения слоя предотвращающих химические реакции, а вы новейших технологических установках ЭХЗ.

Слежения за выполнениями правил и норм по эксплуатации газопровода, а также проведения своевременного технического обслуживания, включающие в себя подготовку всех сооружений и структурных частей газопровода к зонным изменениям условий эксплуатации, в особенности паводка и морозам.

Установления постоянного наблюдения за системой измерения внутритрубного давления с использованием технологий линейной телемеханики и модернизации существующих систем новыми функциями телеизмерения и телесигнализации.

Внедрения новейших исследование в области устранения локализацией и предупреждения утечек газа.

Увеличения параметров качества изделий и оборудования для газодобывающей отрасли, улучшения качества транспортировки оборудования, дополнительные испытания оборудование в заводских условиях.

Увеличения количества и качества испытаний прочности и герметичности конструкции.

Суть второго направления заключается в предупреждении аварийных ситуаций, минимизация распространения газов при незапланированных выбросах, уменьшения возможного поражающего воздействия аварий:

Система экстренного закрытия клапанов исключаящий человеческий фактор, помогающая в случае разрыва газопровода, незамедлительно перековывает повреждённый участок.

Корректировка размеров зон минимальных расстояний, для сокращения ущерба окружающих сооружений и инфраструктуры в случаях аварии газопровода.

Обучения более эффективным способам борьбы с возникновением аварийной ситуации, отлаженных противоаварийных тренировок обслуживающего персонала, распределения сил для оперативного устранения аварии и ее последствий.

#### **4.1. Оценка эффективности мероприятий по снижению риска аварий при переходе русла реки**

Аварийная ситуация при переходе русла реки можно снизить путем усиления конструкций подводных переходов газопроводов; применение автоматики аварийного закрытия линейных кранов и системы телемеханики, обеспечивающих в случае разгерметизации газопровода оперативное перекрытие аварийной секции или установления молниезащитного оборудования для газопроводов.

Рассмотрим, как два варианта реализации этих способов: первый будет состоять только из усиления подводного перехода; а второй как комплекса мероприятий установки молниезащитного оборудования и станов автоматического аварийного закрытия клапанов.

При реализации первого мероприятия финансовые затраты на разработку составляет от 14 миллионов рублей до 20 миллионов рублей, данные получены при анализе аукционов по аналогичным работам, за основу примем среднее значения 17 миллионов рублей. Мероприятия снизит вероятность до пренебрежимо малых значений природные воздействия и случайные нагрузки, под последнем следует понимать сейсмическое воздействие нестационарный режим эксплуатации механические повреждения.

Исходя из этого сделаем перерасчёт вероятности утечки в руле реки (q4,1), с новыми условиями мы можем пренебречь в расчетах параметры q12 q9 q10:

$$\begin{aligned} P(q4,1) &= P(q12) + P(r25) + P(q7) + P(q8) + P(q9) + P(q10) = \\ &= P(r25) + P(q7) + P(q8) = 1 \cdot 10^{-3} + 1,1 \cdot 10^{-5} + 1 \cdot 10^{-4} \approx 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}. \end{aligned}$$

При реализации второго комплекса мероприятий финансовые затраты на разработку составляет от 10 миллионов рублей до 12 миллионов рублей, из которых для внедрения системы клапанов до 6 миллионов рублей, а молниезащитное оборудование до 5 миллионов рублей, данные получены при анализе аукционов по аналогичным работам, за основу примем среднее значения 11 миллионов рублей.

Мероприятия снизит вероятность до пренебрежимо малых значений следующие значения Влияние человеческого фактора и воздействие окружающей среды.

Исходя из этого сделаем перерасчёт вероятности утечки в руле реки (q4,2), с новыми условиями мы можем пренебречь в расчетах:

$$\begin{aligned} P(q4,2) &= P(q12) + P(r25) + P(q7) + P(q8) + P(q9) + P(q10) = \\ &= P(r25) + P(q7) + P(q8) = 1 \cdot 10^{-3} + 1,1 \cdot 10^{-5} + 2 \cdot 10^{-5} \approx 1 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}. \end{aligned}$$

При сравнение полученных вероятностей можем сделать вывод что два этих комплекса мероприятий снижают вероятность возникновения приблизительно на одинаковое значения, первый снижает с  $1,3 \cdot 10^{-2} \text{ год}^{-1}$  до  $1,1 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$  и при втором варианте снижает с  $1,3 \cdot 10^{-2} \text{ год}^{-1}$  до  $1 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$ .

Финансовые затраты на реализацию у каждого проекта составляют 17 и 11 миллионов, а в случае реализации аварии ущерб составляет 3,778 миллиона что, что в расчёте не было учтано количество пострадавших, за каждого травмированного 120 тысяч рублей, а авариях на газопроводах в среднем погибает 3 и от 10 до 20 человек получает травмы. С учетом всех пострадавших сумма ущерба приблизительно составляет 8,6 миллиона рублей, отношение затрат на реализацию метода к величине снижения риска в 1,97 и 1,27.

#### **4.2. Оценка эффективности мероприятий по снижению риска аварий в болотистой местности**

Аварийную ситуацию в болотистой местности можно снизить путем увеличения объема контроля качества сварных стыков различными методами неразрушающего контроля, повышение надежности защиты от общей коррозии и коррозии под напряжением стальных газопроводов с помощью защитных изоляционных покрытий и установок ЭХЗ, проведение периодических испытаний на прочность и герметичность, осуществление непрерывного контроля давления на крановых узлах с помощью систем линейной телемеханики, расширение функциональности указанных систем в части параметров телеизмерения и телесигнализации.

Рассмотрим, как два варианта реализации этих способов: первый будет состоять из увеличения контроля сварных стыков и проведения периодических испытаний на герметичность; а второй комплекс мероприятий направленный на защиту от коррозии и контроля давления на крановых узлах.

При реализации первого мероприятия финансовые затраты на разработку составляет от 8 миллионов рублей до 10 миллионов рублей, данные получены при анализе аукционов по аналогичным работам, за основу примем среднее значения 9 миллионов рублей.

Исходя из этого сделаем перерасчёт вероятности утечки на долотной местности (q4,1), с новыми условиями мы можем пренебречь в расчетах параметры q12 q9 q10:

$$1) \quad P(q3) = P(r24) + P(q7) + P(q8) =$$

$$= 2 \cdot 10^{-6} + 1 \cdot 10^{-4} + 1,1 \cdot 10^{-5} \approx 1,11 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}.$$

При реализации второго комплекса мероприятий финансовые затраты на разработку составляет от 12 миллионов рублей до 18 миллионов рублей, данные получены при анализе аукционов по аналогичным работам, за основу примем среднее значения 15 миллионов рублей.

Исходя из этого сделаем перерасчёт вероятности утечки на болотной местности (q4,2), с новыми условиями мы можем пренебречь в расчетах.

$$\begin{aligned} 1) \quad P(q3) &= P(r24) + P(q6) + P(q7) = \\ &= 2 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot 10^{-5} + 1 \cdot 10^{-4} \approx 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}. \end{aligned}$$

При сравнение полученных вероятностей можем сделать вывод что два этих комплекса мероприятий снижают вероятность возникновения приблизительно на одинаковые значения.

Финансовые затраты на реализацию у каждого проекта составляют 9 и 15 миллионов, а в случае реализации аварии ущерб составляет 8,6 миллиона рублей что, отношение затрат на реализацию метода к величине снижения риска в 1,04 и 1,7.

#### **4.3. Практические рекомендации для магистрального газопровода**

Проанализирую данные получаем что во всех случаях затраты на реализацию мероприятий превышают ущерб от возникновения затрат, из этого следует что их отношения больше единицы, при этом два мероприятия из рассмотренных, для устья реки комплекса мероприятий: установки молниезащитного оборудования и станов автоматического аварийного закрытия клапанов; и для болотистой местности комплекса мероприятий: по увеличению контроля сварных стыков и проведения периодических испытаний на герметичность.

Данные комплексы по оценке эффективности мероприятий по снижению риска аварий имеют ниже значения чем другие варианты.

При применение данных комплексов общая вероятность утечки на газопроводе будет составлять:

$$P(Y) = P(q1) + P(q2) + P(q3) + P(q4) =$$

$$= 1,4 \cdot 10^{-4} + 1,22 \cdot 10^{-2} + 1,1 \cdot 10^{-4} + 1 \cdot 10^{-3} = 1,345 \cdot 10^{-2} \text{ год}^{-1}.$$

Что сократит вероятность утечки газа из системы с  $3,734 \cdot 10^{-2} \text{ год}^{-1}$  на  $1,345 \cdot 10^{-2} \text{ год}^{-1}$ , то есть в 2,78 раза.

## 5. Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурс эффективности и ресурсосбережения

### 5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Исследования, проводимые в данной выпускной работе, являются инициативными в рамках научно-исследовательской работы для предприятий ООО «Сибстройнефтегаз». Следовательно, потенциальными потребителями результатов этого исследования являются предприятия нефтегазовой промышленности, расположенные на территории Российской Федерации.

Проведем сегментирование рынка услуг по оценки эффективности мероприятий по снижению риска аварий по следующим критериям: размер предприятия нефтегазовой промышленности – существующие способы оценки эффективности мероприятий (табл.5).

Таблица 5 – Карта сегментирования рынка услуг по оценки эффективности мероприятий по снижению риска аварий

		Способы расчета пожарного риска			
		Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей	Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах	Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах	Алгоритм расчета пожарного риска
Размер компании	Крупные	+	+	+	+
	Средние	+	-	-	+
	Малые	-	-	-	+

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

### 5.1.2. Анализ конкурентных технических решений

Проведем данный анализ с помощью оценочной карты, приведенной ниже (табл.6).

Таблица 6 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	Б <sub>к3</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>	К <sub>к3</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>									
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
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>									
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
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>40</b>	<b>32</b>	<b>26</b>	<b>49</b>	<b>3,58</b>	<b>3,43</b>	<b>2,38</b>	<b>4,83</b>

Где сокращения:  $B_{\phi}$  - методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей;  $B_{к1}$  - методика определения ущерба окружающей

природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах;  $B_{к2}$  - методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах;  $B_{к3}$  - алгоритм расчета пожарного риска.

Анализ конкурентных технических решений определили по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i \quad (13)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;  $V_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Опираясь на полученные результаты, можно сказать, что алгоритм расчета пожарного риска является наиболее эффективным и универсальным способом для расчета пожарного риска для магистрального трубопровода. Уязвимость конкурентов объясняется несколькими причинами, а именно: дополнительными исследованиями для получения достоверных результатов, использованием дополнительного оборудования, наличием узких специалистов для работ с данными методиками на предприятии и т.д.

### **5.1.3. SWOT-анализ**

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT- анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта [18].

Для того что бы найти сильные и слабые стороны алгоритма расчета пожарного риска линейного трубопровода и методов-конкурентов, проведем SWOT–анализ (табл.7).

Таблица 7 – Матрица SWOT

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>                      С1. Принципиально новая методика                      С2. Наличие опытного руководителя                      С3. Способность разрабатываемого метода быть применимым к мало изученным веществам и материалам.                      С4. Актуальность разработки.                      С5. Не требует уникального оборудования.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>                      Сл1. Применение проекта только для нефтеперерабатывающей промышленности.                      Сл2. Возможность появления новых методов.                      Сл3. Не испытан в работе. Сл4. Медленный процесс вывода на рынок новой методики.                      Сл5. Многостадийность методики.</p>
<p><b>Возможности:</b>                      В1. Возможность создания партнерских отношений с рядом исследовательских институтов.                      В2. Большой потенциал применения оценки эффективности мероприятий по снижению риска аварий в России.                      В3. Возможность выхода на внешний рынок.                      В4. Рост потребности в обеспечении безопасности технологического производственного процесса. В5. В случае принятия рынком выход</p>	<p>Актуальность разработки, опытный руководитель и принципиально новая разработка дает возможность сотрудничать с рядом ведущих исследовательских институтов;                      Большой потенциал применения алгоритма, а так же возможность выхода на внешний рынок обуславливаются принципиально новой методикой, способностью новой разработки к применению с мало изученными веществам</p>	<p>Возможность наличия партнерских отношений с исследовательским и институтами в испытании алгоритма в работе</p>

<p>на большие объемы</p>	<p>и материалам, актуальностью разработки; Рост потребности в обеспечении безопасности технологического производственного процесса возможен за счет принципиально новой разработки, не требующей использования специального оборудования; За счет новизны и принципиальных отличий возможен выход на большие объемы применения данного алгоритма.</p>	
--------------------------	---	--

<p><b>Угрозы:</b>  У1. Отсутствие спроса на оценки эффективности мероприятий по снижению риска аварий производстве.  У2. Противодействие со стороны конкурентов: снижение цен, усовершенствование текущих методов.  У3. Захват внутреннего рынка иностранными компаниями.  У4. Закрытие нефтегазоперерабатывающих предприятий на территории РФ.  У5. Подробное изучение</p>	<p>Принципиально новая методика и актуальность разработки не сказываются в интересе к оценке эффективности мероприятий по снижению риска аварий;  Противодействие со стороны конкурентов не повлияет на наличие опытного руководителя и потребность в уникальном оборудовании.</p>	<p>Медленный вывод алгоритма на рынок позволит переждать период спада спроса оценки эффективности мероприятий по снижению риска аварий.</p>
---	--	---

термодинамических характеристик используемых веществ и материалов.		
--	--	--

Выявим соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Данные соответствие или несоответствие помогут выявить потребность в проведении стратегических изменений. Для этого построим интерактивные матрицы проекта.

Интерактивные матрицы проекта(табл.8-11)

Таблица. 8

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	V1	+	+	-	+	-
	V2	+	-	+	+	0
	V3	+	0	+	+	0
	V4	+	-	0	+	-
	V5	+	0	0	0	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные сторон и возможности: V1C1C2C4, V2V3C1C3C4, V4C1C4, V5C1.

Таблица 9

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	V1	0	0	+	0	0
	V2	-	-	0	0	0
	V3	0	-	-	-	0
	V4	0	0	0	-	0
	V5	-	-	-	0	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и возможности: V1Сл3.

Таблица 10

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

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные сторон и угроз: У1С1С4, У2С3С5.

Таблица 11

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

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и угроз: У1Сл4.

## 5.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Идея работы заключается в разработке алгоритма расчета пожарного риска линейного трубопровода для предприятий нефтегазоперерабатывающей промышленности. Выше было обосновано, что данный метод является наиболее эффективным и универсальным, позволяющим работать даже с малоизученными веществами и материалами, используемыми в этой отрасли, а также учитывает факторы окружающей

среды. Поэтому используем морфологический подход именно к этой методологии (табл.12).

Таблица 12 – Морфологическая матрица для алгоритма расчета пожарного риска линейного трубопровода

	1	2	3	4
А. Визуализация результатов	График	Формулы	Числовая информация	Текстовая информация
Б. Длительность расчета, мин	10	30	50	>60
В. Использовано косвенных признаков, шт.	1	2	3	>3
Г. Интерфейс	Русский	Английский	Французский	Англо-русский
Д. Модель математического моделирования	структурная	функциональная	комбинированная	
Е. Ввод исходных данных	Ручной способ	Из базы данных	Автономно	В виде технологических цепочек

Предложим три варианта решения технической задачи:

1) А4Б1В1Г1Д3Е1 (Исп.1) – в первом случае алгоритм позволяет представлять информацию в текстовой форме, расчет данных происходит в короткий срок, конечные данные можно получить даже при наличии одного косвенного признака, удобство работы для русскоговорящих пользователей, используется комбинированная модель математического моделирования, данные вводятся вручную.

2) А3Б2В2,3Г1Д1Е1 (Исп.2) – во втором случае алгоритм позволяет представить конечный результат в виде чисел, расчет данных требует больших временных затрат, рабочий язык программы – русский, использована структурная математическая модель, предусмотрен ручной ввод исходных данных.

3) А1Б2,3,4В4Г4Д3Е2,3,4 (Исп.3) – в третьем случае визуализация данных происходит за счет ее представления в графической форме, требуется

больше времени на просчет программы по сравнению с первым случаем, алгоритм определения требует наличия больше чем трех косвенных признаков, интерфейс программы позволяет работать с методикой, как на русском, так и на английском языке, математическая модель комбинированная, ввод исходной информации возможен при помощи перенесения ее из баз данных, автономно, в виде технологических цепочек.

### 5.3. Планирование научно-исследовательских работ

#### 5.3.1. Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 13 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Этапы	№ Раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Выдача задания по тематике проекта	Научный руководитель
Выбор направления исследований	3	Постановка задачи	Научный руководитель
	4	Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	Научный руководитель, студент
	5	Подбор литературы по тематике работы	Студент
	6	Сбор материалов и анализ существующих разработок	Студент
Теоретические исследования	7	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент
	8	Анализ конкурентных методик	Студент
	9	Выбор наиболее подходящей и перспективной методики	Студент
	10	Согласование полученных данных с научным руководителем	Студент
Обобщение и оценка результатов	11	Оценка эффективности полученных результатов	Студент
	12	Работа над выводами по проекту	Студент
Оформление отчета по НИР	13	Составление пояснительной записки к работе	Студент

#### 5.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаях 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  $t_{ож\ i}$  используется следующая формула[21,22]:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{min\ i} + 2t_{max\ i}}{5}$$

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

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

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

$$T_{р\ i} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч\ i}$$

где  $T_{р\ i}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

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

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

### **5.3.3. Разработка графика проведения научного исследования**

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

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}}$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Согласно данным производственного и налогового календаря на 2020 год, количество календарных дней составляет 366 дней, количество рабочих дней составляет 248 дней, количество выходных – 104 дней, а количество предпраздничных дней – 14, таким образом:

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 105 - 14} = 1,475$$

$$k_{\text{кал}} = 1,475$$

Все полученные значения заносим в таблицу (табл. 15).

После заполнения таблицы 15 строим календарный план-график (табл. 16). 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 выделяем различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

Таблица 14 – Временные показатели проведения научного исследования

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

Таблица 15 – Календарный план-график проведения НИОКР

№ Работ	Вид работ	Исполнители	Т <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ										
				Март			апрель			май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	5											
2	Выдача задания по тематике проекта	Студент	3											
3	Постановка задачи	Студент	3											
4	Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	Руководитель , Студент	3			 								
5	Подбор литературы по тематике работы	Студент	12											
6	Сбор материалов и анализ существующих методик	Студент	23											
7	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент	12											
8	Анализ конкурентных методик	Студент	9											
9	Выбор наиболее подходящей и перспективной методики	Руководитель , Студент	4									 		
10	Согласование полученных данных с научным руководителем	Руководитель , Студент	2									 		
11	Оценка эффективности полученных результатов	Студент	4											
12	Работа над выводами	Студент	3											
13	Составление пояснительной записки к работе	Студент	7											

 – студент;  – научный руководитель

### 5.3.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ необходимо обеспечить полное и верное отражение различных видов расходов, связанных с его выполнением.

#### *Расчет материальных затрат НТИ*

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

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

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., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов [19]. Данные по материальным затратам, приведенным ниже, взяты по прейскуранту цен сети магазинов «Книжный мир» г. Томск за май 2020 год.

Таблица 16 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (Z <sub>м</sub> ), руб.		
		Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.
Бумага	лист	150	100	130	2	2	2	345	230	169
Картридж	шт.	1	1	1	1000	1000	1000	1150	1150	1150
Интернет	М/бит (пакет)	1	1	1	350	350	350	402,5	402,5	402,5

Продолжения таблицы 16

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 табл. 18.

Таблица 17 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.			Зарплата, 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	Руководитель	2	2	2	3,6	3,6	3,6	7,2	7,2	7,2
2.	Выдача задания по тематике проекта	Руководитель, студент	1	1	1	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4

Продолжения таблицы 17

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.			Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.			Всего заработная плата по тарифу тыс. руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
3.	Постановка задачи	Студент	1	2	1,5	0,8	0,8	0,8	0,8	1,6	1,2
4.	Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	Руководитель, студент	2	1	1,5	4,4	4,4	4,4	8,8	4,4	6,6
5.	Подбор литературы по тематике работы	Студент	7	9	8	0,8	0,8	0,8	5,6	7,2	6,4
6.	Сбор материалов и анализ существующих методик	Студент	14	15	15	0,8	0,8	0,8	11,2	12	12
7.	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент	8	8	8	0,8	0,8	0,8	6,4	6,4	6,4
8.	Анализ конкурентных методик	Студент	5	6	5	0,8	0,8	0,8	4	4,8	4
9.	Выбор наиболее подходящей и перспективной методики	Руководитель, Студент	3	1,5	3	4,4	4,4	4,4	13,2	5,9	13,2
10.	Согласование полученных данных с научным руководителем	Руководитель, Студент	2	1	1,5	4,4	4,4	4,4	8,8	4,4	6,6
11.	Оценка эффективности полученных результатов	Студент	2	2,5	3	0,8	0,8	0,8	1,6	2	2,4
12.	Работа над выводами по проекту	Студент	2	2	2	0,8	0,8	0,8	1,6	1,6	1,6
13.	Составление пояснительной записки к работе	Студент	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 студент.

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

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

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $Z_{осн}$ ).

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

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = K_{доп} * Z_{осн}$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

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

### 5.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = K_{внеб} * (Z_{осн} + Z_{доп})$$

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

На 2020 г. установлен размер страховых взносов равный 30,2%

Таблица 18 – 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
Студент-дипломник	12200	12200	12200	1830	1830	1830
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302					

Продолжения таблицы 18

Итого	
Исполнение 1	16739,9 руб.
Исполнение 2	12363,9 руб.
Исполнение 3	15489,6 руб.

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 19 – Расчет бюджета затрат НТИ

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

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

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

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

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

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = \frac{91664,5}{91664,5} = 1;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = \frac{71477,5}{91664,5} = 0,78;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп3}} = \frac{87379,2}{91664,5} = 0,95.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения

объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a^i * b^i$$

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

$a^i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b^i$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 20).

$$I_{p\text{-исп1}} = 5 * 0,2 + 5 * 0,3 + 4 * 0,05 + 4 * 0,15 + 5 * 0,1 + 5 * 0,2 = 4,8$$

$$I_{p\text{-исп2}} = 3 * 0,2 + 3 * 0,3 + 5 * 0,05 + 4 * 0,15 + 4 * 0,1 + 4 * 0,2 = 3,55$$

$$I_{p\text{-исп3}} = 3 * 0,2 + 4 * 0,3 + 3 * 0,05 + 2 * 0,15 + 3 * 0,1 + 3 * 0,2 = 3,15$$

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

$$I_{p\text{-исп1}} = 5 * 0,2 + 5 * 0,3 + 4 * 0,05 + 4 * 0,15 + 5 * 0,1 + 5 * 0,2 = 4,8$$

$$I_{p\text{-исп2}} = 3 * 0,2 + 3 * 0,3 + 5 * 0,05 + 4 * 0,15 + 4 * 0,1 + 4 * 0,2 = 3,55$$

$$I_{p\text{-исп3}} = 3 * 0,2 + 4 * 0,3 + 3 * 0,05 + 2 * 0,15 + 3 * 0,1 + 3 * 0,2 = 3,15$$

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

Таблица 20 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии / Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп. 2	Ис п.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	5	4	3
Итого	1	4,8	3,55	3,15

Таблица 21 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	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

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что разработка алгоритма в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности, далее следует исполнение 2, исполнение 3.

## **6. Социальная ответственность**

Магистральные газопроводы своими сетями опоясывают континенты на тысячи километров. Они проектируются, испытываются и строятся в соответствии с жесткими строительными нормами, стандартами и правилами. Для того, чтобы обеспечить надежность и безопасность поставки транспортируемого газа, очень важно сохранять в процессе эксплуатации требуемые показатели и характеристики.

В данном разделе проведен анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследования. Представлен графический материал в виде схемы размещения светильников этого помещения. Кроме того будет произведен расчет искусственного освещения так как при недостаточной освещенности ухудшается производительность труда, устают глаза и повышается риск травматизма.

В работе рассматривается кабинет службы промышленной и пожарной безопасности, находящийся на четвертом этаже ООО «Сибстройнефтегаз» по адресу Берёзовая ул., 6/1. В данном кабинете расположено семь ПК с ЖК мониторами; габариты помещения: 6х5х3м. Стены покрашены матовой краской светло-бежевых тонов, потолки отделаны потолочной плиткой светло-серого цвета. Имеются два оконных проема размером 1,4х1,5 м; общая площадь оконных проемов равна 4,2 м<sup>2</sup>.

### **6.1. Производственная безопасность**

#### **6.1.1. Анализ опасных и вредных производственных 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.

При работе на ПК имеют место такие опасные и вредные факторы, как повышение или понижение подвижности воздуха; повышение или

понижение влажности воздуха; повышение или понижение уровня положительных и отрицательных аэроионов; замыкание; повышение уровня статического электричества; повышение уровня электромагнитного излучения; повышение напряженности электрического поля; нехватка естественного освещения; недостаток искусственной освещенности рабочей зоны; повышение яркости света; повышение контрастности; появление зрительного напряжения; нервно-эмоциональные перегрузки; однообразность в трудовом процессе; появление прямой и отраженной блёскости [20].

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 регулярном пере адаптации 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.

#### **6.1.2. Основные параметры помещения**

Помещение должно быть обеспечено естественным и искусственным освещением. Использование персональных компьютеров в помещении, где отсутствует естественное освещение, разрешается только при соответственных обоснованиях и наличии положительных санитарно-эпидемиологических заключений, выданных в установленном порядке.

Искусственное освещение в помещении для работы с ПК осуществляется приемом равномерного освещения. Люминесцентные лампы с рассеивателем и экранирующей решеткой отлично подходят в качестве искусственного источника света. Использование светильника без рассеивателя и экранирующей решетки запрещается. Светильники точечного освещения могут оснащаться лампами накаливания и галогенными. Для того чтобы освещенность в помещении с ПК соответствовала норме, необходимо производить очистку стекол, оконных рам и источников света чаще двух раз в год.

Необходимо оборудовать оконные проемы занавесками, внешними козырьками, жалюзи и т.д.

Если на рабочем месте стоит ПК на базе жидкокристаллического или плазменного экрана, то площадь рабочей зоны должна ровняться не менее 4,5 м<sup>2</sup>.

Аудитории, имеющие рабочие места с персональными компьютерами, оборудуются защитным заземлением. Кроме того, в них обязательно проводится регулярная влажная уборка и производится проветривание по прошествии каждого часа работы на ЭВМ.

При отделке интерьера аудиторий используются материалы пастельных цветов, имеющих матовую фактуру. Пол покрывается гладкими, нескользящими материалами, которые обладают антистатическими характеристиками.

В данном помещении выполняются все указанные выше требования.

### **6.1.3. Оценка опасности и напряженности труда**

Организация трудового процесса на ПК реализуется исходя из вида и разряда трудовой деятельности.

Таблица 22 – Время регламентированных перерывов

Категория работы с ПК	Уровень нагрузки за рабочую смену при видах работы с ПК			Суммарное время регламентированных перерывов, мин.	
	Группа А, кол-во знаков	Группа Б, кол-во знаков	Группа В, час.	При 8-часовой смене	При 12-часовой смене
I	До 20000	До 15000	До 2	50	80
II	До 40000	До 30000	До 4	70	110
III	До 60000	До 40000	До 6	90	140

Типы трудовой деятельности можно разделить на три группы:

группа А – работа, связанная с считыванием информации с экрана с предшествующим запросом;

группа Б – работа, связанная с вводом данных;

группа В – творческая работа, осуществляемая в режиме диалога с ПК.

Основной работой на ПК принято считать работу, занимающую не менее 50% времени, затраченного в рабочую смену или рабочий день.

#### **6.1.4. Режим труда и отдыха**

При достижении эффективной работоспособности и сохранении здоровья в течение рабочего дня устанавливаются регламентированные перерывы.

Общее время перерывов определяется из расчета определенной категории трудового процесса и уровня нагрузки за рабочий день при работе с ПК.

Длительность обеденного перерыва устанавливает действующее трудовое законодательство и Правила трудового распорядка.

Длительность работы на персональном компьютере без перерыва должна быть не более 1 часа.

В работе, требующей непрерывного контакта с ПК, напряженности внимания при отсутствии возможности перехода на какие-либо другие виды деятельности, где не требуется взаимодействие с ПК, необходимо организовывать перерывы на 10-15 минут каждые 40-50 минут работы.

В качестве снижения утомления зрительного аппарата и минимизации нервно-эмоционального напряжения рекомендуется выполнять комплекс упражнений.

#### **6.1.5. Электромагнитное излучение**

Существуют допустимые нормы ЭМП. Уровень ЭПМ замеряется приборами. В данной аудитории не выявлено нарушений каких-либо параметров.

Таблица 23 – Допустимые нормы ЭМП

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Предельно допустимые уровни воздействия ЭМИ на человека составляют:

- при напряженности электромагнитного поля 10 мкВт/см<sup>2</sup> – время контакта 8 час;
- при напряженности электромагнитного поля 10-100 мкВт/см<sup>2</sup> – время контакта не более 2 часов;
- при напряженности электромагнитного поля 100-1000 мкВт/см<sup>2</sup> время контакта не более 20 минут;

Предельно допустимая норма электромагнитного излучения для населения – 1 мкВт/см<sup>2</sup>.

#### **6.1.6. 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 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[25].

Таблица 24 – Характеристика помещения

Наименование параметров и единицы измерения	В холодное время	В теплое время
Температура, °C	20...22	22...25
Относительная влажность, %	30...60	30...60
Скорость движения воздуха, м/с	Не более 0.2	Не более 0.5

В нашем помещении температура: зимой  $t=20...22$  °C; летом –  $t=22...25$  °C. Влажность 55%, скорость движения воздуха – 0.2 м/с. Эти данные соответствуют нормам.

Таблица 24.1 – Оптимальные значения показателей микроклимата на рабочем месте производственного помещения

Период года	$t, ^\circ\text{C}$	$W, \%$	$V, \text{ м/с}$
Холодный	21-23	60-40	0,1
Теплый	22-24	60-40	0,1

Таблица 24.2 – Допустимые значения показателей микроклимата на рабочем месте производственного помещения

Температура, °C	Влажность воздуха, % относ.	Скорость движения воздуха, м/с, не более
15-28	20-80	0,5

Для обеспечения оптимальных и допустимых показателей микроклимата в холодный период года следует применять средства защиты рабочих мест от остекленных поверхностей оконных проемов, чтобы не было охлаждения. В теплый период года необходимо предусмотреть защиту от попадания прямых солнечных лучей.

### 6.1.7. Расчет освещения

Немаловажную роль имеет освещенность рабочего места, т.к. при

недостаточной освещенности ухудшается производительность труда. Так же плохое освещение отрицательно влияет на глаза человека и приводит к травматизму.

Произведем расчет искусственного освещения.

В отделе промышленной и пожарной безопасности комбинированное естественное освещение верхнего типа, которое передается через люминесцентные лампы.

Освещение должно быть общим и равномерным, так как выполнялись проектные работы, освещенность в рабочей зоне должна быть более 400 лк при расстоянии 80см от пола. При этом условии местное освещение не требуется.

Рассчитаем искусственное освещение методом коэффициента использования светового потока [26, 29]:

$$\Phi = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{N \cdot \eta} \quad (27)$$

где  $\Phi$  - световой поток каждой из ламп (лм);

$E$  - номинальная освещенность (лк);

$K$  - коэффициент запаса;

$N$  - количество ламп в помещении;

$Z$  - коэффициент неравномерности освещения. В нашем случае  $Z=1.1$  (для люминесцентных ламп);

$S$  - площадь помещения;

$\eta$  - отношение потока, падающего на расчетную поверхность к суммарному потоку всех ламп (определяется из таблицы).

Для определения  $\eta$  необходимо знать индекс помещения  $i$ , значения коэффициентов отражения стен  $r_c$  (краска бежевая), потолка  $r_n$  (плитка подвесного потолка светло-серая):

$$r_c=50\%; r_n=70\%$$

$$i = \frac{S}{h(A+B)} \quad (28)$$

где  $A$  - длина помещения,  $A= 6000$  мм;

$B$  - ширина помещения,  $B= 5000$  мм;

$S$  - площадь помещения,  $S=30$  м<sup>2</sup>;

$h=H-h_{св}-h_{рп}$  - высота подвеса ламп;  $H$  – высота помещения;  $h_{рп}$  – высота рабочей поверхности;  $h_{св}$  –высота свеса ламп;  $h = (3000-100-800) = 2100$  мм.

$$i = \frac{30}{2,1 * (6 + 5)} = 1,3$$

Сделаем выбор:

а) 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 %. Светильники будем располагать в два ряда.

б) источников света.

Выбираем наилучшее расстояние между светильниками  $\lambda =1,4$ .

$L/h=1,4$ , где  $h$  – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью;  $H=3000$  мм;  $h = 2100$  мм.

$L=2100 \times 1,4=2940$  мм.

$L/2100 =1400$  мм.

Светильники будем располагать в два ряда (рис. 11).

Возьмем число светильников равное  $N = 8$ .

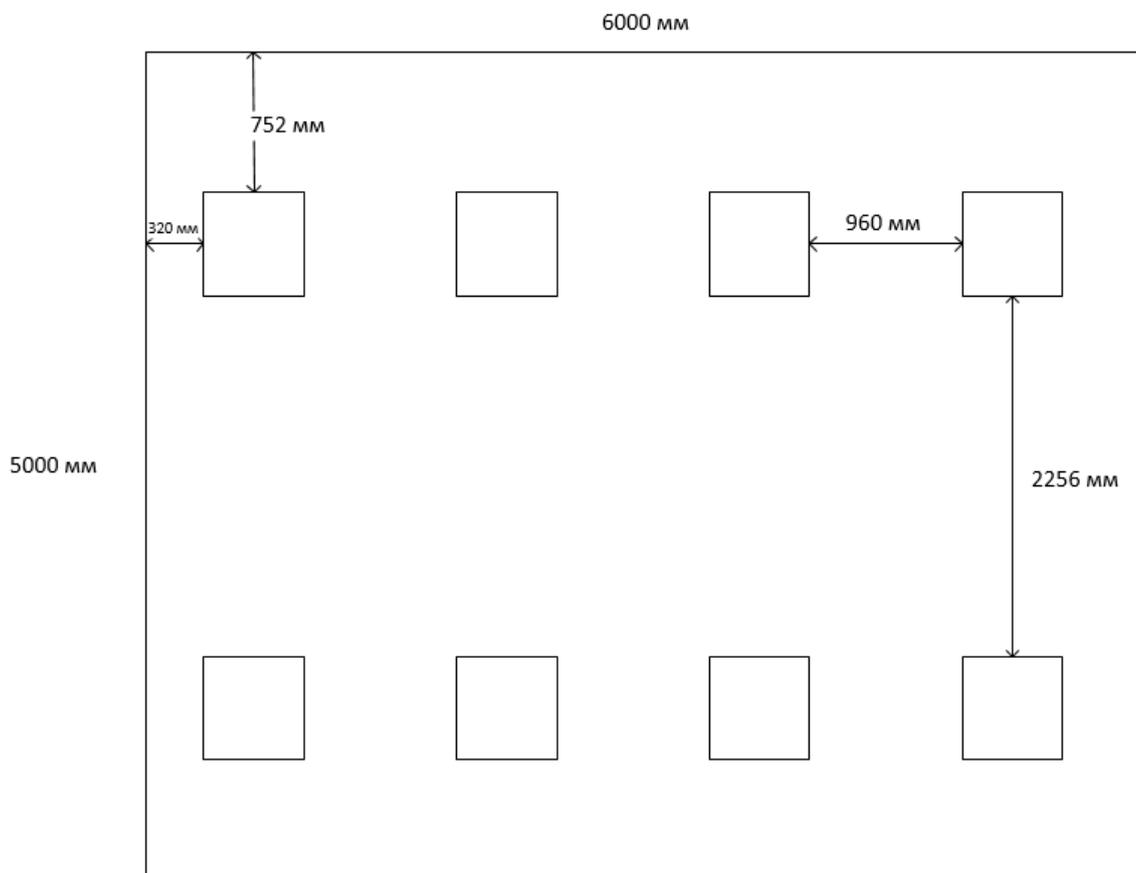


Рисунок 11 – Схема расположения светильников

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

$$6000 = 4 \cdot 620 + 3 \cdot L_1 + 2/3 \cdot L_1$$

$$L_1 = (6000 - 4 \cdot 620) \cdot 3/11$$

$$L_1 = 960$$

$$L_1/3 = 320$$

$$5000 = 2 \cdot 620 + L_2 + 2/3 \cdot L_2$$

$$L_2 = (5000 - 2 \cdot 620) \cdot 3/8$$

$$L_2 = 2256$$

$$L_2/3 = 752$$

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

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

подбираем близкую по характеристике лампу ЛБ мощностью 20 Вт и световым потоком 1200лм.

Делаем проверку выполнения условия:

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

Получаем

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

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

Определяем электрическую мощность осветительной установки:  $P = 32 \cdot 20 = 640 \text{ Вт}$

### **6.1.8. Производственный шум**

Одним из наиболее распространенных факторов производства является шум. Он создается работающим оборудованием, преобразователями напряжения, работающими осветительными приборами дневного света, а также проникает извне. Кроме того, шум считается одним из самых распространенных факторов внешней среды, которые неблагоприятно воздействуют на организм человека. Его действия различны и могут затруднять разборчивость речи, вызывать снижение работоспособности, повышать утомляемость, ухудшать как органы слуха, так и всю систему организма человека посредством воздействия на центральную нервную систему.

Люди, работающие при постоянных шумовых эффектах, жалуются на головную боль, быструю утомляемость, бессонницу и сонливость, ослабляется внимание, ухудшается память.

Шум на рабочих местах создается внутренними источниками – вентиляторы в ЭВМ, и внешними источниками – шум с улицы.

Согласно паспорта ЭВМ уровень ее шумов не превышает 42 дБ, а

нормы для творческой работы с использованием ЭВМ – 50 дБ. Поэтому никаких мер защиты от шума в нашем помещении не требуется и не предусмотрено.

ГОСТ 12.1.003-2014 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» является нормативным документом, регламентирующим уровень шума на рабочем месте начальника службы по экологическому мониторингу. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 80 дБА. В нашем случае этот параметр соответствовал значению 60 дБА, что соответствует нормам.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть СИЗ и СКЗ.

Методы (СКЗ) включают в себя: рациональную планировку предприятий и производственных помещений, ремонт оборудования, устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования (шумоизолирующие экраны из пористых материалов).

К средствам индивидуальной защиты (СИЗ) относятся: применение спецодежды, спецобуви и защитных средств органов слуха: наушники, беруши.

## **6.2. Анализ выявленных опасных факторов**

### **6.2.1. Электробезопасность**

В процессе использования электроприборов и электрооборудования может возникнуть опасность удара электрическим током. По опасности возникновения удара электрическим током лаборатория относится к помещениям без повышенной опасности. Чтобы исключить опасность поражения необходимо соблюдать следующие правила электробезопасности:

- перед включением прибора в сеть должна быть визуально проверена его электропроводка на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей на корпус;
- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно

отключить от электрической сети устройство и устранить неисправность;

- запрещается при включенном устройстве одновременно прикасаться к приборам, имеющим естественное заземление (например, радиаторы отопления, водопроводные краны и др.)

- запрещается эксплуатация оборудования в помещениях с повышенной опасностью;

- запрещается включать и выключать устройство при помощи штепсельной вилки. Штепсельную вилку включать и выключать из розетки можно только при выключенном устройстве [21].

Существуют следующие способы защиты от удара электрическим током в электроустановках:

- организация защитного заземления;

- зануление;

- применение устройств защитного отключения (УЗО);

- предохранительные устройства;

Самый распространенный способ защиты от поражения током при эксплуатации измерительных приборов и устройств - защитное заземление, которое предназначено для превращения «замыкания электричества на корпус» в «замыкание тока на землю» для уменьшения напряжения прикосновения и напряжения шага до безопасных величин (выравнивание потенциала) [22].

Коллективные средства защиты от поражения электрическим током:

- заземление (при заземлении снижается напряжение между корпусом под напряжением и землей)

- зануление (при занулении срабатывает токовая защита при замыкании на корпус);

- рабочая изоляция (для оценки изоляции используют сопротивление изоляции с нагрузкой и без нагрузки);

- двойная изоляция;

- ограничение доступа к токоведущим частям (кожухи, корпуса, заглушки и т.п.);

- защитные блокировки;
- пониженное напряжение в сети;
- предупредительная маркировка.
- защитное отключение (при защитном отключении электроустановка преднамеренно обесточивается).

Индивидуальные средства защиты:

- диэлектрические перчатки;
- инструмент с изолирующими рукоятками;
- диэлектрические галоши;
- диэлектрические ковры;
- изолирующие подставки.

В отношении опасности поражения людей электрическим током различают:

1. Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.

2. Помещения с повышенной опасностью, которые характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой.

3. Особо опасные помещения, которые характеризуются наличием оборудования до 1000 В и одного из следующих условий, создающих особую опасность: особой сырости, химически активной или органической среды, одновременно двух или более условий повышенной опасности. Территории размещения наружных электроустановок в отношении опасности поражения людей электрическим током приравниваются к особо опасным помещениям.

Офисное помещение, в котором производятся работы, относится к I типу – помещение без повышенной опасности, т.к. сухое помещение с исправной вентиляцией.

Безопасные номиналы:

- сила тока  $I = 0,1 \text{ A}$ ;
- напряжение  $U = 12-36 \text{ V}$ ;
- сопротивление  $R_{\text{заземления}} = 4 \text{ Ома}$ .

При работе человека за столом на него оказывает влияние электромагнитное поле (ЭМП), создаваемое компьютером. При длительном воздействии на организм человека электромагнитного поля повышается утомляемость, появляются сильные боли в области сердца, снижается КПД выполняемой работы, изменяется пульс и кровяное давление. Поэтому согласно СанПиН 2.2.4.1383-03 предельно допустимый уровень электромагнитного поля с диапазоном частот 0,3 — 300 кГц равен 25В/м. Для уменьшения данного воздействия необходимо снижать количество времени пребывания в данном помещении, применять технические средства коллективной и индивидуальной защиты.

Предельно допустимые уровни воздействия ЭМИ на человека составляют:

- при напряженности электромагнитного поля  $10 \text{ мкВт/см}^2$  – время контакта 8 час;
- при напряженности электромагнитного поля  $10-100 \text{ мкВт/см}^2$  – время контакта не более 2 часов;
- при напряженности электромагнитного поля  $100-1000 \text{ мкВт/см}^2$  время контакта не более 20 минут;

Предельно допустимая норма электромагнитного излучения для населения –  $1 \text{ мкВт/см}^2$ .

защита может

проводящая спецодежда для защиты от электромагнитного воздействия  
проводящая спецодежда для защиты от электромагнитного воздействия

быть коллективной, предусматривающей мероприятия в основе лежат организационные и инженерно-технические мероприятия. Организационные меры защиты направлены на: выбор рациональных режимов работы оборудования, ограничение места и времени нахождения персонала в зоне воздействия электромагнитных излучений.

Защита «расстоянием» подразумевает определение санитарно-защитных зон, зон недопустимого пребывания на этапах проектирования. В этих случаях для определения степени снижения воздействия в каком-то пространственном объеме используют специальные расчетные, графоаналитические, а на стадии эксплуатации, – инструментальные методы.

Защита «временем» предусматривает нахождение в контакте с излучением только по служебной необходимости с четкой регламентацией по времени и пространству совершаемых действий; автоматизацию работ; уменьшение времени настроечных работ и т. д. В зависимости от воздействующих уровней (инструментальный и расчетный методы оценки) время контакта с ними определяется в соответствии с действующими нормативными документами. К организационным мерам защиты следует отнести и проведение ряда лечебно-профилактических мероприятий.

Индивидуальные средства защиты предназначены для предотвращения воздействия на организм человека ЭМИ с уровнями, превышающими предельно допустимые, когда применение иных средств невозможно или нецелесообразно. Они могут обеспечить общую защиту, либо защиту отдельных частей тела (локальная защита).

Для защиты от СВЧ электромагнитных излучений применяют следующие средства:

- Радиозащитные комбинезоны, халаты, фартуки, куртки из ткани с микропроводом СТУ-36-12-199-63;
- Бахилы с микропроводом СТУ-36-12-169-63;
- Руковицы СТУ-36-12-169-63;

- очки защитные закрытые с прямой вентиляцией ОРЗ-5, ТУ 64-1-2717-81, шлемы, капюшоны, маски из радиоотражающих материалов;

Для защиты от полей промышленной частоты 50Гц:

- Костюмы, комбинезоны из тканевого волокна в сочетании с экранирующим проводящим слоем ГОСТ 12.4.172-87;

- Ботинки, полуботинки токопроводящие ТУ 17-06-71-82, ботинки ТУ 17-06-82-83, сапоги, полусапоги, галоши резиновые повышенной электропроводности ТУ 38.106419-82;

- индивидуальные и съемные экраны.

### **6.2.2. Пожарная безопасность.**

В соответствии с СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений» по взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 – В4, Г и Д. По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории А<sub>н</sub>, Б<sub>н</sub>, В<sub>н</sub>, Г<sub>н</sub> и Д<sub>н</sub>.

Рабочее помещение относится к категории «В», как пожароопасное, потому что, которых находятся, трудногорючие вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, друг с другом только гореть, не относятся к категории А или Б, здание не относится к категории А или Б и суммированная площадь помещений категорий А, Б, В1, В2 и В3 превышает 5 процентов суммированной площади всех помещений.

Источником пожара могут быть ПЭВМ, электрический ток. Причинами пожара могут стать:

- возгорание ПЭВМ;
- несоблюдение правил ПБ;
- неисправность электрической проводки.

Для устранения причин возникновения и локализации пожаров в помещении необходимо проводить следующие мероприятия:

- а) проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- б) курение в отведенном месте;
- в) использование только исправного оборудования.

Для ликвидации пожара на первоначальной стадии используются первичные средства пожаротушения, к которым относятся огнетушители.

Для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии используются водо-пенные (ОХВП-10) огнетушители. Для тушения электроустановок, находящихся под напряжением, используются углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Размещение огнетушителей в коридорах, не должно препятствовать безопасной эвакуации людей

Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности с наличием охранно-пожарной сигнализации, планом эвакуации (рисунок 12), порошковых или углекислотных огнетушителей и табличками с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу.

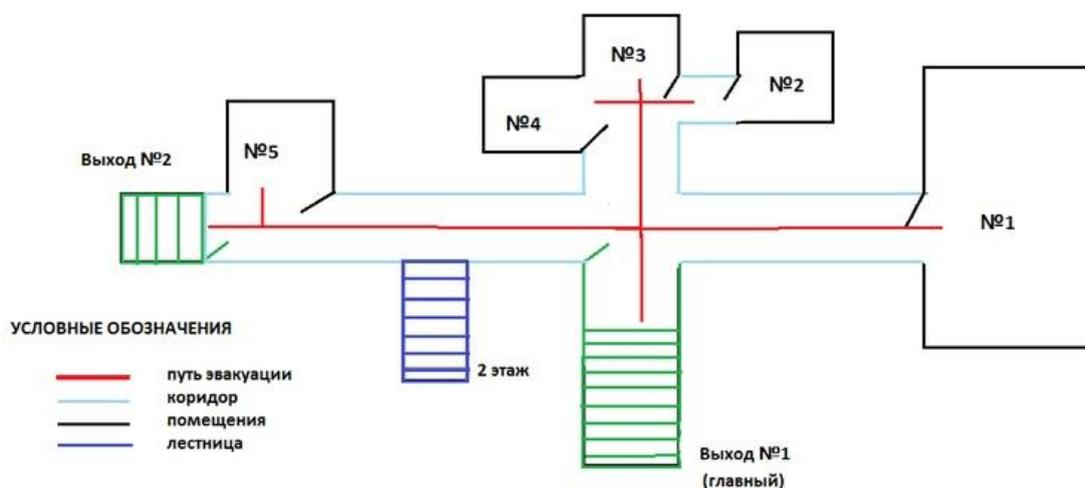


Рисунок 12 – План эвакуации при пожаре

### 6.2.3. Действия при возникновении пожара

На случай возникновения пожара в лаборатории должны быть в наличии первичные средства тушения пожара. Так как основная опасность -

неисправность электропроводки, то при пожаре необходимо немедленно обесточить электросеть в помещении. Главный рубильник должен находиться в легкодоступном месте. До момента выключения рубильника, очаг пожара можно тушить сухим песком или углекислотными огнетушителями. Одновременно с этим необходимо сбить пламя, охватившее горючие предметы, расположенные вблизи проводников.

Водой и химическими пенными огнетушителями горящую электропроводку следует тушить только тогда, когда она будет обесточена.

При возникновении пожара обязанности по его устранению должны быть четко распределены между работниками лаборатории. При необходимости немедленно покинуть аудиторию, используя рекомендации плана эвакуации (рис.13).

### ПЛАН ЭВАКУАЦИИ ПРИ ПОЖАРЕ И ДРУГИХ ЧС

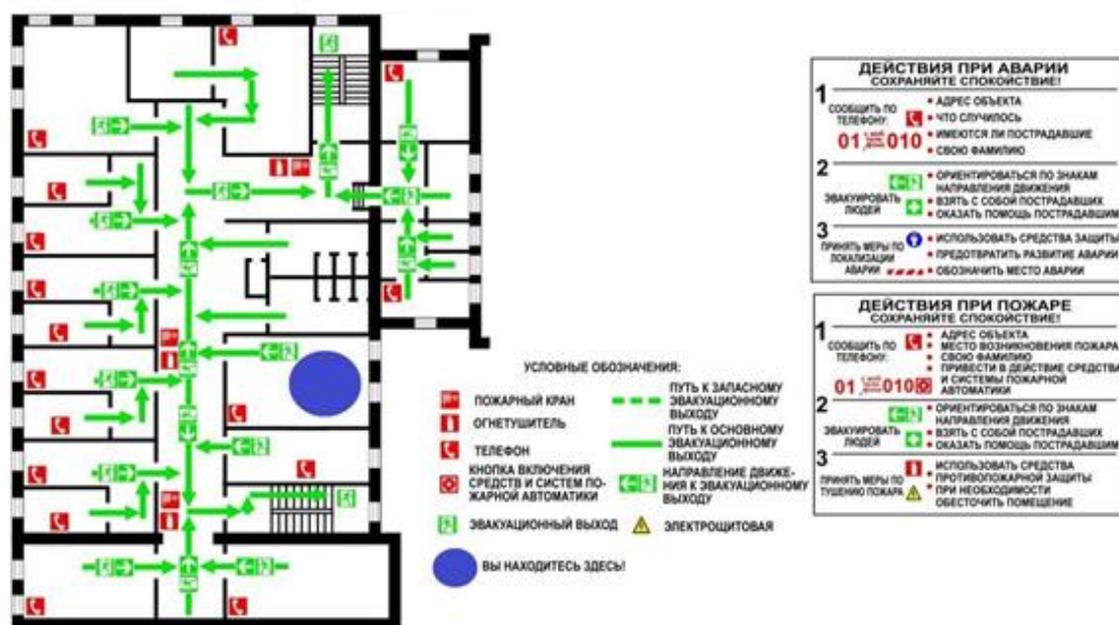


Рисунок 13 – План эвакуации из кабинета отдела промышленной и пожарной безопасности

После проведения анализа вредных и опасных производственных факторов на рабочем месте специалиста отдела промышленной и пожарной

безопасности, можно с уверенностью утверждать, что в данном кабинете соблюдаются все требования нормативных документов. Нарушений на рабочем месте не выявлено, угрозы для жизни и здоровья людей не наблюдается. Это доказывает, что данное рабочее место является безопасным.

### **6.3. 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 утилизации вторичных драгоценных металлов из отработанных средств вычислительной техники».

Отходы включают в себя материалы трех типов: утилизируемые компоненты, драгоценные металлы и токсичные вещества.

Металлы и пластмассы продаются затем на вес. Токсичные отходы направляются в организации, занимающиеся их нейтрализацией. Драгоценные металлы обрабатываются отдельно.

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.

#### **6.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Для обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях было рассмотрено два варианта:

Природного происхождения, в данном случае сильные морозы, и техногенного происхождения, несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место.

##### **6.4.1. Природная чрезвычайная ситуация**

В Сибири в зимнее время наблюдается низкая температура. При критически низких температурах может произойти авария систем теплоснабжения, электроснабжения водоводов и транспорта. В таком случае должно быть предусмотрено количество обогревателей, необходимых для продолжения трудового процесса.

Меры по предупреждению ЧС:

- повышение устойчивости системы электроснабжения. В первую очередь целесообразно заменить воздушные линии электропередач на кабельные (подземные) сети, использовать резервные сети для запитки потребителей, предусмотреть автономные резервные источники электропитания объекта (передвижные электрогенераторы).

- использование запасных автономных источников теплоснабжения,

заглубления теплотрасс.

- обеспечение устойчивости систем водоснабжения (устройство дублирования водопитания, кольцевание системы, заглубление водопроводов, обустройство резервных емкостей и водохранилищ, очистка воды от вредных веществ и т.п.).

- обеспечение устойчивости системы водоотведения. Повышение устойчивости системы канализации достигается созданием резервной сети труб, по которым может отводиться загрязненная вода при аварии основной сети. Насосы, используемые для перекачки загрязненной воды, комплектуются надежными источниками электропитания.
- обеспечить запас воды на складе предприятия (30 – 50 литров).

#### **6.4.2. Техногенная чрезвычайная ситуация**

При несанкционированном проникновении посторонних на рабочее место может привести к серьезным последствиям. Для уменьшения рисков возникновения ЧС следует:

Обеспечить вход на территорию контрольно-пропускными пунктами;

Оснастить двери и окна сигнализациями;

Установка паролей на персональные компьютеры;

Оснастить шкафы замком;

Если есть дополнительный бюджет установить пост с охраной и камерами видеонаблюдения.

В случае если выше перечисленные действия не помогли и посторонний проник на рабочее место, то тогда следует вызвать охрану, и задержать его до их прибытия, если охраны нет вызвать полицию и ждать их прибытия, по возможности запереть его в помещении.

#### **6.5. Перечень нормативно-технической документации**

В данной работе использовалась следующая нормативно-техническая документация:

- 1) ГОСТ 12.0.003-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
- 2) ГОСТ 12.1.033-81 «ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения»
- 3) ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности»
- 4) ГОСТ 12.1.004-91 «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие

требования»

5) ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»

6) СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы

7) СНИП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение

8) СНИП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение

## Заключение

В данной магистерской диссертации были рассмотрены задачи по оценке эффективности снижения риска аварий, рассмотрены характеристика газопровода «Мессояха – Норильск», проведен анализ аварий.

Для достижения поставленной цели были выполнены следующие задачи:

1. рассмотрено функционирование магистрального газопровода.
2. Изучена технологическая характеристика магистрального газопровода «Мессояха – Норильск».
3. Построено дерево событий для магистрального газопровода.
4. произведен расчёт оценки вероятности риска и оценки ущерба от аварии.
5. Рассчитана оценка эффективности мероприятий по снижению риска аварий
6. приведены практические рекомендации для магистрального газопровода.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

Изучение функционирования линейного газопровода на участке «Мессояха – Норильск» показало, что газопровод можно разбить на 4 типовых участков. Построено дерево событий для каждого типа участка, произведя расчет ущерба, можно сделать оценку эффективности внедрению мероприятий по снижения аварий для линейного газопровода «Мессояха – Норильск».

## **Список публикаций**

Рубан Н. А Снижения погрешности статистических методов оценки риска взрывов и пожаров на объектах нефтегазовой промышленности / «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (сагиновские чтения № 11)

Рубан Н. А Статистические методы оценки риска взрывов и пожаров на объектах нефтегазовой промышленности / Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее: сборник научных трудов VIII Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2019.

## Список используемых источников

1. Строительство газопровода-отвода от магистрального газопровода ОАО «Норильскгазпром» до котельной ООО «Аэропорт «Норильск»» [Электронный ресурс] URL: [http://www.norilsk-city.ru/files/17750/74494/tom\\_2\\_proekt\\_planirovki\\_i\\_mezhevaniya\\_gazoprovod.pdf](http://www.norilsk-city.ru/files/17750/74494/tom_2_proekt_planirovki_i_mezhevaniya_gazoprovod.pdf)
2. Анализ аварийных ситуаций на линейной части магистральных газопроводов [Электронный ресурс] URL: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n2y2013/1618>
3. Принципиальные схемы обустройства нефтегазовых объектов [Электронный ресурс] URL: <http://www.neftyanik-school.ru/studentam/uchebnyekursy/course/15/20?start=1>
4. ВРД 39-1.10-006-2000 «Правила технической эксплуатации магистральных газопроводов».
5. СНиП 2.05.06-85\* «Магистральные трубопроводы».
6. СанПиН 2.2.1/2.1.1.984-00 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов».
7. СНиП 23-01-99 «Строительная климатология».
8. А.Ф. Егоров, Т.В. Савицкая. Анализ риск, оценка последствий аварий и управление безопасностью химических, нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств: учебное пособие для вузов. — Москва: КолосС, 2010. — 528 с.
9. Классификация и сравнительная оценка факторов риска / В.Я.Онищенко. – Безопасность труда в промышленности, 1995год. – №7 – 2327с.
10. Анализ риска и его нормативное обеспечение / В.Ф. Мартынюк. – Безопасность труда в промышленности. 1995 год. – №11 – 55-62 с.
11. Надёжность технических систем и оценка риска /Е. Дж. Хенли, Х. Кумамото; пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1984год. – 528 с.

12. Основы теории надежности / А. М. Половко, С. В. Гуров; 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006 год. – 704 с.
13. Нормы технологического проектирования магистральных газопроводов: СТО Газпром 2-3.5-454-2010 – введ. 24.05.2010. М., 2010. – 175 с.
14. Сравнение результатов моделирования аварийных выбросов опасных веществ с фактами аварий / С.И. Сумской, К.В. Ефремов, М.В. Лисанов, А.С. Софьин// Безопасность труда в промышленности. – 2008. – №10. – С. 42-50
15. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с.
16. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. – 399 с.
17. Сущность методики FAST в области ФСА [Электронный ресурс] <http://humeur.ru/page/sushhnost-metodiki-fast-v-oblasti-fsa>.
18. Охрана труда / Под ред. Князевского Б.А. – М.: Высш. шк., 1982. – 320 с. Кнорринг Г.М. Осветительные установки. – Л.: Энергия, 1981. – 412 с.
19. Белов СВ. и др. Безопасность жизнедеятельности. – М.: Изд. МГТУ, 1993. – 450с. 28. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – М.: Энергия, 1981. – 590с.
20. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Под ред. Г.М. Кнорринга. – СПб.: Энергоатомиздат, 1992. – 448 с
21. Закупочные процедуры в области газопроводов [Электронный ресурс] <https://energybase.ru/midstream/norilsktransgaz>
22. РД 03-496-02 «Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах»

# ПРИЛОЖЕНИЕ 1

## Раздел магистерской диссертации, выполненный на иностранном языке

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1EM81	Рубан Никита Андреевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гусельников Михаил Эдуардович	к.т.н.		

Консультант – лингвист отделение русского языка

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Панамарёва Анна Николаевна	к. филол. н.		

## 1. Operation of the main gas pipeline

Gas pipelines designed for the transport of hydrocarbons from the mining site to the consumer at an excess pressure of 1.2 to 15 Mpa with a maximum diameter of 1420 mm.

The main pipelines comprise:

1. anti-corrosion protection of pipelines;
2. lines and installations for technological communication;
3. equipment for the telemechanics of pipelines;
4. power lines;
5. fire-fighting appliances;
6. capacitances for storing and storing condensate;
7. emergency dispensers;
8. facilities of the Pipeline Maintenance Service;
9. underground gas storage stations;
10. warning signs and indicators.

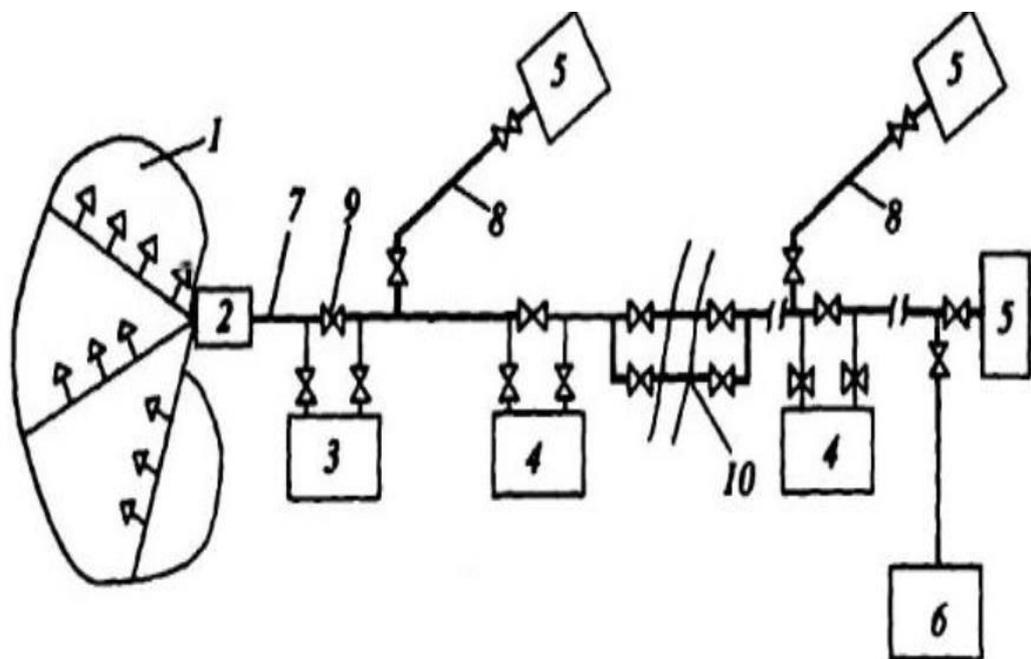


Figure 1. Composition of main gas pipeline structures [1]: 1 - gas collection networks; 2 - gas recovery point; 3 - head structures; 4 - compressor station; 5 - gas

distribution station; 6 - underground storage facilities; 7 - is the main line; 8 - branch  
9 - linear fittings; 10 - is a two-track crossing through a water barrier.

Gas pipelines may be divided into two classes by working pressure:

- I at a working pressure of 2.5 - 10.0 Mpa.
- II at a working pressure of 1.2 - 2.5 Mpa.

The priority for laying the pipeline is underground. Exceptionally, it is laid over natural or artificial obstacles, with the mandatory use of supports. In the construction of a pipeline from the mine site, one gas pipeline corridor is permitted.

The linear parts of the pipeline shall be distinguished as follows:

1) A simple, distinguishing feature of this type is the constant diameter throughout the entire pipeline with a single point of gas extraction without compression, therefore the distance with not a significant and single consumer.

2) Telescopic, the name implies that these pipes have at least two different pipe diameters, that the initial section is smaller than for further sections to reduce internal pressure, and that a single compressor station can be used.

3) The multi-filament, distinguishing feature is up to three additional parallel filaments of identical or different diameters, forming a common system of gas pipelines, if the method is accepted only at a certain interval, then they are called loopings.

4) Annular, designed to increase the stability and reliability of the gas supply system of cities.

In order to maintain a constant hydraulic efficiency factor, the gas pipeline is cleaned without stopping the operation of the gas pipeline.

In order to minimise the likelihood of hydration forming, the methanol pipeline is filled with special devices installed at the linear crane.

The back-up thread shall be electrically connected to the gas pipeline and if it is operated at the same working pressure by the main thread and has no difference in diameter, it shall be allowed to be situated in the same technical corridor.

The purification units are placed together with the units of the compressor station (COP). The sensors for tracking the devices themselves shall be installed one

kilometre after the start and end of the cleaning unit where the collection cavities for the cleaning products are located, the volume of such cavities shall depend on the polluted gas and the frequency of the cleaning operations, but for a gas pipeline with a diameter of 1200 mm inclusive, a volume of 290 m<sup>3</sup> and a diameter of 500 mm.

The aim of the compressor station is to increase the pressure by removing various undesirable impurities, compressing the gas, cooling the gas, to the working or design pressure.

For the COP, there are two types of additional equipment to be sent: to maintain stable performance and to service facilities.

The support equipment of the COP can be divided into two groups: that for the normal operation of the GPA and the maintenance facilities:

- equipment for cooling the gas after it has left the superchargers (AVG);
- installation of lubricating systems and sealing for centrifugal superchargers;
- regulation and protection of the GPA;
- oil cooling system equipment;
- equipment of the system for preparation of fuel, starting and pulse gas.

The second group of COP support equipment is:

- installation of water, sewerage, communications, tele-mechanics and electricity systems;

the COP has three main functions:

- gas purification;
- gas compression;
- cooling temperatures of natural gases.

#### 1. Gas purification.

The liquid and dust enter the CS together with the gas pumped from the well for onward transfer.

For minimizing pipe contamination and reducing compressor wear, cyclone-type precipitators are mainly used, without the use of additional liquids, mainly using only one step of cleaning. However, in the case of high-impact accidents and

underwater transfers over half a kilometre, an additional second stage is established. Pressure loss instrumentation is mandatory.

## 2. Gas compression.

In order to compress the gas, the CS is equipped with gas pumping units (GPA) consisting of a compressor and an actuating engine. GPA with piston and centrifugal compressors are used at the COP.

## 3. Gas cooling.

Cooling is an essential part of the compression process in the COP, in order to avoid overheating and improve the reliability of the whole trunk system in diameter of one metre.

Cooling occurs in two ways: air or water. In modern times, by a common method, an air-cooling apparatus is a system of pipes with a small radius cooled by air streams created by fans. Cooling occurs up to forty-five degrees, using an air temperature of at least thirty-five degrees, as the air cools the gas by ten fifteen degrees.

## **2. Technological characteristics of the main gas pipeline**

### **«Messoyakha - Norilsk»**

The deposits of Messoyakh began to be developed with the aim of providing a quick supply of gas «Norilsk Mining and Metallurgical Plant» in the late sixties of the last century, this exploitation became the first object of similar type behind the polar circle.

The construction of the gas pipeline «Messoyakha - Norilsk» took place in two years, the length of the structure 263 kilometers and the diameter of 720 mm, further the methods developed for conditions of perennial soils, have been applied in other constructions with the aim of increasing the reliability of minimizing the negative impact on the environment.

Prior to the construction, there was not enough experience of building large-scale gas transportation systems in the peculiar conditions of the extreme north, and the solution to a strategic energy problem, design and construction was carried out in-situ by means of on-site design, reducing drawing times several times.

In the construction of the gas pipeline line, the main focus in the design was the introduction of the newest technologies, at the time, that are crucial to the construction difficulties in the extreme north.

One of the main tasks was to optimize the pipeline route in such a way that the reliability of the project itself is not compromised. The route crosses 86 rivers, 15 lakes and marshes. The great difficulty was the suppression of Yenisey, Big and Little Heta.

Another challenge was to identify and select suitable equipment and raw materials to maintain performance under low temperatures, but most were suitable for operation up to minus forty degrees, which did not allow for Thai frost.

## **2.1. Topography of the area**

The main gas pipeline «Messoyakha - Norilsk» has a length of about 263 km, extending through the Taimyrsk (Dolgano-Nenets) autonomous district of Krasnoyarsk territory (fig. 2).

The topography of the terrain where the pipeline is located represents a low hilly surface with a height above sea level of 100-180 meters.

On both sides of the Yenisei River the banks are in places with declines of up to 75 meters. A shallow sandy lake tundra begins from the shore. Most of the lake basins are thermocarized.

The most typical of these are geological and geomorphological formations. In addition to changing the phases above the permafrost waters for the same reasons, there is also a variable hydraulic mode, passing from the free waters of the summer season to the waters pressure when the seasonal thawing layer is frozen. Permafrost waters do not constitute a single underground stream with a continuous mirror, which creates a marshy soil, and peat cover extends over a large area.

There are no active seismic generating structures within the region that would be potentially hazardous due to the occurrence of major earthquakes within the region. The seismicity of the area is 5 points.

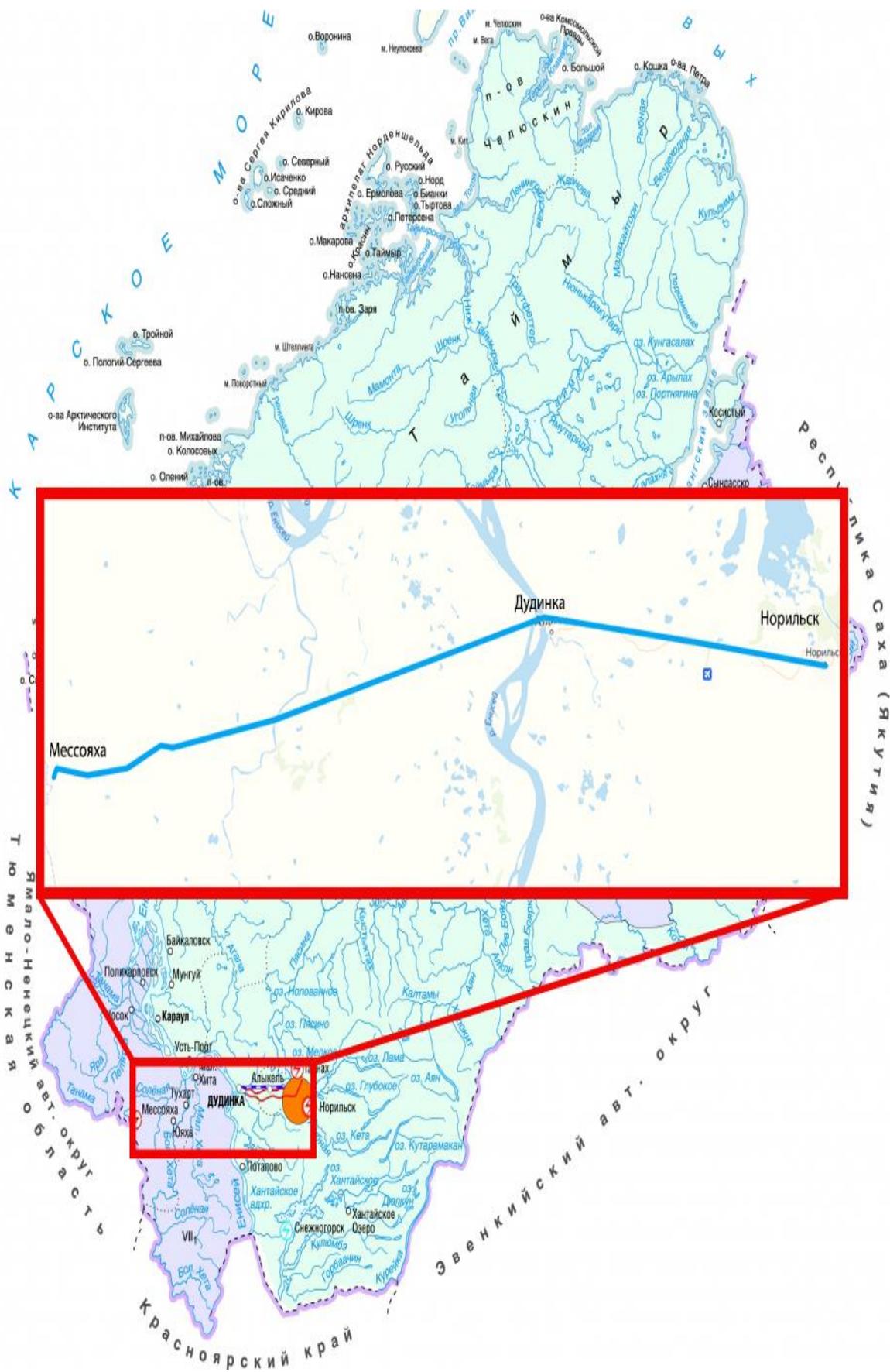


Figure 2. Location of MG «Messoyakha - Norilsk» on the map of the Taimyr Autonomous Region.

## 2.2. Boundaries of restricted health protection zones

The pipeline has no fencing, as there are no restricted areas and the area covered by the pipeline is not prohibited until outsiders have passed through.

In order to ensure safe operation and minimize the probability of occurrence of accidents and collateral damage, protection zones have been established in accordance with the «Rules for protection of main pipelines».

The protection zones of the main gas pipeline are limited to 25 meters from the axis of the pipeline by conditional lines [2].

The protected areas are prohibited from carrying out construction, agricultural and other land works which can be depressurized or otherwise damaged without prior agreement with the gas pipeline managers. The perimeter shall be marked with earth-moving and explosive marks.

A minimum safe distance from the pipeline and its gas distribution stations to industrial and agricultural facilities and from all infrastructures is often used for normal operation. The influence of the gas pipeline class and its diameter, as well as another major factor in the social importance of the facility, are influences on the determination of the distance.

The following table (table.1) shows the ICR values for the first class linear gas pipeline and the different diameters [3].

Table 1 - Minimum safe distances for gas pipelines [3]

Diameter of gas lines of class 1, mm	up to 300	300- 600	600- 800	800- 1000	1000- 1200	1200- 1400
ICBM from class 1 gas pipeline, m	100	150	200	250	300	350

Based on the data and analyzing the table for the main pipeline «Messoyakha - Norilsk» the minimum distance from 200 meters.

The size of the sanitary-protection zone for the main gas pipeline «Messoyakha - Norilsk» coincides with the minimum safe distance.

### **2.3. Natural and climatic conditions in the main pipeline area**

In the Dalgano-Nenets region, the climate is extremely continental, with an average temperature of minus 9.8 degrees.

The winter period is fairly long 240-250 days, of these days about 4-5 months average temperature does not exceed minus 20 degrees, and varies from -17 to -19 degrees. January is the coldest month with a minimum temperature of minus 64 degrees, with an average temperature of -30 °C.

The duration of the warm period is 115-120 days, it is rainy and cold, the average temperature of the air of this period is 14 degrees. July is the warmest month in June, with an average monthly temperature of 17.5 °C at a maximum temperature of 32 degrees.

Based on this, the fluctuation during the year is 96 degrees. Also in such an area, there is not a constant weather, which often and unexpectedly changes the weather, which is not similar to the general seasons. Temperature changes in spring and autumn occur in a short period of time, in just two to three weeks. Relative humidity of air 68-78%.

Precipitation from the end of the last month of spring to the beginning of autumn falls about 70% of the total, 400-800 mm. The number of days with rainfall varies from 140 to 195 days.

The snow cover lasts for 245 days, from late September to early June. In the hilly terrain, the snow cover is 0.6 metres high and in the remaining areas, it reaches 8-9 metres.

The wind speed for this area is 7 m/s, up to a maximum of 45 m/s, and the direction in winter is south-east and east, and in summer is replaced by north-east and north. In nearby populated areas and on the plain, wind speeds are much lower than in the mountains.

The polar night lasts from 26 November to 13 January, the polar day from 20 May to 20 July.

## 2.4. Emergency situations of the main gas pipeline

### «Messoyakha - Norilsk»

Since the construction of the main gas pipeline «Messoyakha - Norilsk» there have been three major accidents.

Prior to 1978, there were four local accidents on the pipeline. However, the largest accident occurred here in February 1979 (figure 3). In the district of Messoakhi, at a temperature of minus fifty degrees, the gas pipeline thread ruptured. As a result of a sharp drop in pressure, the deforming wave spread over 58 kilometres.

More than 40 kilometres of pipeline were destroyed in a matter of minutes. The city was left without heat for several days, due to the accident at the gas pipeline the combine had to use reserve diesel fuel and coal. This was the first time that the issue of possible evacuation was raised.



Figure 3. Gas pipeline accident in 1979

The next major accident on the Messoach gas pipeline, Norilsk, occurred on the night of 14-15 November 1989 (figure 4). Four miles of main tubes are out.

According to available data, the rupture of the pipes was caused by a sharp temperature change - the temperature dropped from minus 7 to minus 40 degrees within 24 hours.



Figure 4. Gas pipeline accident 14-15 November 1989

The last major accident occurred on the «Messoyakha-Norilsk» gas pipeline at the night of 20-21 October 2010. The rupture of the pipes was caused by a sharp temperature change - the temperature dropped from minus 2 to minus 45 degrees within 24 hours.