

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

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)  
 Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»  
 Отделение нефтегазового дела

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

| Тема работы  |
|--|
| Повышение эксплуатационной надежности магистрального газопровода в условиях эксплуатации Крайнего Севера |

УДК 62.691.4.053(211-17)

Студент

| Группа | ФИО                     | Подпись | Дата       |
|--------|-------------------------|---------|------------|
| 3-2Б6А | Петров Алексей Иванович |         | 10.06.2021 |

Руководитель

| Должность       | ФИО                           | Ученая степень, звание | Подпись | Дата       |
|-----------------|-------------------------------|------------------------|---------|------------|
| Доцент ОНД ИШПР | Чухарева Наталья Вячеславовна | к.х.н., доцент         |         | 10.06.2021 |

### КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность            | ФИО                      | Ученая степень, звание | Подпись | Дата       |
|----------------------|--------------------------|------------------------|---------|------------|
| Доцент ОСГН ШБИП ТПУ | Клемашева Елена Игоревна | к.э.н., доцент         |         | 10.06.2021 |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность                 | ФИО                     | Ученая степень, звание | Подпись | Дата       |
|---------------------------|-------------------------|------------------------|---------|------------|
| Старший преподаватель ОДД | Гуляев Милий Всеволович |                        |         | 10.06.2021 |

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Руководитель ООП | ФИО                        | Ученая степень, звание | Подпись | Дата       |
|------------------|----------------------------|------------------------|---------|------------|
| Доцент ОНД ИШПР  | Брусник Олег Владимирович. | к.п.н., доцент         |         | 10.06.2021 |

*Планируемые результаты обучения*

| <i>Код результата</i>  | <i>Результат обучения<br/>(выпускник должен быть готов)</i>   | <i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>   |
|--|---|---|
| <b><i>В соответствии с универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями</i></b> |   |   |
| <b><i>Общие по направлению подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»</i></b>                             |   |   |
| P1   | Применять базовые естественнонаучные, социально-экономические, правовые и специальные знания в области нефтегазового дела, самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности                  | <i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК(У)-1, УК(У)-2, УК(У)-3, УК(У)-6, УК(У)-7, ОПК(У)-1, ОПК(У)-2)</i>   |
| P2   | Решать профессиональные инженерные задачи на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности  | <i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК(У)-4, УК(У)-5, УК(У)-8, ОПК(У)-5, ОПК(У)-6)</i>   |
| <i>в области производственно-технологической деятельности</i>  |   |   |
| P3   | Осуществлять и корректировать технологические процессы при эксплуатации и обслуживании оборудования нефтегазовых объектов   | <i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ПК(У)-1, ПК(У)-2, ПК(У)-3, ПК(У)-6, ПК(У)-7, ПК(У)-8, ПК(У)-10, ПК(У)-11)</i>  |
| P4   | Выполнять работы по контролю промышленной безопасности при проведении технологических процессов нефтегазового производства и применять принципы рационального использования природных ресурсов, а также защиты окружающей среды в нефтегазовом производстве | <i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ПК(У)-4, ПК(У)-5, ПК(У)-9, ПК(У)-12, ПК(У)-13, ПК(У)-14, ПК(У)-15)</i>   |
| <i>в области организационно-управленческой деятельности</i>  |   |   |
| P5   | Получать, систематизировать необходимые данные и проводить эксперименты с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий для решения расчетно-аналитических задач в области нефтегазового дела                                  | <i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ПК(У)-4, ПК(У)-23, ПК(У)-24)</i>   |
| P6   | Использовать стандартные программные средства для составления проектной и рабочей и технологической документации в области нефтегазового дела   | <i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК(У)-2, ОПК(У)-3, ОПК(У)-5, ОПК(У)-6, ПК(У)-25, ПК(У)-26)</i>   |
| <i>в области экспериментально-исследовательской деятельности</i>                                       |   |   |
| P7   | Применять диагностическое оборудование для проведения технического диагностирования объектов ЛЧМГ и ЛЧМН  | <i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК(У)-4, ОПК(У)-5, ПК(У)-9, ПК(У)-14), требования профессионального стандарта 19.016 "Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов".</i> |

| <i>Код результата</i>   | <i>Результат обучения<br/>(выпускник должен быть готов)</i>  | <i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>  |
|---|--|--|
| <i>в области проектной деятельности</i>   |  |  |
| P8  | Выявлять неисправности трубопроводной арматуры, камер пуска и приема внутритрубных устройств, другого оборудования, установленного на ЛЧМГ и ЛЧМН.             | <i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК(У)-5, ОПК(У)-6, ПК(У)-9, ПК(У)-11), требования профессионального стандарта 19.010 "Специалист по транспортировке по трубопроводам газа".</i>  |
| <b>Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»</b> |  |  |
| P9  | Владеть методами и средствами для выполнения работ по техническому обслуживанию, ремонту, диагностическому обследованию оборудования, установок и систем НППС. | <i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК(У)-6, ОПК(У)-7, ПК(У)-4, ПК(У)-7, ПК(У)-13), требования профессионального стандарта 19.055" Специалист по эксплуатации нефтепродуктоперекачивающей станции магистрального трубопровода нефти и нефтепродуктов".</i> |

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

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)  
 Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и  
продуктов переработки»  
 Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП ОНД ИШПР

\_\_\_\_\_ Брусник О.В.  
 (Подпись)                      (Дата)                      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

|                     |
|---------------------|
| бакалаврской работы |
|---------------------|

Студенту:

| Группа | ФИО                       |
|--------|---------------------------|
| 3-2Б6А | Петрову Алексею Ивановичу |

Тема работы:

|  |                         |
|--|-------------------------|
| Повышение эксплуатационной надежности магистрального газопровода в условиях эксплуатации Крайнего Севера |                         |
| Утверждена приказом директора (дата, номер)  | №36-77/с от 05.02.2021г |

|  |            |
|--|------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 20.05.2021 |
|--|------------|

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

|  |   |
|--|---|
| <p><b>Исходные данные к работе</b><br/> <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>        | <p>В качестве конкретного примера был исследован участок газопровода «Мастах – Берге – Якутск» в целях определения температуры охлаждения газа ТОХЛ при известных технических характеристиках АВО.</p>  |
| <p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b><br/> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Литературный обзор             <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1 Осложняющие процессы характерные для магистрального газопровода, проложенного в условия Крайнего Севера.</li> <li>2) Характеристика участка магистрального газопровода</li> <li>3) Технологические расчёты участка магистрального газопровода (диаметр трубы, толщина стенки, изоляционное покрытие и т.д.)</li> <li>4) Возникающие проблемы (методика, методы исследования)</li> <li>5) Пути решения проблемы</li> </ol> </li> </ol> |

|  |  |
|--|--|
|  | 6) Расчетные подтверждения<br>7) Оценка ресурсоэффективности и ресурсосбережения;<br>8) Требования охраны труда, промышленной, пожарной и экологической безопасности.  |
| <b>Перечень графического материала</b><br><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>        | Схема реализации изгибных напряжений трубопровода во время промерзания-оттаивания грунтов<br>Нарушение проектного положения газопровода, разрушение обваловки в результате развития процесса пучения<br>Деформации ростверков свайных опор надземных трубопроводов при воздействии пучения грунтов<br>Изгибные деформации газопровода при всплытии под действием термокарста<br>Результаты расчета температуры охлажденного газа на выходе из аппарата воздушного охлаждения |
| <b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b><br><i>(с указанием разделов)</i> |  |
| <b>Раздел</b>  | <b>Консультант</b>   |
| «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»                                  | Клемашева Елена Игоревна, к.э.н., доцент   |
| «Социальная ответственность»   | Гуляев Милий Всеволодович., старший преподаватель ОДД  |
|  |  |
| <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> | 11.01.2021 |
|---|------------|

**Задание выдал руководитель:**

| Должность  | ФИО                           | Ученая степень, звание | Подпись | Дата       |
|------------|-------------------------------|------------------------|---------|------------|
| Доцент ОНД | Чухарева Наталья Вячеславовна | к.х.н., доцент         |         | 11.01.2021 |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                     | Подпись | Дата       |
|--------|-------------------------|---------|------------|
| 3-2Б6А | Петров Алексей Иванович |         | 11.01.2021 |

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

Студенту:

|               |                         |
|---------------|-------------------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>              |
| 3-2Б6А        | Петров Алексей Иванович |

|                            |             |                                  |                            |
|----------------------------|-------------|----------------------------------|----------------------------|
| <b>Школа</b>               | ИШПР        | <b>Отделение школы (НОЦ)</b>     | Нефтегазовое дело          |
| <b>Уровень образования</b> | Бакалавриат | <b>Направление/специальность</b> | 21.03.01 Нефтегазовое дело |

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

|   |   |
|---|---|
| 1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i> | <i>Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами</i> |
| 2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>   | <i>Районный коэффициент – 1,3<br/>Накладные расходы – 16%</i>   |
| 3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>                                  | <i>Страховые взносы - 30,2%</i>   |

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

|   |   |
|---|---|
| 1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i> | <i>Описание потенциальных потребителей результатов исследования<br/>Анализ конкурентных технических решений<br/>Технология QuaD<br/>SWOT-анализ</i> |
| 2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>  | <i>Структура работ в рамках научного исследования<br/>Определение трудоемкости<br/>Бюджет научного исследования</i>                                 |
| 3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>        | <i>Показатель ресурсоэффективности проекта</i>  |

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

|                                 |
|---------------------------------|
| 1. <i>Карта сегментирования</i> |
| 2. <i>Матрица SWOT</i>          |
| 3. <i>График проведения НИ</i>  |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b> | 16.02.2021 |
|---|------------|

**Задание выдал консультант:**

|                         |                             |                               |                |             |
|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| <b>Должность</b>        | <b>ФИО</b>                  | <b>Ученая степень, звание</b> | <b>Подпись</b> | <b>Дата</b> |
| доцент ОСГН ШБИП<br>ТПУ | Клемашева Елена<br>Игоревна | к.э.н., доцент                |                | 16.02.2021  |

**Задание принял к исполнению студент:**

|               |                         |                |             |
|---------------|-------------------------|----------------|-------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>              | <b>Подпись</b> | <b>Дата</b> |
| 3-2Б6А        | Петров Алексей Иванович |                | 16.02.2021  |

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

|                     |             |                           |                                |
|---------------------|-------------|---------------------------|--------------------------------|
| Группа              |             | ФИО                       |                                |
| 3-2Б6А              |             | Петров Алексей Иванович   |                                |
| Школа               | ИШПР        | Отделение (НОЦ)           | Геологии                       |
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/специальность | 21.03.01.<br>Нефтегазовое дело |

Тема ВКР:

|   |  |
|---|--|
| <b>«Повышение эксплуатационной надежности магистрального газопровода в условиях Крайнего Севера»</b>  |  |
| <b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>  |  |
| 1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения  | Вещество – природный газ (метан). Работы будут производиться в дневное время суток. Проведение анализа опасных и вредных факторов. Разработка мероприятий по их устранению. Рассмотрение вопросов по электробезопасности, безопасности в чрезвычайных ситуациях и правовые и организационные вопросы.  |
| Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:  |  |
| <b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018)</li> <li>– ПБ 08-37-2005 Правила безопасности при геологоразведочных работах</li> <li>– ГОСТ 19605-74 Организация труда. Основные понятия. Термины и определения</li> <li>– ГОСТ Р ИСО 9241-110-2009 Эргономика взаимодействия человек-система. Часть 110. Принципы организации диалога</li> <li>– ГОСТ Р ИСО 14738-2007 Безопасность машин. Антропометрические требования при проектировании рабочих мест машин</li> <li>– ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования</li> </ul> |
| <b>2. Производственная безопасность:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>2.1. Анализ потенциального воздействия опасных и вредных производственных факторов</li> <li>2.2. Обоснование мероприятий по снижению потенциального воздействия опасных и вредных производственных факторов</li> </ul>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Повышенный уровень шума.</li> <li>2. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны.</li> <li>3. Неудовлетворительные метеорологические условия на рабочем месте.</li> <li>4. Недостаточная освещённость рабочей зоны.</li> </ul>   |
| <b>3. Экологическая безопасность:</b>   | <p>Выброс газа в атмосферу.<br/>Воздействие на плодородный слой почвы.<br/>Не допускать слив воды и других веществ в реки и озера.</p>   |

|  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| <b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>     | Пожар или взрыв на рабочем месте. |
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | 17.02.2021                        |

**Задание выдал консультант:**

| Должность             | ФИО                       | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата       |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|---------|------------|
| Старший преподаватель | Гуляев Милий Всеволодович | -                         |         | 17.02.2021 |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                     | Подпись | Дата       |
|--------|-------------------------|---------|------------|
| 3-2Б6А | Петров Алексей Иванович |         | 17.02.2021 |



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

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)  
 Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»  
 Уровень образования бакалавриат  
 Отделение нефтегазового дела  
 Период выполнения \_\_\_\_\_ (осенний / весенний семестр 2020/2021 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

|  |            |
|--|------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 20.05.2021 |
|--|------------|

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)            | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|--|------------------------------------|
| 21.01.2021    | <i>Краткая физико-географическая характеристика района работ</i> | 10                                 |
| 25.02.2021    | <i>Анализ существующих технологий, техники и организации</i>     | 25                                 |
| 14.03.2021    | <i>Расчетная часть</i>   | 20                                 |
| 30.03.2021    | <i>Финансовый менеджмент</i>                                     | 10                                 |
| 15.04.2021    | <i>Социальная ответственность</i>                                | 10                                 |
| 02.05.2021    | <i>Заключение</i>  | 5                                  |
| 20.05.2021    | <i>Презентация</i>   | 10                                 |
|               | <i>Итого</i>   | 100                                |

Составил преподаватель:

| Должность       | ФИО                            | Ученая степень, звание | Подпись | Дата       |
|-----------------|--------------------------------|------------------------|---------|------------|
| Доцент ОНД ИШПР | Чухарева Наталья Вячеславовна. | к.х.н., доцент         |         | 11.01.2021 |

**СОГЛАСОВАНО:**

| Руководитель ООП | ФИО                       | Ученая степень, звание | Подпись | Дата       |
|------------------|---------------------------|------------------------|---------|------------|
| Доцент ОНД ИШПР  | Брусник Олег Владимирович | к.п.н., доцент         |         | 11.01.2021 |

## Определения, сокращения, нормативные ссылки

Мерзлый грунт – грунт, который имеет в своем составе лед и имеет субнулевую или отрицательную температуру.

Магистральный газопровод – собой трубопровод и ответвления от него с диаметром в диапазоне от 0,2 м. до 1,4 м, длина не менее 50 км.

### Сокращения:

АВО – аппарат воздушного охлаждения

ГКМ – газоконденсатное месторождение

МГ – магистральный газопровод

ММГ – многолетнемерзлый грунт

СВГКМ – Средне-Вилуйское газоконденсатное месторождение

СТС – сезонно талый слой

### Нормативные ссылки:

ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности

ГОСТ 12248-2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. - Взамен ГОСТ 12248-96 и ГОСТ 24143-80; Введ. 2012-01-01. Москва – 2012. – С. 25.

ГОСТ 12.1.012-90 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.4.221-2002 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Одежда специальная для защиты от повышенных температур теплового излучения, конвективной теплоты. Общие технические требования

| Изм        | Лист | № докум       | Подпись | Дата |   |                       |      |        |
|------------|------|---------------|---------|------|---|-----------------------|------|--------|
|            |      |               |         |      | <i>Повышение эксплуатационной надежности магистрального газопровода в условиях эксплуатации Крайнего Севера</i> |                       |      |        |
| Разраб.    |      | Петров А.И.   |         |      |   |                       |      |        |
| Руковод.   |      | Чухарева Н.В. |         |      | <i>Определения, сокращения,<br/>нормативные ссылки</i>  | Лит.                  | Лист | Листов |
| Консульт.  |      |               |         |      |   |                       | 10   | 114    |
| Рук-ль ООП |      | Брусник О.В.  |         |      |   | <i>ТПУ гр. 3-2Б6А</i> |      |        |

ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум.  
 Общие требования безопасности

ГОСТ 12.0.003-74 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).  
 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).  
 Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление

ГОСТ 17.5.3.04-83 «Земли. Общие требования к рекультивации земель»

ГОСТ 12.1.019-79 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).  
 Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение

СНиП 23-03-2003 Защита от шума

ПБ 08-37-2005 Правила безопасности при геологоразведочных работах

Правила безопасности при эксплуатации магистральных газопроводов,  
 утвержденных 16.03.1984 Мингазпромом

|             |             |                 |                |             |  |             |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|--|-------------|
|             |             |                 |                |             | <i>Определения, сокращения, нормативные ссылки</i> | <i>Лист</i> |
|             |             |                 |                |             |  | 11          |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |  |             |

## Оглавление

|  |    |
|--|----|
| Реферат .....  | 14 |
| Abstract .....   | 15 |
| Введение.....  | 16 |
| 1 Обзор литературы .....   | 18 |
| 1.1 Особенности грунтов в районах Крайнего Севера .....  | 18 |
| 1.2 Осложняющие процессы, характерные для магистрального газопровода, проложенного в условия Крайнего Севера.....                                      | 29 |
| 2 Характеристика участка магистрального газопровода .....  | 39 |
| 3 Технологические расчёты участка магистрального газопровода .....   | 45 |
| 3.1 Проблемы, возникающие в ходе эксплуатации магистральных газопроводов в условиях Крайнего Севера .....  | 45 |
| 3.2 Пути решения выявленных проблем в эксплуатации магистрального газопровода .....  | 51 |
| 3.3 Расчет температуры газа на выходе из аппарата воздушного охлаждения для определенного участка газопровода с известными характеристиками газа ..... | 58 |
| 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....   | 77 |
| 4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....          | 77 |
| 4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....   | 77 |
| 4.1.2 Анализ конкурентных технических решений .....  | 78 |
| 4.1.3 Технология QuaD .....  | 80 |
| 4.1.4 SWOT-анализ.....   | 81 |
| 4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....   | 82 |
| 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....   | 82 |

|                   |             |                      |                |             |   |                       |             |               |
|-------------------|-------------|----------------------|----------------|-------------|---|-----------------------|-------------|---------------|
|                   |             |                      |                |             | <i>Повышение эксплуатационной надежности магистрального газопровода в условиях эксплуатации Крайнего Севера</i> |                       |             |               |
| <i>Изм</i>        | <i>Лист</i> | <i>№ докум</i>       | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |   |                       |             |               |
| <i>Разраб.</i>    |             | <i>Петров А.И.</i>   |                |             | <i>Оглавление</i>   | <i>Лит.</i>           | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| <i>Руковод.</i>   |             | <i>Чухарева Н.В.</i> |                |             |   |                       | 12          | 114           |
| <i>Консульт.</i>  |             |                      |                |             |   |                       |             |               |
| <i>Рук-ль ООП</i> |             | <i>Брусник О.В.</i>  |                |             |   | <i>ТПУ гр. 3-2Б6А</i> |             |               |

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 4.2.2   | Определение трудоемкости.....   | 83  |
| 4.2.3   | Разработка графика проведения научного исследования .....   | 85  |
| 4.2.4   | Бюджет научного исследования .....  | 87  |
| 4.2.4.1 | Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ .....                                     | 87  |
| 4.2.4.2 | Основная заработная плата исполнителей темы .....   | 87  |
| 4.2.4.3 | Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....  | 90  |
| 4.2.4.4 | Отчисления во внебюджетные фонды .....  | 91  |
| 4.2.4.5 | Накладные расходы.....  | 91  |
| 4.2.4.6 | Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта ....                                    | 92  |
| 4.2.5   | Расчет затрат на выполнение работ.....  | 92  |
| 4.3     | Определение ресурсоэффективности проекта .....  | 93  |
| 5       | Социальная ответственность .....  | 95  |
| 5.1     | Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....                                     | 96  |
| 5.1.1   | Специальные правовые нормы трудового законодательства.....  | 96  |
| 5.1.2   | Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .....   | 97  |
| 5.2     | Производственная безопасность.....  | 98  |
| 5.2.1   | Анализ выявленных вредных и опасных факторов.....   | 99  |
| 5.2.2   | Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работников..... | 104 |
| 5.3     | Экологическая безопасность.....   | 107 |
| 5.4     | Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....  | 108 |
|         | Заключение .....  | 114 |
|         | Список литературы .....   | 116 |

## Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит за 116 страниц, 7 рисунков, 20 таблиц, 25 источников литературы.

*Ключевые слова:* магистральный газопровод, Крайний Север, многолетнемерзлые грунты, термокарст, пучение грунтов.

*Объект исследования:* магистральный газопровод «Мастах-Берге-Якутск».

*Цель работы:* поиск путей повышения надежности эксплуатации магистральных газопроводов в условиях Крайнего Севера.

*В процессе исследования проводились:* исследование осложняющих процессов, характерных для магистрального газопровода, проложенного в условия Крайнего Севера, анализ проблем, возникающих в ходе эксплуатации магистральных газопроводов в условиях Крайнего Севера, поиск путей решения выявленных проблем в эксплуатации МГ, расчет температуры газа на выходе из АВО для определенного участка газопровода с известными характеристиками газа.

*В результате исследования:* проведен расчет температуры газа на выходе из АВО для определенного участка газопровода с известными характеристиками газа на входе в АВО и температурой грунта. Сделан вывод, что температура транспортируемого газа очень сильно влияет на процесс «оттаивания» грунтов. Из этого следует, что на производстве необходимо применять самые передовые аппараты воздушного охлаждения газа для достижения максимального охлаждения транспортируемого продукта (газа).

*Область применения:* магистральные газопроводы.

| Изм        | Лист | № докум       | Подпись | Дата | Повышение эксплуатационной надежности магистрального газопровода в условиях эксплуатации Крайнего Севера |  |                |     |
|------------|------|---------------|---------|------|--|--|----------------|-----|
| Разраб.    |      | Петров А.И.   |         |      | Реферат  |  | Лист           |     |
| Руковод.   |      | Чухарева Н.В. |         |      |  |  | 14             | 114 |
| Консульт.  |      |               |         |      |  |  | ТПУ гр. 3-2Б6А |     |
| Рук-ль ООП |      | Брусник О.В.  |         |      |  |  |                |     |

## Abstract

The final qualifying work consists of 116 pages, 7 figures, 20 tables, 25 sources of literature.

*Keywords:* main gas pipeline, Far North, permafrost, thermokarst, soil heaving.

*Object of research:* Mastakh-Berge-Yakutsk main gas pipeline.

*The purpose of the work:* to find ways to improve the reliability of operation of main gas pipelines in the conditions of the Far North.

*In the course of the study, the following were carried out:* the study of complicating processes characteristic of the main gas pipeline laid in the conditions of the Far North, the analysis of problems arising during the operation of the main gas pipelines in the conditions of the Far North, the search for solutions to the identified problems in the operation of the MG, the calculation of the gas temperature at the exit from the ABO for a certain section of the gas pipeline with known gas characteristics.

*As a result of the study:* the gas temperature at the outlet of the ABO was calculated for a certain section of the gas pipeline with known characteristics of the gas at the inlet.

| Изм        | Лист | № докум       | Подпись | Дата | Повышение эксплуатационной надежности магистрального газопровода в условиях эксплуатации Крайнего Севера |                |        |     |
|------------|------|---------------|---------|------|--|----------------|--------|-----|
| Разраб.    |      | Петров А.И.   |         |      | Abstract   | Лист           | Листов |     |
| Руковод.   |      | Чухарева Н.В. |         |      |  |                | 15     | 114 |
| Консульт.  |      |               |         |      |  | ТИУ гр. 3-2Б6А |        |     |
| Рук-ль ООП |      | Брусник О.В.  |         |      |  |                |        |     |

## Введение

Возникновение большого количества аварий и отказов оборудования обуславливает необходимость анализа проблемы повышения надежности эксплуатации на газопроводах, расположенных в районах Крайнего Севера. Подобные аварии в данной местности приводят к значительным экономическим и экологическим потерям.

Магистральные газопроводы, проложенные на территории Крайнего Севера, эксплуатируются в области распространения многолетнемерзлых грунтов. Общее техническое состояние линейной части данных газопроводов каждый год ухудшается, их эксплуатационный ресурс практически исчерпан. Газопроводы эксплуатируются в суровых природно-климатических условиях. Это, прежде всего широкий интервал температур от +40 °С, в летний период, до -60 °С в зимний период, а также наличие криогенных процессов, речные и болотные переходы, которые создают нестабильное напряженно-деформированное состояние.

Повышенный риск аварий и отказов при эксплуатации нефте- и газопроводов в зоне вечной мерзлоты объективно связан с проблемой обеспечения надежности и безопасности трубопроводного транспорта.

Строительство нефте- и газопроводов на территории распространения вечной мерзлоты характеризуется значительными экономическими потерями. В таких специфических климатических и рельефных условиях обеспечение надежной и безопасной эксплуатации газопроводов является актуальной задачей.

Целью исследования является поиск путей повышения надежности эксплуатации магистральных газопроводов в условиях Крайнего Севера.

| Изм        | Лист | № докум       | Подпись | Дата |   |      |        |
|------------|------|---------------|---------|------|---|------|--------|
|            |      |               |         |      | <i>Повышение эксплуатационной надежности магистрального газопровода в условиях эксплуатации Крайнего Севера</i> |      |        |
| Разраб.    |      | Петров А.И.   |         |      |   |      |        |
| Руковод.   |      | Чухарева Н.В. |         |      | Лит.  | Лист | Листов |
| Консульт.  |      |               |         |      |   | 16   | 114    |
| Рук-ль ООП |      | Брусник О.В.  |         |      | <i>Введение</i>   |      |        |
|            |      |               |         |      |   |      |        |
|            |      |               |         |      | <i>ТПУ гр. 3-2Б6А</i>   |      |        |



Основные задачи данной работы:

- Исследование осложняющих процессов, характерных для магистрального газопровода, проложенного в условия Крайнего Севера
- Анализ проблем, возникающих в ходе эксплуатации магистральных газопроводов в условиях Крайнего Севера
- Поиск путей решения выявленных проблем в эксплуатации МГ
- Расчет температуры газа на выходе из АВО для определенного участка газопровода с известными характеристиками газа.

|             |             |                 |                |             |                 |             |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|-----------------|-------------|
|             |             |                 |                |             | <i>Введение</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |                 | 17          |

# 1 Обзор литературы

## 1.1 Особенности грунтов в районах Крайнего Севера

Если грунт имеет в своем составе лед и имеет субнулевою или отрицательную температуру, то такой грунт можно называть мерзлым.

Подобные грунты причисляют к многолетнемерзлым (вечномерзлым), при условии что они на протяжении многих лет (три и больше) находятся в состоянии мерзлоты.

В районах распространения многолетнемерзлых грунтов поверхностный слой грунта, подвергающийся сезонному промерзанию и оттаиванию, называется:

– сезоннопромерзающим — оттаивающим летом и промерзающим зимой, но не сливающийся с толщей многолетнемерзлых грунтов;

– сезоннооттаивающим — летом оттаивающий и промерзающий в зимний период полностью до слияния с толщей многолетнемерзлых грунтов.

Геоэкологические последствия нарушения теплового режима при строительстве и эксплуатации трубопроводов в зоне вечной мерзлоты приводят к антропогенному фактору (прежде всего, нарушение или полное разрушение растительного покрова, а также перераспределение снежного покрова), активации геокриологических процессов и их новообразований. Степень активации зависит от криогенной структуры мерзлых пластов, их термического состояния и их состава, от характера техногенных воздействий и особенностей ландшафта. В результате усиливается тепловой обмен в создаваемых и существующих природно-технических системах, он отдаляет вечную мерзлоту от динамического равновесия, которое развивается на разных этапах естественного развития.

| Изм        | Лист | № докум       | Подпись | Дата |   |      |        |
|------------|------|---------------|---------|------|---|------|--------|
|            |      |               |         |      | <i>Повышение эксплуатационной надежности магистрального газопровода в условиях эксплуатации Крайнего Севера</i> |      |        |
| Разраб.    |      | Петров А.И.   |         |      |   |      |        |
| Руковод.   |      | Чухарева Н.В. |         |      | Лит.  | Лист | Листов |
| Консульт.  |      |               |         |      |   | 18   | 114    |
| Рук-ль ООП |      | Брусник О.В.  |         |      | Обзор литературы<br>ТПУ гр. 3-2Б6А  |      |        |
|            |      |               |         |      |   |      |        |

Причисляемые к мерзлым грунты подразделяются по своему состоянию на следующие типы:

– твердомерзлые — прочно сцементированные льдом грунты – им характерны относительно хрупким разрушением и очень малой сжимаемостью под нагрузками;

– пластичномерзлые — сцементированные льдом грунты, однако они обладают вязкостью (они содержат значительное количество незамерзающей жидкости (воды)), эти грунты характеризуются высокой сжимаемостью под нагрузками;

– сыпучемерзлые — несцементированные льдом грунты, имеющие эту особенность из-за малой влажности (обычно это песчаные и крупнообломочные грунты).

Глубина сезонного оттаивания почв зависит от значений температуры воздуха и теплофизических свойств почв. Рельеф местности, обнажение склонов и количество твердых и жидких осадков также влияют на глубину оттаивания почв. Исходя из вышеизложенного, инженеры выбирают оптимальные маршруты для прокладки трубопроводов, состав, объемы инженерных и экологических изысканий, а также обеспечивают промышленную и экологическую безопасность на них и на прилегающих территориях. Климатические и природные условия являются важными факторами при проектировании нефтегазопромысловых трубопроводов на Крайнем Севере [2].

Сезонномерзлым, или сезонноталым, является так называемый деятельный слой, промерзающий зимой и оттаивающий летом. Термин деятельный слой получил широкое распространение среди строителей, так как он отражает важные в строительном отношении явления. В этом слое

возникают и непрерывно протекают такие физико-механические и физико-химические процессы, как выветривание, пучение, замерзание и протаивание, изменение влажности, миграция, наледеобразование и т.д., которые вредно влияют на устойчивость возводимых и эксплуатируемых сооружений.

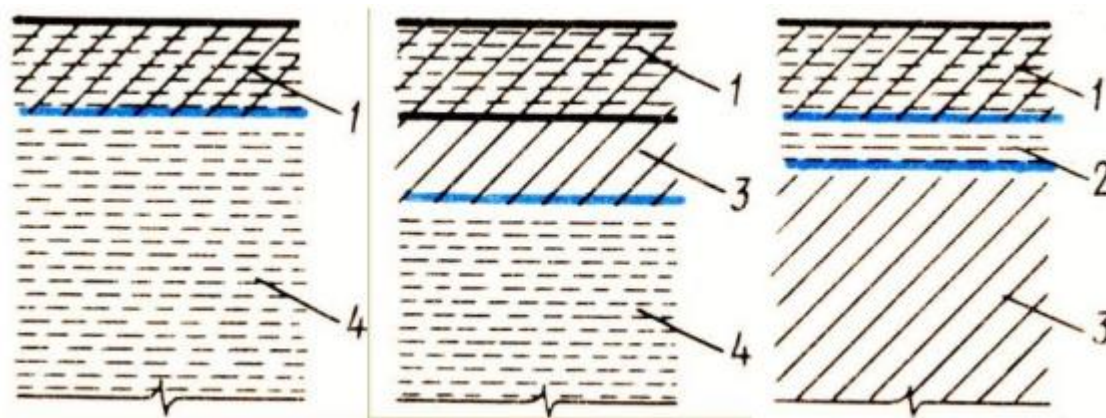


Рисунок 1 – Схема расположения грунта:

*а - слившийся деятельный слой; б - неслившийся деятельный слой;*

*в – деятельный слой с перелетком;*

*1– деятельный слой; 2 – перелеток; 3 – талый грунт; 4 – вечномёрзлый грунт.*

В зависимости от состава и толщины растительного слоя, мощности снежного покрова, продолжительности солнечного сияния и т.д. в каждом районе мощность деятельного слоя имеет значительные колебания. На формирование толщины деятельного слоя особенно влияют торфяные и моховые покровы. Во многих случаях непосредственно под торфяным покровом обнаруживается поверхность вечной мерзлоты.

На южных склонах сопок поверхность вечной мерзлоты залегает глубже, на северных приближается к дневной поверхности. В широких долинах и в котловинах поверхность вечной мерзлоты, при прочих равных условиях, залегает на большей глубине, чем на холмах, и, следовательно,

деятельный слой здесь более мощный. Во влажных почвах, в пониженных местах, покрытых растительностью, мощность деятельного слоя уменьшается по сравнению с местами, имеющими сухие почвы или холмистую местность.

В тех случаях, когда отсутствуют данные наблюдений за глубиной сезонного оттаивания, толщину деятельного слоя определяют теплотехническими расчетами.

Ниже деятельного слоя находятся вечномерзлые грунты. Вечномерзлый грунт представляет собой твердую монолитную массу способную выдержать значительные нагрузки. Если этот грунт подвергнуть воздействию положительных температур, то он теряет монолитность и снижает несущую способность. При значительном же содержании влаги он деформируется, приобретая при этом текучее состояние, и полностью теряет способность сопротивляться.

В природных условиях в районах распространения вечной мерзлоты протаивающие летом поверхностные слои подстилаются вечномерзлыми и в большинстве своем, особенно в пониженных местах, льдонасыщенными водонепроницаемыми грунтами, которые затрудняют свободную фильтрацию воды вниз. Поэтому вода остается в протаявшем слое и влияет на физические свойства его.

Распространение многолетнемерзлого грунта на территории Российской Федерации составляет 65 процентов суши, и 25 процентов во всем мире. К южным границам России мощность толщии вечной мерзлоты уменьшается. По утверждению А.И. Калабина мощность толщии вечной мерзлоты независимо от абсолютных отметок данной местности под возвышенностями больше, чем в долинах рек и в низменностях.

|      |      |          |         |      |                  |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------|------|
|      |      |          |         |      | Обзор литературы | Лист |
|      |      |          |         |      |                  | 21   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                  |      |

Нижняя граница вечной мерзлоты в горной местности представляет собой волнистую поверхность, повторяющую в несколько сглаженном виде формы рельефа поверхности земли.

Среднегодовая температура почвы является одним из основных условий, определяющих мощность вечномерзлого грунта, она сочетается с наличием отрицательных среднегодовых температур воздуха.

Толщина сезонного промерзания грунтов зависит непосредственно от климатических особенностей региона, состава грунта, толщи снегового покрова и от множества других факторов влияющих на промерзания грунтов.

Мощность слоя вечной мерзлоты изменяется от нескольких метров до 600-800 м, причем это не является пределом. В высокогорных районах, где средние годовые температуры верхних горизонтов монолитных скальных пород ниже  $-15^{\circ}\text{C}$ , мощность мерзлых пород превышает 1000 м. в районах, где среднегодовая температура почвы ниже, мощность вечномерзлого грунта при прочих равных условиях обычно бывает больше, чем в тех районах, где среднегодовая температура почвы выше.

По среднегодовой температуре почвы на глубине 1,5 м можно судить о наличии или отсутствии вечной мерзлоты. Состав горных пород в той или иной степени способствует распространению тепловых потоков от источников тепла и оказывает влияние на мощность вечномерзлых толщ. Наиболее легко воспринимают и проводят тепло каменистые грунты, затем пески, суглинки, глины и торфянистые почвы.

Большое влияние на мощность толщ оказывают поверхностные и подземные воды. Во всех случаях с возникновением того или иного водоема связано уменьшение мощности мерзлоты под ним. Грунтовые воды, несущие

большое количество тепла, способствуют увеличению таликов и сокращению толщи веной мерзлоты.

Положение нижней границы вечной мерзлоты определяется соотношением между притоком тепла к нижней поверхности земли. В этом отношении большую роль играют подмерзлотные – артезианские воды, несущие мощный поток тепла.

Кроме того, на теплообмен оказывает глубина и скорость перемещения восходящего потока и химический состав подземных вод.

Климат играет наиболее важную роль в создании температурного режима деятельного слоя и многолетнемерзлой зоны.

По глубине многолетнемерзлые грунты могут иметь сплошное залегание, представляющее собой сплошную мерзлоту без включений талых прослоек, либо прерывистое, такое залегание представляет из себя последовательность талых и мерзлых грунтов.

На горизонтальной плоскости многолетнемерзлые грунты могут иметь, также, два вида пролегания: сплошное и прерывистое. Прерывистое распространение многолетнемерзлых грунтов представляет из себя перемеживающиеся зоны мерзлых и талых грунтов, а точнее – «островки», «пятна» или «линзы» талых грунтов в теле мерзлоты. Сплошное распространение многолетнемерзлых грунтов представляет из себя обратную картину, на теле мерзлоты отсутствуют талики [4].

Вечная мерзлота играет важную роль в глобальном изменении климата, в балансе парниковых газов, экосистемах арктической среды и деятельности человека в полярных регионах. Изменение климатических параметров, в частности температуры воздуха, глубины снежного покрова и продолжительности теплого периода за последние 50 лет привело к

повышению температуры вечной мерзлоты и углублению активного слоя во многих местах Арктического региона. Несколько участков вдоль южной границы вечной мерзлоты полностью утратили вечную мерзлоту, в то время как в других местах верхние части вечной мерзлоты оттаяли до уровня ниже уровня сезонного замерзания [17].

Деградация вечной мерзлоты оказывает серьезное воздействие, начиная от локальных изменений топографических и гидрологических условий, до воздействий на инфраструктуру и устойчивость северных сообществ, а также влияет на динамику растительного мира и дикой природы, а также приводит к глобальному влиянию на выбросы парниковых газов. Деградация вечной мерзлоты - это пространственно гетерогенный процесс, означающий, что характеристики вечной мерзлоты, такие как температура, толщина или протяженность, могут по-разному реагировать в различных климатических зонах.

Существует множество свидетельств того, что современные климатические изменения в XX-начале XXI века вызвали деградацию вечной мерзлоты на обширных территориях Северной Америки и Евразии. С точки зрения геологической перспективы это не является чем-то уникальным.

Климатические переходы между ледниковым и межледниковым периодами всегда были связаны с изменениями в вечной мерзлоте. Последний ледниковый максимум позднего плейстоцена за 20000-118000 лет до настоящего времени очень важен для понимания связи между климатом и альтернативными формами оледенения, то есть ледниками и вечной мерзлотой. В это время Арктика была почти на 20 °С холоднее, а уровень моря на 120-130 м ниже, что привело к вечной мерзлоте на открытых

|      |      |          |         |      |                  |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------|------|
|      |      |          |         |      | Обзор литературы | Лист |
|      |      |          |         |      |                  | 24   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                  |      |





3000 лет. Последнее заметное продвижение вечной мерзлоты соответствовало малому ледниковому периоду (1550-1850 г. н. э.), когда температура была примерно на 1 °С холоднее, чем в настоящее время, что привело к вечной мерзлоте толщиной до 25 м и продвижению вечной мерзлоты в места, более удаленные от нынешней позиции. Вечная мерзлота из Малого ледникового периода возникает в местах, где толстый слой торфа смог сохранить его, несмотря на более теплые температуры воздуха.

Разница между нынешними изменениями вечной мерзлоты и прошлыми событиями очень велика. Во-первых, темпы современного изменения климата беспрецедентны. Температура воздуха в отдельных районах Арктики с начала XX века возросла до 5 °С [17]. Во-вторых, влияние изменения климата на вечную мерзлоту усугубляется техногенными факторами и землепользованием.

Наконец, нынешняя ситуация резко отличается от прошлой из-за отсутствия значительного населения в регионах, занятых в настоящее время вечной мерзлотой. Экономическая деятельность и развитие инфраструктуры в холодных регионах в значительной степени зависят от наличия вечной мерзлоты. Будь то строительство канатной дороги в Швейцарских Альпах, железной дороги на Тибетском плато, или металлургический завод в Сибири, где необходимо учитывать изменение условий вечной мерзлоты. Невыполнение этого требования может привести к ухудшению состояния природной среды, что приведет к возникновению опасных условий для жизни человека и инфраструктуры [17].

Чтобы понять опасности, связанные с деградацией вечной мерзлоты и их воздействием на инфраструктуру, общество и окружающую среду, прежде

|      |      |          |         |      |                  |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------|------|
|      |      |          |         |      | Обзор литературы | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                  | 26   |

всего необходимо понять, что делает систему вечной мерзлоты уникальной и какие факторы ответственны за ее изменения. Физико-математические представления этих факторов позволяют построить модели вечной мерзлоты, способные масштабировать локальные наблюдения, собранные на ограниченных наблюдательных площадях, в более крупные регионы.

В сочетании с климатическими моделями они используются для прогнозирования будущих изменений вечной мерзлоты и оценки воздействия этих изменений на другие природные, антропогенные и экономические системы.

Примеры из различных регионов показывают, что приповерхностная вечная мерзлота весьма чувствительна к наблюдаемым изменениям климата. В целом более холодная вечная мерзлота переживает более высокие темпы потепления по сравнению с более теплой вечной мерзлотой; однако большая гетерогенность сохраняется как пространственно, так и временно, даже в пределах относительно небольших регионов. Более холодная температура вечной мерзлоты дает меньше незамерзшей воды, что обеспечивает более эффективную теплопроводность. По мере того как климат смещается к теплым температурам, температура вечной мерзлоты соответственно возрастает, пока не будет достигнуто новое климатическое равновесие вечной мерзлоты.

Увеличение количества незамерзшей воды снижает способность вечной мерзлоты передавать тепло. Когда вечная мерзлота приближается к точке плавления льда, требуется значительное количество скрытого тепла, для перевода воды из замёрзшего состояния в жидкое, что требует значительного времени для оттаивания мерзлоты, а не для ее нагрева. Это объясняет, почему более холодная вечная мерзлота нагревается с большей

скоростью, чем вечная мерзлота, которая близка к точке плавления. К нынешней тенденции потепления вечной мерзлоты могут добавиться и другие экологические и техногенные факторы, такие как увеличение глубины снежного покрова или сокращение растительности. Деграция вечной мерзлоты происходит по-разному в непрерывной зоне вечной мерзлоты и прерывистой зоне вечной мерзлоты. Деграция непрерывной зона вечной мерзлоты выражается в увеличении температуры вечной мерзлоты и соответствующем уменьшении толщины вечной мерзлоты с целью установления нового равновесия. Хотя корректировка температуры вечной мерзлоты, измеренная на глубине нулевой среднегодовой амплитуды, является относительно быстрым процессом (например, отстает всего на несколько лет от изменения температуры воздуха), таяние вечной мерзлоты со дна занимает гораздо большего времени (сотни лет).

Деграция прерывистой зоны вечной мерзлоты выражается в медленном повышении температуры до точки плавления, после чего может потребоваться десятки-сотни лет для оттаивания вечной мерзлоты в зависимости от состава грунта и содержания льда. Спорадические и островные зоны вечной мерзлоты в Арктике в значительной степени контролируются неклиматическими факторами, такими как наличие торфа. Повышение температуры грунта в большинстве районов вечной мерзлоты сопровождалось повышением толщины активного слоя; однако эта величина была переменной даже в пределах небольших регионов. Значительное увеличение толщины активного слоя было отмечено в Гренландии и на Шпицбергене, но оно не является пространственно однородным. Постепенное увеличение толщины активного слоя с 1970 года привело к исчезновению вечной мерзлоты в нескольких болотных ландшафтах в районе Абиско. Аналогичная

|      |      |          |         |      |                  |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------|------|
|      |      |          |         |      | Обзор литературы | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                  | 28   |

ситуация наблюдалась и на Европейском Севере России, где в 1996-2013 г. наблюдалось прогрессирующее повышение уровня толщины активного слоя, а также в недрах Аляски. Центральная и Восточная Канада и Центральная Азия также подверглись резким изменениям толщины активного слоя. Участки, расположенные в Западной Сибири, на северном склоне Аляски и в Западной Канаде, не демонстрировали долговременных тенденций роста, но в течение последних нескольких лет испытывали несколько более глубокие глубины ежегодной оттепели. Пространственно распределенные многолетние наблюдения за оседанием талого грунта показали, что явное утолщение активного слоя (деятельный слой) может быть связано с таянием сегрегационного льда на дне активного слоя вследствие уплотнения богатой льдом вечной мерзлоты [17].

## **1.2 Осложняющие процессы, характерные для магистрального газопровода, проложенного в условия Крайнего Севера**

Технические условия проектирования оснований на многолетнемерзлых грунтах в результате многолетних наблюдений в зависимости от рассматриваемого района и состава грунтов установили нормативную толщину деятельного слоя.

Проблемы свойственные в течение эксплуатации магистрального трубопровода в условиях Крайнего Севера можно разделить на два разных типа. Во первых, стоит отметить оседание и просадку грунта вследствие повышения температуры грунта из-за высокой температуры перекачиваемого продукта и других причин. Во вторых, надо отметить пучение грунта вследствие промерзания влажного грунта в деятельном слое

|      |      |          |         |      |                  |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------|------|
|      |      |          |         |      | Обзор литературы | Лист |
|      |      |          |         |      |                  | 29   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                  |      |

мерзлоты. Все эти криогенные процессы смещают проектное положение магистрального трубопровода. В свою очередь, воздействие криогенных сил нередко превышает пределы прочности подземных и наземных конструкций [5].

Явления, происходящие на глинистых и лессовых почвах называются проседаниями грунта. Ось трубопровода, когда влажность почвы поднимается выше определенного значения, опускается ниже проектного уровня [6].

При оттаивании основания, служившей хорошей опорой для трубопровода, трубопровод подвергается неоднородным физико-механическим нагрузкам на тело трубы со стороны мерзлого или талого грунта на всем протяжении трубопровода, что приводит к нарушению целостности трубопровода (рис. 2, 3, 4, 5) [5].

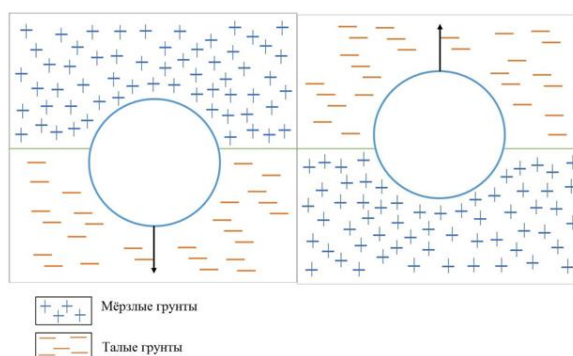


Рисунок 2 – Схема реализации изгибных напряжений трубопровода во время промерзания-оттаивания грунтов

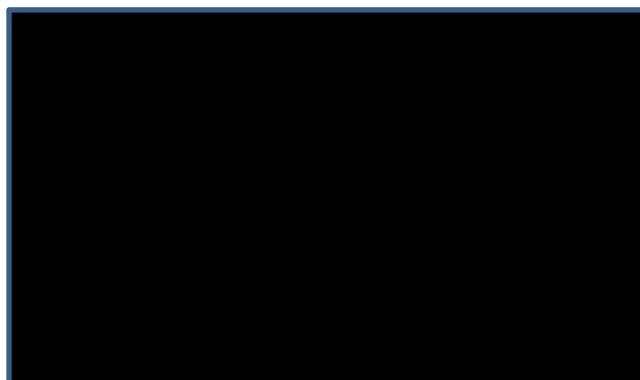


Рисунок 3 – Нарушение проектного положения газопровода, в результате развития процесса пучения

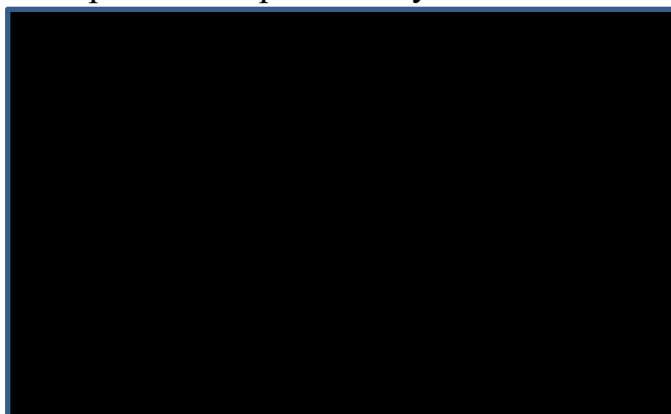


Рисунок 4 – Деформации ростверков свайных опор надземных трубопроводов при воздействии пучения грунтов

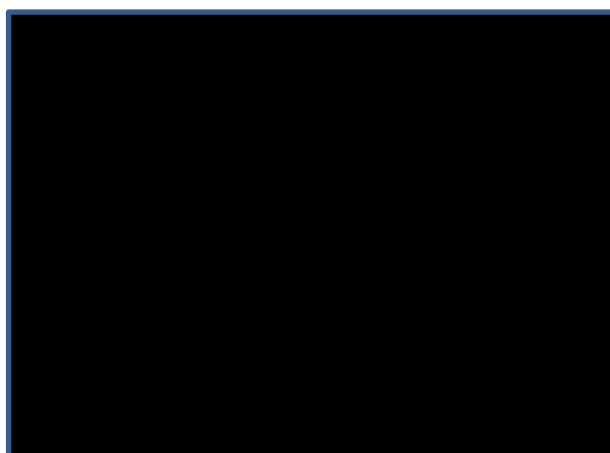


Рисунок 5 – Изгибные деформации газопровода при всплытии под действием термокарста

Магистральные газопроводы представляют собой трубопроводы и ответвления от них с диаметром в диапазоне от 0,2 м. до 1,4 м. Магистральный газопровод имеет длину не менее 50 км.

Как правило, магистральные газопроводы на Крайнем Севере располагаются в местности, характеризующейся арктическим климатом. При этом, отсутствуют какие либо дороги, населенные пункты, что является осложняющим фактором при строительстве подобных сооружений. Такие районы прокладки газопроводов характеризуются общими явлениями – экстремальный климат, большое количество водоемов, болот, многолетнемерзлые грунты.

Газотранспортная система России не имеет аналогов в мировой практике, что приводит к ряду особенностей, возникающих при её эксплуатации. В настоящее время, имеется богатый опыт проектирования, строительства и эксплуатации магистральных трубопроводов. Этот опыт раскрывает актуальные проблемы при сооружении и эксплуатации магистральных трубопроводов на территориях залегания вечномёрзлых грунтов.

Грунты представляют собой горные породы (включая почвы), техногенные образования, залегающие преимущественно в пределах зоны выветривания, представляющие собой многокомпонентную и многообразную геологическую систему и являющиеся объектом инженерно-хозяйственной деятельности человека.

Если грунт имеет в своем составе лед и имеет субнулевую или отрицательную температуру, то такой грунт можно называть мерзлым. Подобные грунты причисляют к многолетнемерзлым (вечномерзлым), при условии что они на протяжении многих лет (три и больше) находятся в состоянии мерзлоты.

В категорию мерзлых грунтов входят грунты различных видов, которые расположены в зоне нулевой или отрицательной температуры и содержат вкрапления льда в своем составе.



Многолетнемерзлые грунты, или иначе – вечномерзлые, такие грунты, которые на протяжении нескольких лет (более трех) находятся в состоянии мерзлоты.

В районах распространения многолетнемерзлых грунтов поверхностный слой грунта, подвергающийся сезонному промерзанию и оттаиванию, называется сезоннопромерзающим – оттаивающим летом и промерзающим зимой, но не сливающийся с толщей многолетнемерзлых грунтов; сезоннооттаивающим – летом оттаивающий и промерзающий в зимний период полностью до слияния с толщей многолетнемерзлых грунтов.

Геоэкологические последствия нарушения теплового режима при строительстве и эксплуатации трубопроводов в зоне вечной мерзлоты приводят к антропогенному фактору (прежде всего, нарушение или полное разрушение растительного покрова, а также перераспределение снежного покрова), активации геокриологических процессов и их новообразований. Степень активации зависит от криогенной структуры мерзлых пластов, их термического состояния и их состава, от характера техногенных воздействий и особенностей ландшафта. В результате усиливается тепловой обмен в создаваемых и существующих природно-технических системах, он отдаляет вечную мерзлоту от динамического равновесия, которое развивается на разных этапах естественного развития.

Причисляемые к мерзлым грунты подразделяются по своему состоянию на следующие типы:

– Твердомерзлые – прочно сцементированные льдом грунты – им характерны относительно хрупким разрушением и очень малой сжимаемостью под нагрузками;

– Пластичномерзлые – сцементированные льдом грунты, однако они обладают вязкостью (они содержат значительное количество незамерзающей жидкости (воды)), эти грунты характеризуются высокой сжимаемостью под нагрузками;

– Сыпучемерзлые – несцементированные льдом грунты, имеющие эту особенность из-за малой влажности (обычно это песчаные и крупнообломочные грунты).

Глубина сезонного оттаивания почв зависит от значений температуры воздуха и теплофизических свойств почв. Рельеф местности, обнажение склонов и количество твердых и жидких осадков также влияют на глубину оттаивания почв. Исходя из вышеизложенного, инженеры выбирают оптимальные маршруты для прокладки трубопроводов, состав, объемы инженерных и экологических изысканий, а также обеспечивают промышленную и экологическую безопасность на них и на прилегающих территориях. Климатические и природные условия являются важными факторами при проектировании нефтегазопромысловых трубопроводов на Крайнем Севере [12].

Сезонномерзлым, или сезонноталым, является так называемый деятельный слой, промерзающий зимой и оттаивающий летом. Термин деятельный слой получил широкое распространение среди строителей, так как он отражает важные в строительном отношении явления. В этом слое возникают и непрерывно протекают такие физико-механические и физико-химические процессы, как выветривание, пучение, замерзание и протаивание, изменение влажности, миграция, наледообразование и т.д., которые вредно влияют на устойчивость возводимых и эксплуатируемых сооружений.

В случае необходимости расположения магистрального газопровода в зоне многолетнемерзлых грунтов, предварительно проводятся инженерные и геокриологические исследования, лишь после проведения которых становится возможным приступать к проектированию газопровода в условиях вечной мерзлоты.

На планете Земля около 35 млн.км. или примерно 22% территории суши занимает вечная мерзлота. Что касается Российской Федерации, то примерно половина страны занята вечномерзлыми грунтами. Аналогична России ситуация в Канаде, Аляска практически на 100% покрыта подобным видом грунтов.

При прокладке магистральных газопроводах в подобных районах принимаются во внимание такие характеристики как просадочность, льдистость, влажность. Данные показатели существенно влияют на надежность эксплуатации газопровода, возможность его просадки вследствие пучения в будущем.

От того, в области какого грунта проложен магистральный газопровод, зависит характер их взаимодействия. На характер взаимодействия оказывают влияние такие факторы как температура оттаивания, льдистость, влажность среды. К примеру, анализируя особенности [REDACTED] [REDACTED] можно прийти к выводу, что различные участки газопровода показывают различное количество отказов оборудования. Более сильному влиянию подвержены газопроводы с подземным расположением. Если провести анализ распределения количества отказов оборудования на 1 км магистрального газопровода, то получится, что на [REDACTED] – 3, на надземную – 0,42. Также распределение находится в зависимости от типа грунта.

Отметим, что под отказом имеется в виду в случае подземного расположения газопровода – разрыв газопровода из за пучения грунта, при надземном расположении – трещины усталостного типа, которые образуются из за того, что участок газопровода, имеющий множество пролетов на одной или нескольких опорах, подвержен вибрации из за пучения грунтов. В случае, если прокладка газопровода – открытая наземная, то возможна потеря устойчивости и формирование гофр.

Таким образом, основным фактором, приводящим к отказам на магистральных газопроводах, является грунтовое воздействие. С

Также отметим, что еще одна особенность взаимодействия газопроводов и грунтов заключается в увеличении числа отказов в зимний период, так как происходит обострение сезонных и многолетних пучений грунтов.

Таким образом, при строительстве газопровода с точки зрения строительных норм должно соблюдаться требование сохранения естественного режима функционирования мерзлых грунтов, расположенных в области строительства. В случае, если естественный режим должен быть сохранен, используется надземная прокладка газопровода, если же может быть допущено нарушение – применяется подземная прокладка. При этом необходимо выполнять технико-экономические расчеты, которые бы подтвердили надежность того или иного проектного решения.

Магистральные газопроводы, расположенные в районах Крайнего Севера, характеризуются осложняющими условиями, так как имеют место экстремальные перепады температур, сложные геокриологические условия. Если газопровод расположен под землей, то в силу особенностей технологии прокладки данное сооружение приносит дополнительные возмущения в

температурный режим, сформированный внутри грунтов, что в итоге порождает процессы пучения, термокарста и т.д. [19].

Если же газопровод расположен надземным способом, то к нему, помимо требований, предъявляемым к выбору труб, применимы требования как к разновидности строительного объекта.

Если газопровод проложен на сваях, к нему применимы требования по выбору трассы пролегания, надежности свайного основания, проведению монтажных работ. В случае прокладки газопровода на многолетнемерзлых грунтах пристальное внимание должно быть уделено работам в части подготовки свай, а именно, должны быть тщательно проанализированы способы, которыми будут буриться скважины для свай, возможные мероприятия против пучения грунтов, мероприятия по сохранению покрова тундры.

В случае, если данные факты не будут приняты во внимание, свайное поле потеряет устойчивость, могут возникнуть различные эрозионные процессы на трассе пролегания, что в конечном счете значительно снизит надежность прокладываемого газопровода.

Также необходимо принимать во внимание тот факт, что газопроводы многопролетного типа вследствие своей протяженности подвержены колебаниям от ветра, а также от перепадов температур. Поэтому при проектировании должно быть уделено внимание конструкциям опор магистрального газопровода.

Таким образом, можно сделать вывод: чтобы обеспечить устойчивое положение технологического объекта транспорта и хранения газа на вечномёрзлых грунтах, необходимо:

- учитывать особенности района строительства

– детально изучить свойства замерзающего, мёрзлого или оттаивающего грунта

– исследовать механические процессы, протекающие в них под влиянием природных факторов, их взаимодействие с конструкцией, и изыскание путей и средств изменения свойств грунта в желательном направлении.

|      |      |          |         |      |                  |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------|------|
|      |      |          |         |      | Обзор литературы | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                  | 38   |

## 2 Характеристика участка магистрального газопровода

Локальный МГ « [REDACTED] эксплуатируется [REDACTED] и обеспечивает природным газом промышленные объекты и города и села центральных районов [REDACTED]. Кроме того, отдельные участки МГ используются для временного хранения газового конденсата.

МГ состоит из трех ниток, двух действующих и одной строящейся на участке « [REDACTED]. Протяженность по трассе [REDACTED] км, объем перекачиваемого природного газа [REDACTED] в год, рабочее давление перекачиваемого продукта [REDACTED] толщина стенки трубы составляет [REDACTED].

В состав магистрального трубопровода входит линейная часть, [REDACTED] газораспределительных станций, опорные пункты, системы автоматики и другие инженерные сооружения.

Сырьевой базой для газоснабжения является [REDACTED]. [REDACTED] Согласование технологических параметров перекачки между участками [REDACTED] производится путем редуцирования давления газа с [REDACTED]. В составе МГ компрессорные станции отсутствуют, т.к. необходимое давление обеспечивается за счет естественного давления в скважинах на месторождении.

[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]

На сегодняшний день вопрос строительства и эксплуатации

| Изм        | Лист | № докум       | Подпись | Дата | Повышение эксплуатационной надежности магистрального газопровода в условиях эксплуатации Крайнего Севера |                |        |     |
|------------|------|---------------|---------|------|--|----------------|--------|-----|
| Разраб.    |      | Петров А.И.   |         |      | Характеристика участка магистрального газопровода  | Лист           | Листов |     |
| Руковод.   |      | Чухарева Н.В. |         |      |  |                | 39     | 114 |
| Консульт.  |      |               |         |      |  | ТПУ гр. 3-2Б6А |        |     |
| Рук-ль ООП |      | Брусник О.В.  |         |      |  |                |        |     |

магистральных трубопроводов в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов обретает большую значимость из-за реализации масштабного международного строительства магистрального [REDACTED]

Надо отметить, что внушительная часть трубопровода проложена на территории многолетнемерзлых грунтов [REDACTED]

Основываясь на данных инженерно-геологических изысканий было определено, что геолого-литологический разрез состоит [REDACTED] метра вглубь из полутвердых суглинков. На некоторых зонах твердые супеси пролегают на 0,9–1,5 метра вглубь, а вот мерзлые и слабольдистые [REDACTED] метра вглубь.

Зоны, примыкающие к долине временного водотока, согласно данным горнопроходческих исследований, имеют на [REDACTED] твердые супеси с дресвой. Также известно, что они подстилаются [REDACTED] вглубь слабольдистыми супесями с дресвой. Низина геологического [REDACTED] метров вглубь имеет мощность из мерзлых суглинков, имеющих слабольдистость. На данной территории многолетнемерзлые грунты распространены по всей глубине пробуренных скважин на глубину 5-15 метров.

Также был подробно изучен один участок магистрального трубопровода.

Этот изученный участок является геологическим разрезом трубопровода рядом с пикетом 330 участка части трубопровода [REDACTED]

[REDACTED] Элементы геологического разреза [REDACTED] из почвенно-растительного слоя, твердого и пылеватого легкого суглинка, грунта щебенистого, доломитов, имеющих разную прочность.

Согласно полученным данным можно судить, что существенная глубина поверхностного слоя земли принадлежит суглинкам. Суглинкам

|      |      |          |         |      |   |      |
|------|------|----------|---------|------|---|------|
|      |      |          |         |      | Характеристика участка магистрального газопровода | Лист |
|      |      |          |         |      |   | 40   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |   |      |



свойственно высокая подверженность к морозному пучению. Именно поэтому на этой территории необходимы мероприятия ослабляющие влияние морозного пучения на безопасную и надежную эксплуатацию магистральных трубопроводов. При игнорировании этих рисков присутствует высокая вероятность нарушения целостности труб.

Располагается

Согласно физико-географическому районированию, рассматриваемую зону трассы относят к «Приленской провинции», которую причисляют к таежной области. Она располагается на верховьях реки «Лена» и на южной оконечности. С точки зрения ландшафта она пролегает в таежной зоне.

Республиканский климат, в значительной степени, определяется географическим, и, расстоянием от морей с теплыми течениями и влиянием холодных течений а также давлением местных физических и географических факторов, в особенности рельефа.

особенностями свойственными резко континентальному климату: низкие зимние и высокие летние температуры воздуха.

Самые низкие температуры воздуха наступают с ноября по март, достигая абсолютной минимальной температуры. Самые высокие температуры воздуха наступают между июлем и августом, достигая абсолютной максимальной °С. Среднегодовая температура воздуха составляет. Среднемесячная температура

января (самый холодный месяц) составляет [REDACTED], июля (самый теплый месяц) – [REDACTED]. Среднемесячная относительная влажность довольно высока: она достигает [REDACTED] холодное время года и минимума [REDACTED].

Резко континентальный [REDACTED] причиной практически повсеместного распространения многолетнемерзлых грунтов. Он формируется благодаря низким температурам зимой и небольшой мощности снежного слоя. На этой территории в течение холодного времени года земля лишается значительного количества тепловой энергии и оказывается замершей на существенную глубину. В результате таких условий земля трансформируется в замершую глыбу земли. При наступлении теплого периода года замершая зимой земля не успевает в полностью растаять и потому отрицательные температура укореняются в недрах земли на протяжении тысяч лет.

Согласно схеме геокриологического [REDACTED] [REDACTED] сполжения проектируемых объектов находится в пределах Приленской провинции, которая характеризуется прерывистым распространением вечной мерзлоты.

В геокриологическом отношении территория района планируемой деятельности относится к зоне прерывистого распространения вечной мерзлоты. Присутствует вечная мерзлота сливающихся и не сливающихся типов. Площадь [REDACTED]. Наибольшая мощность замершей зоны на равнинах и плоскогорьях [REDACTED].

Максимальная глубина сезонного оттаивания в [REDACTED], в [REDACTED] на глубине нулевых колебаний составляет от [REDACTED].

На глубину 5-10 м в долинах рек и впадинах рельефа развиты повторно-жильные льды спорадического распространения на описываемой территории.

Зона вечной мерзлоты характеризуется двухслойной структурой. Его верхняя часть состоит из вечной мерзлоты, толщиной [REDACTED] м на водоразделе, [REDACTED] террасах. Нижняя часть разреза на глубину [REDACTED] м состоит из горных пород, охлажденных ниже 0 °С, содержащих соленую воду и рассолы.

[REDACTED] преимущественно островного распространения со среднегодовыми температурами от минус [REDACTED]. Замерзшая островная зона представлена только отдельными «островками» вечной мерзлоты, приуроченными, как правило, к болотистым днищам речных долин, торфяным буграм, а также к нижним склонам северной экспозиции. Общая площадь таликов [REDACTED]. Температура мерзлых грунтов на глубине [REDACTED].

Состав грунта территории в значительной степени влияет на глубинуежегодного цикла «промерзания-оттаивания». Верхняя часть сезонно талого слоя (СТС) при разрезе, оказывается, состоит из торфа. Но значительная часть разреза представлена из следующих составляющих: (легкие и тяжелые, пылеватые и песчанистые) суглинки; супеси; пески; дресвяные, галечниковые, щебнистые и глыбовые насыщенным водой грунты; доломиты и выветрившиеся известняки. [REDACTED]

[REDACTED] В талом состоянии торф насыщается водой. В составе всех грунтов находятся органические вещества.

На территории, по которой [REDACTED]», фиксируются довольно опасные геологические явления, которые выделяются относительно высокой интенсивностью. К общему сведению,

экзогенные геологические явления (карстовые и склоновые процессы, морозные пучения, заболачивание и эрозионные процессы) имеют интенсивность составляющую [REDACTED] [12].

Первый и второй участки рассматриваемого газопровода являются магистральными газопроводами высокого давления, [REDACTED]. Для второго участка общая доля аварий составляет [REDACTED] связано с браком, допущенным при проведении строительно-монтажных работ [REDACTED] нарушения материалов и конструкций, вследствие длительной эксплуатации ([REDACTED] – металлургические дефекты труб. Коррозия, нарушение требований эксплуатации и ошибки персонала, стихийные природные явления, все это вместе [REDACTED]

Третьему участку характерен весовой [REDACTED] Основные причины аварийности на газопроводах-отводах – это механические повреждения труб при проведении земляных работ машинами и механизмами ([REDACTED] А так же разрушения, вследствие внешней коррозии [REDACTED] На долю брака строительно-монтажных работ приходится [REDACTED] %. Доля повреждений, связанная с нарушениями материалов и конструкций [REDACTED] Стихийные бедствия, приводящие к аварийным ситуациям и [REDACTED] %.

### 3 Технологические расчёты участка магистрального газопровода

#### 3.1 Проблемы, возникающие в ходе эксплуатации магистральных газопроводов в условиях Крайнего Севера

Трубопроводы широко используются в холодных регионах для транспортировки тепла, воды, нефти и газа. Последние представляют наибольший интерес, поскольку они простираются на большие территории с резко отличающимися экологическими и климатическими условиями. Обширные сети газопроводов в России простираются [REDACTED] км, причем значительная их часть построена на вечной мерзлоте. В настоящее время рассматривается вопрос о строительстве нескольких [REDACTED] [17].

Деформация трубопроводов и связанные с этим экологические катастрофы особенно опасны в регионах на вечной мерзлоте, так как низкая биологическая активность в условиях тундры означает, что для восстановления хрупкой Арктической экосистемы потребуются годы.

Деформация трубопроводов в районах вечной мерзлоты обычно ассоциируется с процессами морозного пучения и оседания, таянием грунтового льда, заболачиванием и развитием термокарста, а также термоэрозийными и солифлюкционными оползнями.

Надземные трубопроводы могут испытывать деформацию, связанную с усиленным морозным пучением, поскольку активный слой увеличивается после удаления растительности и органического слоя во время строительства. Увеличение деятельного слоя также приводит к уменьшению эффективной площади бокового промерзания опорных свай в вечной мерзлоте, что в конечном итоге приводит к поднятию свай и снижению

| Изм        | Лист | № докум       | Подпись | Дата |   |                       |        |     |
|------------|------|---------------|---------|------|---|-----------------------|--------|-----|
|            |      |               |         |      | <i>Повышение эксплуатационной надежности магистрального газопровода в условиях эксплуатации Крайнего Севера</i> |                       |        |     |
| Разраб.    |      | Петров А.И.   |         |      |   |                       |        |     |
| Руковод.   |      | Чухарева Н.В. |         |      | <i>Технологические расчёты участка магистрального газопровода</i>   | Лист                  | Листов |     |
| Консульт.  |      |               |         |      |   |                       | 73     | 114 |
| Рук-ль ООП |      | Брусник О.В.  |         |      |   | <i>ТПУ гр. 3-2Б6А</i> |        |     |

способности поддерживать конструктивный вес.

Перераспределение веса между соседними сваями создает дополнительные механические напряжения, которые могут привести к разрыву трубы. [REDACTED]

из-за процессов морозного пучения пришлось [REDACTED] трубопроводов [17].

Подземные трубопроводы страдают от интенсивной коррозии, теплопотерь, связанных с транспортировкой нефтепродуктов и газа, оседания грунта и водозаборов. Просадка может продолжаться более десяти лет после строительства траншей для подземных кабелей и трубопроводов .

В ходе исследования, проведенного [REDACTED] было проанализировано [REDACTED] трубопроводов для классификации деформаций [REDACTED] годах. Авторы обнаружили, что условия вечной мерзлоты ответственны только за 3 процента всех деформаций. Однако если принять во внимание деформации, вызванные обслуживанием, то это число [REDACTED], что иллюстрирует косвенное воздействие изменений вечной мерзлоты. Другие исследования деформаций трубопроводов в [REDACTED] дают несравнимую величину [REDACTED], в том числе связанных со снижением способности свай выдерживать конструктивный вес [17].

[REDACTED] аварий на трубопроводах. Деформации трубопровода обычно происходят в местах пересечения линейных структур с ледяными клиньями и массивными ледяными отложениями. В России на поддержание эксплуатационной устойчивости трубопроводов на вечной мерзлоте ежегодно [REDACTED].

Учитывая, что освоение нефти и газа в Арктике, скорее всего, продолжится, старение инфраструктуры и прогнозируемое изменение климата увеличат количество деформаций и утечек из трубопроводов, приводящих к ухудшению состояния экосистемы [17].

Опыт, накопленный российскими специалистами в течение эксплуатации трубопроводов на многолетнемерзлых грунтах, составляет не одно десятилетие.

Это делает Российскую Федерацию одним из лидеров в области добычи и транспортировки углеводородов в Арктике. В течение этого времени в России были собраны уникальные знания и опыт в области инженерно-геологических изысканиях, строительства, проектирования и эксплуатации магистральных трубопроводов в условиях Арктики.

С началом роста цен на [REDACTED] максимума [REDACTED], преимущественно находящаяся на территории распространения многолетнемерзлых грунтов [7].

Бум в строительстве трубопроводов привел к развитию всех смежных областей:

- 1) обновление нормативной базы и нормативных документов;
- 2) создание инновационных методов в области изысканий;
- 3) применение новейших технологий и новых материалов в ходе проектирования проектов и их строительства;
- 4) разработка методов численного моделирования для изучения взаимодействия трубопровода и многолетнемерзлого грунта, и на основе полученных данных принимаются инженерные решения в течение проектирования трубопровода и его эксплуатации, наряду с этим

используется вероятно-статистический анализ и оценивание надежности трубопроводной системы и рентабельности;

5) повышение значимости мониторинга геотехнического состояния.

Активное развитие современных технологий и их применение в трубопроводном бизнесе обусловлено суровыми условиями окружающей среды, необходим требовательный подход к проблемам магистральных трубопроводов в условиях вечной мерзлоты, иногда даже использование новейших технологий не всегда защищает от возникающих рисков из-за вечной мерзлоты. На магистральных трубопроводах в России происходит около 40-50 тыс. инцидентов различного масштаба, при этом 80 процентов из этих инцидентов происходят в многолетнемерзлых грунтах [8]. Причина этого высокая динамичность системы «магистральный трубопровод - мерзлота», которая является чрезвычайно чувствительной системой по отношению к факторам внешней среды (изменение климата, изменение ландшафтных условий, антропогенное воздействие) и переменам в параметрах самой системы (режим работы магистрального трубопровода). «Транснефти» опубликовала статистику, согласно ей уровень аварийности на нефтепроводах [REDACTED] количество инцидентов, приводших к разливу нефти, [REDACTED]. На газопроводах компании «Газпром» этот показатель был [REDACTED]. Эти показатели российских компаний на порядок ниже, нежели показатели магистральных [REDACTED] [7].

Магистральные [REDACTED] находились под наблюдением почти 50 лет. Так, [REDACTED]» газопроводе глубина сезонно-[REDACTED] раза при увеличении средней температуры вечной мерзлоты [REDACTED] °С на



возвышенных участках и до ██████████ земель. Это привело к ежегодным колебаниям в опорах труб ██████████ влиянием сезонного волнения. В первые годы эксплуатации число несчастных случаев достигало ██████████, в том числе крупные аварии ██████████ годах. Важным фактором в возникновении несчастных случаев является почва - уровень аварий на суглинистых породах достиг ██████████ случаев на 1 км трубопровода, а на песке ██████████ [9].

Продолжительное наблюдение (мониторинг) за проложенным под землей ██████████ годов прошлого века. В течение этого времени ██████████ на мерзлых ██████████ ██████████% трубопроводов на талых грунтах растаяли и всплыли [9]. За ██████████ лет образовался оттаивающий ореол, который в некоторых случаях ██████████ м в радиусе. Повышение температуры почвы ██████████ [9].

В 2009 году во время строительства нефтепровода «Ванкор-Пурпе» были опробованы различные инновационные технологии строительства. В числе этих инновационных технологий было применены новые теплоизоляционные материалы, новейшие термостабилизаторы грунта, компенсаторы трубопроводов и так далее. Но, вопреки всем этим усилиям, в 2015 году нефтепроводу срочно потребовалась капитальная реконструкция. Для ремонта трубопровода ██████████ ██████████ рублей. На ██████████ были объявлены тендеры на комплексные инженерно-геологические изыскания, капитальный ремонт (на ██████████ наблюдались критические дефекты), монтаж дополнительного количества термостабилизаторов грунта и создание сетимониторинга общей стоимостью несколько сотен миллионов рублей.

Многие исследователи сообщали об активации криогенных процессов вдоль трубопровода [REDACTED] том числе, писали о большом количестве озер термокарстового типа имеющих [REDACTED] ширину 10-20 м и вздымающихся бугров высотой до 1-2 м вдоль южного участка трубы. В то же время наблюдается активная термоэрозионная эрозия траншейных почв, оседания грунтов на поверхности земляного полотна в среднем на величину [REDACTED]. В северной части трассы трубопровода наблюдается снижение эффективности работы термостабилизаторов, вследствие этого трубопровод испытывает потерю несущей способности основания.

Но все же, российская практика свидетельствует о способности существующего арсенала прокладывать магистральные трубопроводы почти на любом виде ландшафта мерзлоты. Такие ландшафты проявляются в широком диапазоне: начиная с северных районов с тяжелыми геокриологическими условиями, заканчивая южными границами вечной мерзлоты.

Новейшие трубопроводы, построенные Россией, являются продолжением развития не только проектов советских проектировщиков и строителей, но и активно применяют опыт предшествующих современных проектов: например, газопровод [REDACTED] основан на опыте [REDACTED] также было разработано много успешных решений при строительстве [REDACTED]» на основе разработок используемых в строительстве «[REDACTED]. Скорость ввода в эксплуатацию магистральных трубопроводов также поразительна, например, для ВСТО (его длина составляет около 4000 км) прошло всего 6 лет от первых обсуждений целесообразности и маршрута проекта до сдачи в эксплуатацию первого

этапа.

Условия эксплуатации подземных газопроводов в условиях Крайнего Севера непосредственно связаны с их температурным режимом. Анализируя множественные исследования, опираясь на отечественный и зарубежный опыт эксплуатации, можно сделать вывод, что целесообразно применять преимущественно подземную прокладку с регулируемым охлаждением газа до уровней, которые определяются типом грунтов и распространением их по трассе газопровода.

Взаимодействие транспортируемого газа, трубы и грунта оценивается и учитывается понятием «тепловой или температурный режим» газопровода. Данное понятие очень важно для газопроводов, так как от него зависит их пропускная способность. Если брать в расчет то, что большая часть газопроводов Крайнего Севера проложена в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов, температурное взаимодействие с грунтами влияет на их состояние, а соответственно, и на надежность и механическую устойчивость линейной части газопровода.

### 3.2 Пути решения выявленных проблем в эксплуатации магистрального газопровода

Можно выделить следующие технические решения:

1) Основной метод прокладки трубопроводов - подземный. Это главный метод сооружения [REDACTED] прокладка использовалось только на территории распространения сильнольдистых почв на трассе магистральных [REDACTED] [REDACTED]». Интенсивное использование подземного метода

основано на качественных изыскательских работах, использовании специальных проектных решений, постоянном мониторинге трубы и особенностях структуры грунтов.

2) Распространены трубопроводные компенсаторы для подземных и надземных типов прокладки трубопровода. Таким образом, на трубопроводе [REDACTED]» для купирования сдвига трубопровода, вызванных термокарстовым оседанием в районах распространения льдистых пород, были использованы инновационные вертикальные компенсаторы [9].

3) Балластирующие и анкерные устройства активно используются для обеспечения горизонтального положения подземных трубопроводов. Их основным назначением является защита от всплытия и выпучивания трубы, и их можно устанавливать не только во время монтажа, но и во время эксплуатации [9].

4) Разработка инновационных подходов для изолирования покрытиями магистральных трубопроводов, нацеленных на обеспечение защиты от перетоков тепловых потоков в системе «трубопровод - грунт» и от коррозионного воздействия. Даже проводились разработки новейших изоляционных материалов. Как следствие, для изоляции магистрального трубопровода [REDACTED]» в компании [REDACTED] разработан новый нормативный документ [REDACTED] [9].

Пенополиуретан и пенополиэтилен активно используются для теплоизоляции.

Следует отметить теплоизоляционные экраны, которые устанавливают под трубопроводом на дно вырытой траншеи, они эффективны против сильнольдистых грунтов. Правильное использование изоляционных технологий позволяет снизить использование искусственного промораживания почв в

основании и связанные с этим экономические затраты.

5) Можно сказать, что использование термостабилизаторов постепенно уменьшается - например, в течение стройки проекта по прокладке нефтепровода [REDACTED] были [REDACTED] термостабилизаторов [11]. В свою очередь на проекте [REDACTED]» мощные холодильные установки были применены лишь на территории насосных станций. Эту тенденцию можно объяснить тем, что обслуживание технологии искусственной термостабилизации является сложной задачей. Это относится и к мониторингу их эффективности. Пример всего этого является магистральный трубопровод [REDACTED]», где порядка [REDACTED] термостабилизаторов не выполняли поставленную на них задачу [9].

На рисунке 1 показаны основные технические решения, которые используются для трубопроводов на вечной мерзлоте в России.

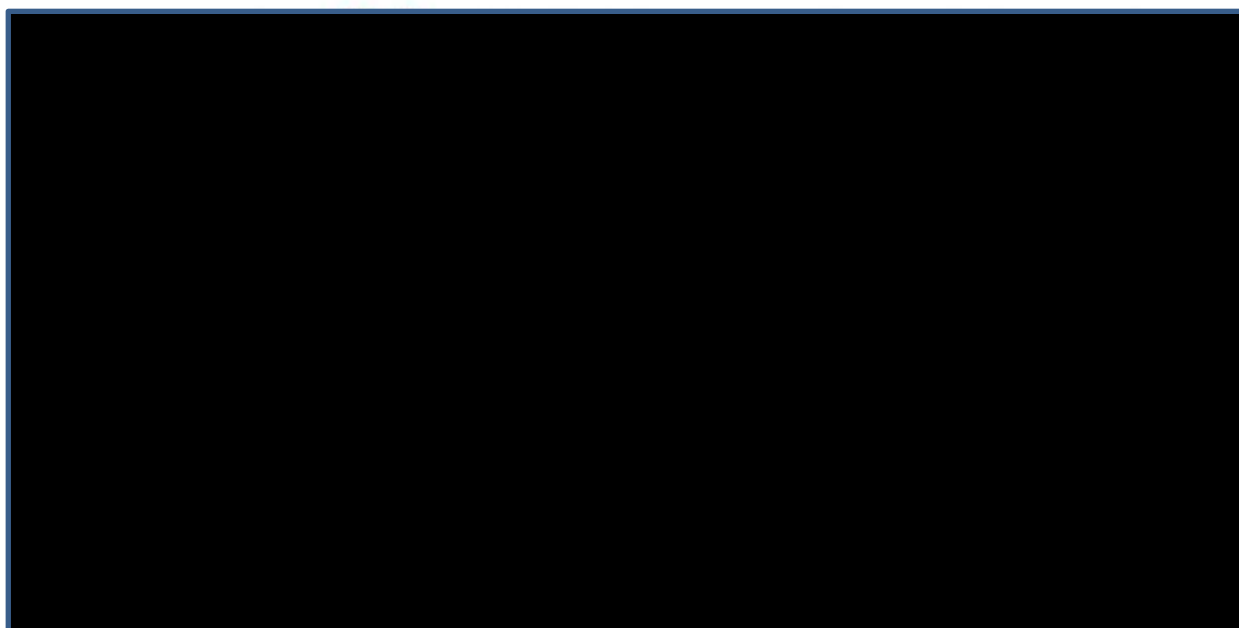


Рисунок 6 – Технологии, применяемые при строительстве магистральных трубопроводов в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов

За [REDACTED] рела уникальный опыт применения новейших технологий при строительстве и эксплуатации магистральных трубопроводов в условиях вечной мерзлоты.

Для защиты от коррозии применяются трубы и детали трубопроводов с заводскими защитными покрытиями усиленного типа. Для обеспечения теплового режима в процессе эксплуатации газопровода наземный участок должен иметь тепловое изоляционное покрытие, которое наносится на эпоксидное антикоррозионное покрытие.

Состав теплогидроизоляционного и антикоррозионного покрытия принят в следующем составе:

- первый слой – эпоксидное [REDACTED]
- второй слой – пенополиуретан плотностью не [REDACTED];
- третий слой – спиральновитой оболочке из оцинкованной [REDACTED] [REDACTED] первого класса покрытия.

Допустимая минимальная температура окружающей среды при хранении теплогидроизолированных труб минус 60 С, температура транспортируемого продукта до 80 °С [22].

Теплогидроизоляция и антикоррозионное покрытие должна наноситься в заводских условиях.

Для теплоизоляции и антикоррозионной изоляции сварных соединений труб применяются двухкомпонентный эпоксидный праймер, термоусаживающаяся манжета [REDACTED] в комплекте с замковой пластиной [REDACTED], кожух из оцинкованной стали, адгезивная лента [REDACTED] для герметизации краевых зон кожуха, жидкий пенополиуретан под кожух, термоусаживающаяся лента [REDACTED] с замковой пластиной

и оцинкованная сталь. Покрытие наносится в трассовых условиях. Антикоррозионная защита сварных соединений газопровода выполняется в трассовых условиях.

Участки надземной прокладки изолированы от подземного участка установкой на газопроводе в зоне перехода электроизолирующей вставки.

Также может быть предусмотрен электрообогрев надземных трубопроводов. Электрообогрев обеспечивает поддержание требуемой температуры среды при наружной температуре .

Система управления обогревом надземных трубопроводов обеспечивает высокую точность уровня поддерживаемой температуры и обеспечивает экономию электроэнергии за счет ступенчатого регулирования мощности в зависимости от температуры окружающего воздуха и температуры трубы [24].

Также могут использоваться опоры неподвижных, фиксирующих углы поворота трубопровода, свободно-подвижных и продольно-подвижных, обеспечивающих работу компенсаторов.

Конструкция опор должна быть . Опора свободно-подвижная и продольно-подвижная, в отличие от опор подвижных и скользящих, помимо свободного перемещения трубопровода в горизонтальной плоскости, обеспечивает возможность наклона в направлении продольной оси трубопровода. Такая конструкция обеспечивает соблюдение требований по сейсмозащищенности объектов и дает дополнительные компоновочные возможности при монтаже трубопроводов.

В зависимости от способа прокладки и места установки применяют неподвижные опоры: упорные, щитовые и хомутовые. Опоры с вертикальными двусторонними упорами и лобовые применяют при установке их на каркасах в камерах и тоннелях и при прокладке трубопроводов в проходных,

полупроходных и в непроходных каналах. Щитовые опоры применяют как при бесканальной прокладке, так и при прокладке теплопроводов в непроходных каналах при размещении опор вне камер.

Необходимо также предусмотреть мероприятия от выпучивания опор – проводить обработку свай против смораживания грунта со свай или заглублять опоры на достаточную величину. В любом случае глубина заложения опор должна быть больше глубины сезонного промерзания – оттаивания, то есть не менее 2 м [25].

По трассе газопровода для сохранения вечномерзлых грунтов в мерзлом состоянии, как в процессе проведения строительных работ, так и в течение всего периода эксплуатации сооружений рекомендуется стабилизировать температурный режим с помощью термостабилизаторов, обеспечивающих первоочередное замораживание грунтов в нижней части сваи, обеспечивая таким образом устойчивость свай от деформаций осадок и пучения. Для термостабилизации грунтов основания применяются термостабилизаторы марки ██████████, хладагент – углекислота. Данные термостабилизаторы экологически безопасны и могут применяться на любых объектах строительства без ограничения.

Погружение термостабилизаторов обусловлено грунтовыми условиями района проектирования и принято на глубину до 12 метров по трассе газопровода. Количество термостабилизаторов на одну опору составляет от 2 до 4 штук. Такое количество необходимо для создания твердомерзлого массива вокруг опоры [26].

По мнению многих специалистов, для территорий Крайнего Севера, которые обладают низкой несущей способностью, режим транспорта газа с термостабилизацией (охлаждение газа до температур, соответствующих



сезонным температурам грунта) – один из наиболее распространенных способов обеспечения проектного положения газопровода.

Охлаждение газа до температур, соответствующих сезонным температурам грунта, возможно, если на компрессорных станциях имеются специальные холодильные установки (АВО). Создание таких установок требует эксплуатационных затрат и дополнительных капиталовложений.

Аппарат воздушного охлаждения (АВО) предназначен для охлаждения или конденсации технологических потоков газа и конденсата. Эксплуатируется на открытых технологических площадках в районах с умеренным или холодным климатом. Температура технологического потока от [REDACTED] С, давление до [REDACTED] трубы выполняются длиной [REDACTED] с оребрением в виде накатанной моно- или биметаллической ленты и komponуются в секции. Коэффициент оребрения (отношение полной поверхности оребренной трубы к наружной поверхности трубы по диаметру основания ребер) [REDACTED]. Мощность установленных электродвигателей составляет [REDACTED] что обеспечивает скорости воздушного [REDACTED] в узких сечениях секций. Количество ходов по трубному пространству [REDACTED]

Природный газ последовательно охлаждается в аппарате воздушного охлаждения, в рекуперативном теплообменнике, а затем в энергоразделительном устройстве, выполненном в виде кожухотрубного теплообменника, имеющего газоходы выхода холодного и нагретого газа, сверхзвуковые каналы с профилированными соплами и диффузорами, где газовый поток делится на два потока, один из которых проходит через сверхзвуковые каналы, разгоняется до числа Маха  $M = 2-5$  и после этого с помощью дожимного компрессора поступает на компрессорную станцию, а

другой - охлажденный поток из межтрубного пространства энергоразделительного аппарата поступает в газопровод. При этом отношение полной температуры на входе в сверхзвуковые каналы к полной температуре на выходе из сверхзвуковых каналов находится в интервале 0,85-1,2. [REDACTED] снизить температуру в выходном коллекторе по сравнению с другими методами охлаждения. В результате мы получаем на выходе температуру газа, при которой предотвращается опасность растепления многолетнемерзлых пород.

### **3.3 Расчет температуры газа на выходе из аппарата воздушного охлаждения для определенного участка газопровода с известными характеристиками газа**

Далее проведем расчет температуры газа на выходе из АВО для определенного участка газопровода с известными характеристиками газа на входе в АВО и температурой грунта

Целью расчета является определение температуры охлаждения газа ТОХЛ при известных технических характеристиках [REDACTED] температурах газа и воздуха на входе в [REDACTED] давлении газа и воздуха на входе [REDACTED] и РБАР.

Расчет был проведен для участка газопровода « [REDACTED] с избыточным давлением газа на входе в [REDACTED], температурой газа на входе в [REDACTED] температурой атмосферного воздуха 223К, барометрическим давлением [REDACTED] температурой грунта вокруг газопровода от -7 до – 12 °С.

Расчет проводился для двух аппаратов воздушного охлаждения газа типа

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      | Технологические расчёты участка магистрального газопровода | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  | 58   |

██████████ с известными общими техническими условиями ██████████  
██████████

Исходными данными для расчёта являлись:

1. Объёмный расход газа через один ██████████
2. Плотность газа при этих же условиях ██████████
3. Избыточное давление газа на входе в ██████████
4. Температура газа на входе в АВО ██████████
5. Удельная теплоёмкость ██████████
6. Индекс сжимаемости газа ██████████
7. Динамическая вязкость газа ██████████
8. Теплопроводность газа ██████████
9. Относительная плотность газа по ██████████
10. Температура атмосферного воздуха ██████████
11. Барометрическое давление воздуха ██████████
12. Удельная теплоёмкость воздуха ██████████
13. Динамическая вязкость воздуха ██████████
14. Теплопроводность воздуха  $\lambda_{в} =$  ██████████
15. Число вентиляторов одного ██████████  
██████████
16. Производительность по воздуху одного вентилятора ██████████  
██████████
17. КПД вентилятора ██████████
18. Номинальная мощность электродвигателя вентилятора ██████████  
(██████████)
19. Число секций одного ██████████
20. Число труб в каждой секции ██████████

21. Число труб в одном ряду секции [REDACTED]

22. Число рядов труб в секции [REDACTED]

23. Полная длина трубы, обдуваемая воздухом

[REDACTED]

24. Расстояние вдоль трубы между крайними рёбрами по их основанию

[REDACTED]

25. Шаг между [REDACTED] труб в горизонтальной плоскости

[REDACTED]

26. Диаметр труб по основанию ребер [REDACTED]

[REDACTED]

27. Диаметр труб по высоте ребер [REDACTED]

28. Внутренний диаметр труб [REDACTED]);

29. Высота ребер [REDACTED]

30. Шаг между ребрами [REDACTED]

31. Площадь поперечного сечения [REDACTED]

[REDACTED]

32. Толщина ребра у основания [REDACTED] м, на высоте [REDACTED]

( [REDACTED]

33. Теплопроводность материала [REDACTED]

[REDACTED]

34. Тепловые сопротивления загрязнений [REDACTED]  
внутреннего [REDACTED]

При расчёте температуры газа на выходе из АВО последовательно определим следующие параметры.

Площадь полного горизонтального сечения по осям труб одного ряда труб секции АВО:

$$S_{\Gamma} = l * [l_1 * (n_{\text{ТР}} - 1) + D_H] \quad (1)$$

Площадь узкого сечения одного ряда труб секции АВО:

$$S_{\gamma} = S_{\Gamma} - l * d_H * n_{\text{ТР}} - 2 * S_p * n_{\text{ТР}} * n_p \quad (2)$$

$$n_p = \frac{l_p}{l_{\text{МР}}} + 1 \quad (3)$$

Площадь боковой поверхности ребер:

$$S_{\text{БР}} = 2 * \frac{\pi}{4} * (D_H^2 - d_H^2) * n_p \quad (5)$$

Площадь поверхности торцов ребер:

$$S_{\text{ТР}} = \pi * D_H * \delta_h * n_p \quad (6)$$

Полная площадь поверхности ребер:

$$S_{\text{ПР}} = S_{\text{БР}} + S_{\text{ТР}} \quad (7)$$

Площадь промежутков между ребер:

$$S_{\text{ПРОМ}} = (l_{\text{МР}} - \delta_{\text{осн}}) * \frac{l_p}{l_{\text{МР}}} * \pi * d_H \quad (8)$$

Площадь оребренной поверхности трубы:

$$S = S_{\text{ПР}} + S_{\text{ПРОМ}} \quad (9)$$

Площадь наружной поверхности трубы у основания ребер:

$$S_H = \pi * d_H * l \quad (10)$$

Площадь внутренней поверхности трубы:

Поверхность охлаждения одной секции АВО:

$$S_T = [S + \pi * d_H * (l - l_p)] * n_{TRC} \quad (12)$$

В первом приближении задаётся температура охлаждения газа в АВО на 10÷15 К выше расчётной температуры воздуха на входе:

$$T_{\text{ОХЛ}} = T_{\text{В}} + (10 \div 15) \quad (13)$$

Средняя температура газа в АВО:

$$T_{\text{СРr}} = \frac{T_{\text{ВХ}} + T_{\text{ОХЛ}}}{2} \quad (14)$$

Скорость газа в трубах:

$$W_r = \frac{Q_r}{\frac{\pi}{4} d_{\text{ВН}}^2 n_C n_{TRC}} \quad (15)$$

[Redacted]

Где

[Redacted]

(16)

[Redacted]

Средняя плотность газа:

$$\rho_{\text{CP}_\Gamma} = \frac{\Delta * P_{\text{BX}}}{Z * T_{\text{CP}_\Gamma} * R_{\text{ВОЗ}}} \quad (17)$$

[Redacted]

Число Рейнольдса для газа:

$$Re_\Gamma = \frac{\rho_{\text{CP}_\Gamma} * d_{\text{ВН}} * W_\Gamma}{\mu_\Gamma} \quad (18)$$

[Redacted]

Критерий Прандтля для газа:

$$Pr_\Gamma = \frac{c_p * \mu_\Gamma}{\lambda_\Gamma} \quad (19)$$

[Redacted]

Коэффициент теплоотдачи со стороны газа:

[Redacted]

(20)

[Redacted]

Количество тепла, передаваемого в АВО:

$$Q_T = \rho_{\Gamma} * Q * c_{p\Gamma} * (T_{ВХ} - T_{ОХЛ}) \quad (21)$$

Средняя температура воздуха на выходе из АВО:

$$T_{ВВ} = T_B + \frac{Q_T}{G_B * c_{pb} * n_B} \quad (22)$$

Средняя температура воздуха в секциях АВО:

$$T_{СРВ} = 0,5 * (T_B + T_{ВВ}) \quad (23)$$

Выбирается статическое давление вентилятора \_\_\_\_\_ Па.

Средняя плотность воздуха в секциях АВО при нижнем расположении вентиляторов и при верхнем расположении вентилятора:

$$\rho_{СРВ} = \frac{P_{бар} + 0,5 * P_{ст}}{R_{воз} * T_{СРВ}} \quad (24)$$

Средняя скорость воздуха в узком сечении АВО:

$$W_B = \frac{G_B * n_B}{\rho_{СРВ} * S_y * n_c} \quad (25)$$

Коэффициент оребрения:

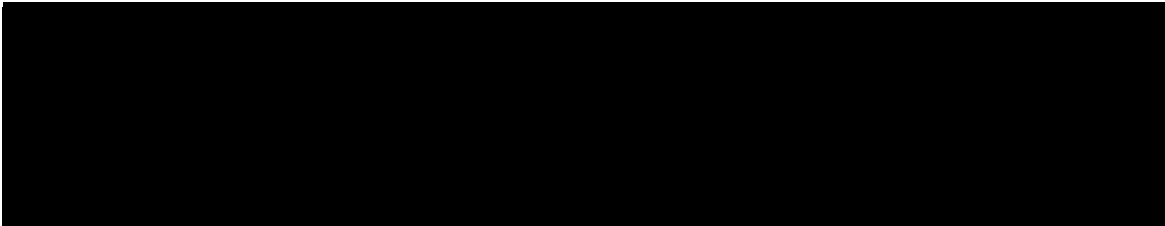
$$K_{OP} = \frac{S}{S_H} \quad (26)$$



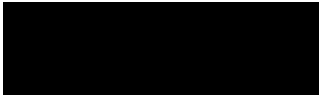


Условный определяющий размер:

$$l_y = l_p * (D_H^2 - d_H^2) * \frac{\left[ 1 + \sqrt{\frac{\pi * (D_H^2 - d_H^2)}{4}} \right]}{2l * R * K_{OP} * l_{MP} * d_H} \quad (27)$$



Число Рейнольдса по условному определяющему размеру:



Эквивалентный диаметр сжатого поперечного сечения пучка труб:

$$d_э = \frac{2 * [l_{MP} * (l_1 - d_H) - h * (\delta_{осн} + \delta_h)]}{2 * h + l_{MP}} \quad (29)$$

$d_э$



=

Коэффициент формы шахматного пучка труб:

$$C_S = 5,4 * \left( \frac{l_y}{d_э} \right)^{0,3} \quad (30)$$

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|

[REDACTED]

Коэффициент гидравлического сопротивления пучка труб с шахматным расположением ребренных труб:

$$\xi = R * C_S * C_R * Re^{-0,25} + \frac{2 * (T_{BB} - T_B)}{T_{CPB}} \quad (31)$$

[REDACTED]

Статистическое давление вентилятора:

$$P_{ст} = 0,5 * \xi * \rho_{CPB} * W_B^2 \quad (32)$$

[REDACTED]

Критерий Прандтля для воздуха:

$$Pr_B = \frac{c_{pB} * \mu_B}{\lambda_B} \quad (33)$$

[REDACTED]

Число Рейнольдса для воздуха:

$$Re_B = \frac{\rho_{CPB} * W_B * d_H}{\mu_B} \quad (34)$$

[REDACTED]

Поправочный коэффициент для числа продольных рядов шахматных пучков труб с круглыми ребрами:

$$K_R = 0,8937 * R^{0,0457} \quad (35)$$

[REDACTED]

Критерий Нуссельта:

$$Nu_B = 0,23 * K_R * K_{OP}^{0,2} * Re_B^{0,65} * \left(\frac{d_H}{l_{MP}}\right)^{-0,54} * \left(\frac{h}{l_{MP}}\right)^{-0,14} \quad (36)$$



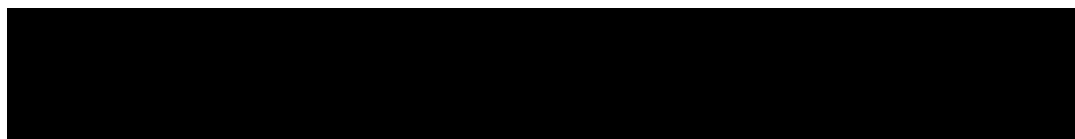
Конвективный коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха:

$$\alpha_K = \frac{Nu_B * \lambda_B}{d_H} \quad (37)$$

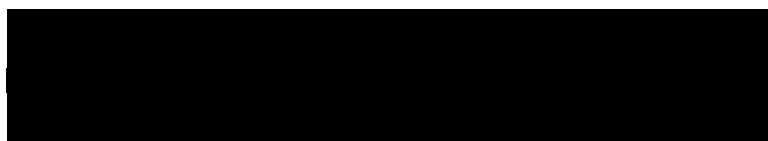


Безразмерная высота ребер:

$$B_1 = \left(h + \frac{\delta_K + \delta_{OCH}}{2}\right) * \sqrt{\frac{4\alpha_K}{\lambda_p * (\delta_K + \delta_{OCH})}} \quad (38)$$

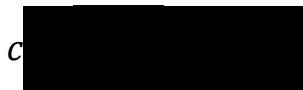


$$B_2 = h * \sqrt{\frac{4\alpha_K}{\lambda_p * (\delta_K + \delta_{OCH})}} \quad (39)$$



Безразмерные значения:

$$c = \frac{D_H}{d_H} \quad (40)$$



Коэффициент эффективности круглых поперечных ребер  
прямоугольного сечения:

$$E = 1,0965 - 0,2888 * B_1 * +0,7131 * 10^{-2} * c - 0,1216 * B_1 * c \quad (41)$$

$$+ 0,01277 * B_1^2 - 0,1521 * 10^{-2} * c^2 + 0,03417 * c * B_1^2$$

$$+ 0,01173 * B_1 * c^2 - 0,3291 * 10^{-2} * (c * B_1)^2$$

Поправочный коэффициент, учитываемый неравномерность  
распределения коэффициента теплоотдачи по поверхности ребра:

$$\varphi = 0,97 - 0,056 * B_2 \quad (42)$$

Приведенный коэффициент теплоотдачи:

$$\alpha_{\text{ПР}} = \alpha_K * \left[ 1 + \frac{S_{\text{ПР}} * (E * \tau * \varphi - 1)}{S} \right] \quad (43)$$

Отношение полной наружной поверхности трубы с ребрами к её  
внутренней поверхности:

$$\beta = \frac{S}{S_B} \quad (44)$$

Коэффициент теплоотдачи с учётом загрязнений, отнесенный к полной  
поверхности оребренных труб:

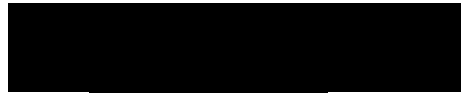
$$K_{ABO} = \frac{1}{\frac{\beta}{\alpha_{BH}} + \frac{1}{\alpha_{IP}} + \beta * r_{3_{BH}} + r_{3_H}} \quad (45)$$



Значения:

$$M = \frac{T_{BX} - T_{OХЛ}}{T_{BB} - T_B} \quad (46)$$

$$N = \frac{T_{BB} - T_B}{T_{BX} - T_B} \quad (47)$$



$$N \text{ [redacted]} = \text{[redacted]}$$

Поправочный коэффициент при однократном перекрестном ходе  $\varepsilon$ :

$$\begin{aligned} \varepsilon = & 0,9959 - 0,3359 * M * N - 0,0259 * N * M^2 + 0,6235 * M * N^2 \\ & + 3,0054 * (M * N)^2 - 0,4337 * N^2 * M^3 - 9,6514 * N^3 * M^2 \\ & + 0,5624 * (M * N)^3 + 7,0741 * N^4 * M^2 - 0,868 * N^4 \\ & - 2,7969 * N^6 \end{aligned} \quad (48)$$

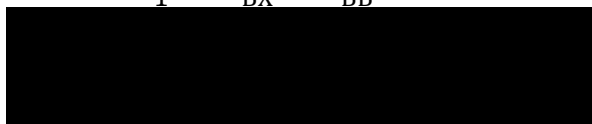


Средний температурный напор:

$$\theta_{\text{ср}} = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\ln \frac{\theta_1}{\theta_2}} * \varepsilon \quad (49)$$

$$\theta_2 = T_{\text{ОХЛ}} - T_{\text{В}} \quad (50)$$

$$\theta_1 = T_{\text{ВХ}} - T_{\text{ВВ}} \quad (51)$$



Плотность теплового потока:

$$q_T = K_{\text{АВО}} * \theta_{\text{ср}} \quad (52)$$



Уточняется количество тепла, передаваемого в АВО:




$$Q_T^1 = q_T * S_T * n_c \quad (53)$$



Расчётная температура охлаждения газа:

$$T_{\text{охл}}^1 = T_{\text{ВХ}} - \frac{Q_T^1}{Q * \rho_{\text{Г}} * c_{\rho_{\text{Г}}}} \quad (54)$$



По результатам расчета температуры охлажденного газа на выходе из АВО для  можно сделать вывод, что применение   данного участка наиболее приемлемо по причине того, что целью использования АВО является охлаждение газа до температур, соответствующих сезонным температурам грунта, а температура грунта вокруг

газопровода находится в пределах [REDACTED]  
транспортируемый [REDACTED] [REDACTED] то время, как  
[REDACTED] газ всего лишь до [REDACTED] (Рисунок 7).

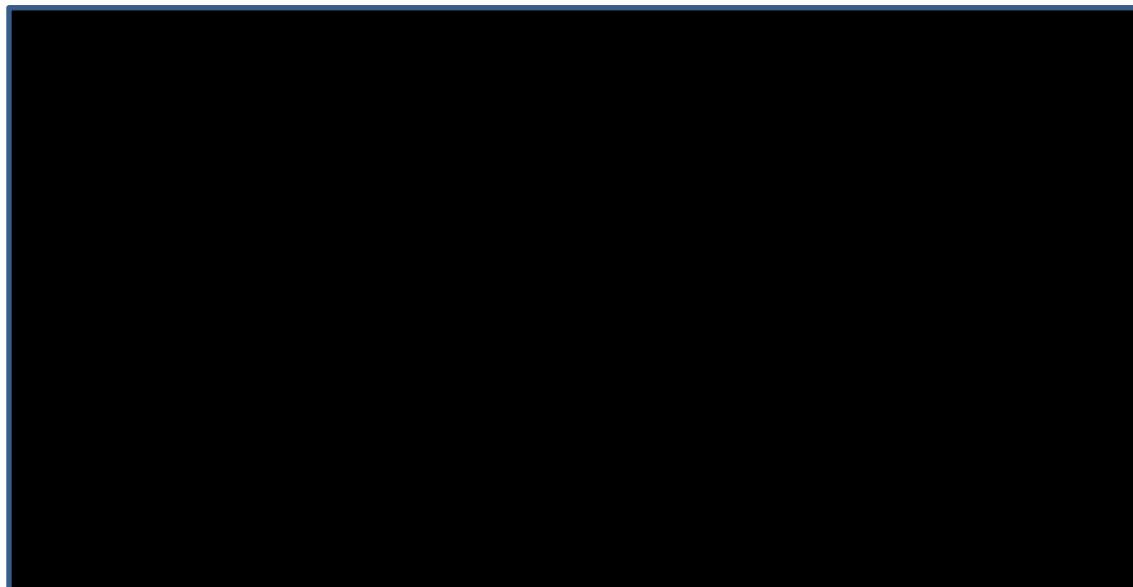


Рисунок 7 - Результаты расчета температуры охлажденного газа на выходе из АВО

Далее проведем расчет прочности данного магистрального газопровода. Проверка прочности подземного газопровода состоит в соблюдении следующих условий: (при совместном действии всех нагрузок силового и деформационного нагружений):

$$\sigma_{пр NS} \leq 1,15 * R \quad (55)$$

$$\sigma_{пр S} \leq 1,3 * R \quad (56)$$

где:  $\sigma_{пр NS}$  – продольное осевое напряжение, МПа;

$\sigma_{пр S}$  – продольное фибровое напряжение, МПа;

$R$  – расчетное сопротивление, МПа.

Значение расчетного сопротивления  $R$  (МПа) определяются по формуле:

$$R = \min\left(\frac{R_{ит}}{2,6}; \frac{R_{ип}}{1,5}\right) \quad (57)$$

где:  $R_{ит}$ ,  $R_{ип}$  – нормативные сопротивления материала труб и соединительных деталей соответственно по временному сопротивлению и пределу текучести, МПа, принимается по ГОСТам или ТУ на соответствующие трубы (для стальных электросварных труб и отводов из стали [REDACTED])

Определяем значение расчетного сопротивления для трубы и отводов:

$$[REDACTED]$$

Значение продольного осевого напряжения определяется по формуле:

$$\sigma_{пр NS} = \frac{\mu * p * (d_e - 1,2 * t_{пот})}{2 * t_{пот}} - \alpha * \Delta t * E \quad (58)$$

где:  $\mu$  – коэффициент Пуассона материала труб (принимается  $\mu = 0,3$ );

$p$  – рабочее давление, МПа;

$d_e$  – наружный диаметр газопровода, м;

$t_{ном}$  – номинальная толщина стенки труб и соединительных деталей, м;

$\alpha$  – коэффициент линейного теплового расширения материала труб,  $\frac{м}{м^{\circ}C}$

(принимается  $\alpha = 1,2 * 10^{-5} \frac{м}{м^{\circ}C}$ );

$\Delta t$  – температурный перепад,  $^{\circ}C$ , принимается равным разности между температурой газа в процессе эксплуатации газопровода (наименьшей или наибольшей) и температурой, при которой фиксируется расчетная схема газопровода (принимается температуру монтажа [REDACTED] при расчетной наружной температуре в холодный период года [REDACTED] и глубине



промерзания [REDACTED] трубы в холодный период года будет  $t_{x.n} = -$

[REDACTED]  
 $E$  – модуль упругости материала труб, МПа (пр [REDACTED] ся  $E = 206000$  МПа);

Определяем значение  $\sigma_{npNS}$ :

[REDACTED]

Проверяем условие:

[REDACTED]

условие выполняется.

Значение  $\sigma_{npS}$  (МПа) определяется по формуле:

$$\sigma_{npS} = \left| \frac{\mu * p * (d_e - 1,2 * t_{пот})}{2 * t_{пот}} - \alpha * \Delta t * E \right| + \sigma_{оу} \quad (59)$$

где:

$\sigma_{оу}$  – дополнительное напряжение в газопроводе, обусловленное прокладкой его в особых условиях (при глубине [REDACTED] и сильнопучинистых грунтах [REDACTED])

Определяем значение  $\sigma_{npS}$ :

[REDACTED]

Проверяем условие:

[REDACTED]

условие выполняется. Таким образом, исследуемый магистральный газопровод проходит проверку прочности.

Таким образом, в процессе эксплуатации магистральных газопроводов в условиях Крайнего Севера происходит их механическое и тепловое взаимодействие между газопроводом и многолетнемерзлыми и промерзающими грунтами. Данное взаимодействие обуславливает активизацию геокриологических процессов, которые влияют на устойчивость и надежность эксплуатации самих газопроводов.

При проведении расчётов АВО можно сделать вывод что температура транспортируемого газа очень сильно влияет на процесс «оттаивания» грунтов. Из этого следует, что необходимо на производстве необходимо применять самые передовые аппараты воздушного охлаждения газа для достижения максимального охлаждения транспортируемого продукта (газа).

Таким образом, изменение температуры в литотехнической системе является основным фактором активизации геокриологических процессов, которые крайне негативно влияют на устойчивость оснований и эксплуатационную надежность магистральных газопроводов Крайнего Севера. Влияние данного фактора должны учитывать проекты инженерной защиты.

Возникновение большого количества аварий и отказов оборудования обуславливает необходимость анализа проблемы повышения надежности эксплуатации на газопроводах, расположенных в районах Крайнего Севера. Подобные аварии в данной местности приводят к значительным экономическим и экологическим потерям.

Таким образом, при строительстве газопровода с точки зрения строительных норм должно соблюдаться требование сохранения естественного режима функционирования мерзлых грунтов, расположенных в области строительства. В случае, если естественный режим должен быть сохранен, используется надземная прокладка газопровода, если же может быть допущено

нарушение – применяется подземная прокладка. При этом необходимо выполнять технико-экономические расчеты, которые бы подтвердили надежность того или иного проектного решения.

Магистральные газопроводы, расположенные в районах Крайнего Севера, характеризуются осложняющими условиями, так как имеют место экстремальные перепады температур, сложные геокриологические условия. Если газопровод расположен под землей, то в силу особенностей технологии прокладки данное сооружение приносит дополнительные возмущения в температурный режим, сформированный внутри грунтов, что в итоге порождает процессы пучения, термокарста и т.д. [19].

Если же газопровод расположен надземным способом, то к нему, помимо требований, предъявляемым к выбору труб, применимы требования как к разновидности строительного объекта.

Если газопровод проложен на сваях, к нему применимы требования по выбору трассы пролегания, надежности свайного основания, проведению монтажных работ. В случае прокладки газопровода на многолетнемерзлых грунтах пристальное внимание должно быть уделено работам в части подготовки свай, а именно, должны быть тщательно проанализированы способы, которыми будут буриться скважины для свай, возможные мероприятия против пучения грунтов, мероприятия по сохранению покрова тундры.

В случае, если данные факты не будут приняты во внимание, свайное поле потеряет устойчивость, могут возникнуть различные эрозионные процессы на трассе пролегания, что в конечном счете значительно снизит надежность прокладываемого газопровода. Также необходимо принимать во внимание тот факт, что газопроводы многопролетного типа вследствие своей

протяженности подвержены колебаниям от ветра, а также от перепадов температур. Поэтому при проектировании должно быть уделено внимание конструкциям опор магистрального газопровода.

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      | Технологические расчёты участка магистрального газопровода | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  | 76   |

## 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

#### 4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Проблема обеспечения надежной эксплуатации газопроводов Крайнего Севера объективно связана с увеличением риска аварий и отказов. Это ведет к значительным экономическим потерям и серьезным экологическим последствиям. Решение этой проблемы заключается в количественной оценке линейной части магистральных газопроводов (МГ) и исследовании природно-климатических факторов, воздействующих на газопровод, с целью создания условий его нормативной эксплуатации.

Развитие нефтегазовой промышленности на основе мощных магистральных трубопроводов и эксплуатация их в районах со сложными природными условиями озадачили вопросом о решении несущей способности, долговечности и надёжности.

Таблица 1 – Карта сегментирования рынка

|                 |         | Вид исследования: установка подготовки нефти (УПН) |  |   |
|-----------------|---------|--|--|---|
|                 |         | Расчет участка газопровода                         | Выработка предложений по решению проблем | Модернизация участка магистрального газопровода |
| Размер компании | Крупные |  |  |   |
|                 | Средние |  |  |   |
|                 | Мелкие  |  |  |   |

| Изм        | Лист           | № докум | Подпись | Дата | Повышение эксплуатационной надежности магистрального газопровода в условиях эксплуатации Крайнего Севера |    |  |     |
|------------|----------------|---------|---------|------|--|----|--|-----|
| Разраб.    | Петров А.И.    |         |         |      |  |    |  |     |
| Руковод.   | Чухарева Н.В.  |         |         |      |  | 73 |  | 114 |
| Консульт.  | Клемашева Е.И. |         |         |      | ТПУ гр. 3-2Б6А   |    |  |     |
| Рук-ль ООП | Брусник О.В.   |         |         |      |  |    |  |     |
|            |                |         |         |      | Финансовый менеджмент,<br>ресурсоэффективность и<br>ресурсосбережение                                    |    |  |     |



Фирма А



Фирма Б



Фирма В

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

В условиях данного проекта будут применены следующие технические решения:

- на участках устройства теплоизоляции применить скальный лист для защиты от механических повреждений;
- на участках с залеганием льдов выполнить устройство опор с подвеской действующего газопровода;
- осуществить термостабилизацию грунтов.

Для данного проекта целевым рынком являются предприятия газовой отрасли, а сегментами будут являться компании трубопроводного транспорта углеводородов.

#### 4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Трасса газопровода проходит в условиях многолетнемёрзлых грунтов, при эксплуатации которого необходимо учитывать множество факторов и следующих технических решений:

- На участках устройства теплоизоляции применить скальный лист для защиты от механических повреждений;
- На участках с залеганием льдов выполнить устройство опор с подвеской действующего подземного газопровода;
- Проектом определить необходимость термостабилизации грунтов.

Конкурентные решения:

1. Насыпь грунта расчетной толщины для предотвращения всплытия трубопровода;

2. На участках многолетнемерзлым грунтом установить тепловую изоляцию расчетной толщины.

Таблица 2 – Оценочная карта для конкурентных технических решений

| Критерии оценки  | Вес критерия | Баллы     |           |           | Конкурентоспособность |            |             |
|--|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|------------|-------------|
|  |              | проект    | Кон-т 1   | Кон-т 2   | проект                | Кон-т 1    | Кон-т 2     |
| 1  | 2            | 3         | 4         | 5         | 6                     | 7          | 8           |
| <b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>            |              |           |           |           |                       |            |             |
| 1. Способствует росту производительности труда                     | 0.1          | 5         | 4         | 5         | 0.5                   | 0.4        | 0.5         |
| 2. Удобный в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей) | 0.06         | 5         | 4         | 4         | 0.3                   | 0.24       | 0.24        |
| 3. Коррозиестойчивый   | 0.05         | 4         | 4         | 3         | 0.2                   | 0.2        | 0.15        |
| 4. Энергосберегающий   | 0.1          | 4         | 5         | 3         | 0.4                   | 0.5        | 0.3         |
| 5. Надежный  | 0.1          | 5         | 4         | 4         | 0.5                   | 0.4        | 0.4         |
| 6. Безопасный  | 0.1          | 4         | 4         | 4         | 0.4                   | 0.4        | 0.4         |
| 7. Простота эксплуатации   | 0.06         | 4         | 4         | 5         | 0.24                  | 0.24       | 0.3         |
| <b>Экономические критерии оценки эффективности</b>                 |              |           |           |           |                       |            |             |
| 1. Конкурентоспособность продукта                                  | 0.07         | 4         | 4         | 3         | 0.28                  | 0.28       | 0.21        |
| 2. Уровень проникновения на рынок                                  | 0.06         | 1         | 4         | 4         | 0.06                  | 0.24       | 0.24        |
| 3. Цена  | 0.1          | 4         | 1         | 3         | 0.4                   | 0.1        | 0.3         |
| 4. Предполагаемый срок эксплуатации                                | 0.2          | 5         | 4         | 3         | 1                     | 0.8        | 0.6         |
| <b>Итого</b>   | <b>1</b>     | <b>45</b> | <b>42</b> | <b>41</b> | <b>4.28</b>           | <b>3.8</b> | <b>3.64</b> |

Оценка конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i,$$

где

$P_{cp}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

По результатам оценки можно выделить следующие конкурентные преимущества разрабатываемого проекта: рост производительности труда, повышенная надежность, длительный срок эксплуатации.

### 4.1.3 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

Таблица 3 – Оценочная карта

| Критерии оценки   | Вес критерия | Баллы | Максимальный балл | Относительное значение (3/4) | Средневзвешенное Значения (5x2) |
|---|--------------|-------|-------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 1   | 2            | 3     | 4                 | 5                            |                                 |
| <b>Показатели оценка качества разработки</b>                        |              |       |                   |                              |                                 |
| 1. Повышение производительности труда пользователя                  | 0.07         | 65    | 100               | 0.65                         | 0.0455                          |
| 2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей) | 0.13         | 75    | 100               | 0.75                         | 0.0975                          |
| 3. Помехоустойчивость   | 0.03         | 50    | 100               | 0.5                          | 0.015                           |



|  |          |            |            |             |              |
|--|----------|------------|------------|-------------|--------------|
| 4. Энергоэкономичность                                       | 0.1      | 70         | 100        | 0.7         | 0.07         |
| 5. Надежность  | 0.2      | 100        | 100        | 1           | 0.2          |
| 6. Уровень шума  | 0.04     | 40         | 100        | 0.4         | 0.016        |
| <b>Показатели оценки коммерческого потенциала разработки</b> |          |            |            |             |              |
| 7. Продукт   | 0.03     | 70         | 100        | 0.7         | 0.021        |
| 8. Уровень проникновения на рынок                            | 0.04     | 80         | 100        | 0.7         | 0.032        |
| 9. Цена  | 0.06     | 45         | 100        | 0.45        | 0.027        |
| 10. Предполагаемый срок эксплуатации                         | 0.1      | 100        | 100        |             | 0.1          |
| <b>Итого:</b>  | <b>1</b> | <b>695</b> | <b>100</b> | <b>6.95</b> | <b>0.624</b> |

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i$$

где  $P_{cp}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

Значение  $P_{cp}$  - позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования.

$$P_{cp} = 62,4$$

Данное значение лежит в интервале от 60 до 79, следовательно, перспективность разработки проекта повышения надежности участка магистрального газопровода – выше среднего.

#### 4.1.4 SWOT-анализ

Для получения четкой оценки проекта и его перспектив необходимо провести SWOT- анализ. SWOT - анализ - это определение сильных и слабых

сторон проекта, а также возможностей и угроз, исходящих из ближайшего окружения (внешней среды).

Таблица 4 – SWOT-анализ

|  |  |   |
|--|--|---|
|  | <p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Стоимость внедрения технологического оборудования ниже, чем при альтернативных способах прокладки;</p> <p>С2. Долговременные безотказные сроки эксплуатации трубопровода;</p> <p>С3. Снижение воздействия на окружающую среду;</p> <p>С4. Возможность применять на эксплуатируемых трубопроводах.</p> | <p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл.1 При применении на эксплуатируемом трубопроводе, затраты на земляные работы;</p> <p>Сл.2 Ускоренное развитие инноваций.</p>   |
| <p>Возможности:</p> <p>В1. Появление дополнительного спроса на технологию</p> <p>В2. Дополнительные места на производстве</p>  | <p>1. Перемещение сырьевой базы углеводородов в отдалённые районы крайнего Севера;</p> <p>2. Расширение кадрового состава</p>  | <p>1. Приостановление развития нефтегазовой отрасли ввиду спада цен на нефть;</p> <p>2. Отбор высококвалифицированных специалистов</p>  |
| <p>Угрозы:</p> <p>У1. Ограничение на транспортировку технологии;</p> <p>У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.</p> | <p>1. Экономически выгодное и необходимое решение при строительстве магистральных трубопроводов в условиях многолетнемёрзлых грунтов;</p> <p>2. Получение патентов и грантов обусловленной инновацией.</p>   | <p>1. Затраты на транспортировку технологии в отдалённые районы;</p> <p>2. Затраты на опубликование научных статей и затраты на научное исследование с приобретением основным материалов.</p> |

## 4.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

При организации научно-исследовательской работы необходимо планировать занятость каждого участника и определить сроки выполнения этапов работ. При реализации проекта рассматриваются два исполнителя: руководитель (Р), исполнитель (И). Выделенные этапы представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

| Основные этапы                                | № раб. | Содержание работ   | Должность исполнителя        |
|---|--------|--|------------------------------|
| Разработка технического задания               | 1      | Составление и утверждение технического задания                               | Руководитель<br>Исполнитель  |
| Выбор направления исследований                | 2      | Выбор направления исследований   | Руководитель                 |
|   | 3      | Подбор и изучение литературы по теме   | Исполнитель                  |
|   | 4      | Календарное планирование работ по теме                                       | Руководитель,<br>Исполнитель |
| Теоретические и расчетные исследования        | 5      | Поиск необходимых технических решений для повышения эффективности работы УПН | Исполнитель                  |
|   | 6      | Проведение расчетов  | Исполнитель                  |
| Обобщение и оценка результатов                | 7      | Оценка результатов исследования  | Руководитель,<br>Исполнитель |
| Оформления отчета по исследовательской работе | 8      | Составление пояснительной записки  | Руководитель,<br>Исполнитель |

#### 4.2.2 Определение трудоемкости

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях выполняется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ОЖ}}{K_{ВН}} \cdot K$$

где  $t_{ож}$  – трудоемкость работы, чел/дн;

$K_{ВН}$  – коэффициент выполнения работ ( $K_{ВН} = 1$ );

$K_{Д}$  – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсации и согласование работ ( $K_{Д} = 1,2$ ).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

где  $t_{ож}$  – трудоемкость работы, чел/дн;

$K_{ВН}$  – коэффициент выполнения работ ( $K_{ВН} = 1$ );

$K_{Д}$  – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсации и согласование работ ( $K_{Д} = 1,2$ ).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К},$$

где  $T_{РД}$  – продолжительность выполнения этапа в рабочих днях;

$T_{КД}$  – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{К}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$T_{К} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вд} - T_{пд}},$$

где  $T_{КАЛ}$  – календарные дни;

$T_{ВД}$  – выходные дни;

$T_{ПД}$  – праздничные дни.

$$T_{К} = \frac{365}{365 - 66} = 1,22,$$

$$T_{К} = \frac{365}{365 - 118} = 1,47,$$

Для расчета ожидаемого значения продолжительности работ  $t_{ож}$

применяется две оценки:  $t_{min}$  и  $t_{max}$  (метод двух оценок).

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

где  $t_{min}$  – минимальная трудоемкость работ, чел/дн;

$t_{max}$  – максимальная трудоемкость работ, чел/дн.

Из расчета ожидаемой трудоемкости работ, определим продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$  учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{T_{ожi}}{Чi},$$

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

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

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

### 4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для построения диаграммы Ганта, переведем длительность каждого из этапов работ в календарные дни:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot T_k,$$

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

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

$T_k$  – коэффициент календарности.

Таблица 6 - Временные показатели проведения научного исследования

| № работ | Трудоемкость работ |   |            |   |           |     | Исполнители | $T_{pi}$ | $T_{ki}$ |
|---------|--------------------|---|------------|---|-----------|-----|-------------|----------|----------|
|         | $t_{mini}$         |   | $t_{maxi}$ |   | $t_{ожi}$ |     |             |          |          |
|         | И                  | Р | И          | Р | И         | Р   |             | И+Р      | И+Р      |
| 1       | 2                  | 1 | 3          | 2 | 2,4       | 1,4 | 2           | 1,9      | 2,81     |
| 2       | 10                 | 3 | 17         | 5 | 12,8      | 3,8 | 2           | 8,3      | 12,27    |

|        |    |    |     |    |      |      |   |      |        |
|--------|----|----|-----|----|------|------|---|------|--------|
| 3      | 5  | 2  | 7   | 3  | 5,8  | 2,4  | 2 | 4,1  | 6,06   |
| 4      | 2  | 0  | 3   | 0  | 2,4  | 0    | 2 | 1,2  | 1,77   |
| 5      | 3  | 0  | 5   | 0  | 3,8  | 0    | 1 | 3,8  | 5,62   |
| 6      | 40 | 0  | 60  | 0  | 48   | 0    | 1 | 48   | 70,94  |
| 7      | 2  | 2  | 3   | 3  | 2,4  | 2,4  | 2 | 2,4  | 3,55   |
| 8      | 2  | 2  | 3   | 3  | 2,4  | 2,4  | 2 | 2,4  | 3,55   |
| 9      | 7  | 0  | 10  | 0  | 8,2  | 0    | 1 | 8,2  | 12,12  |
| Итого: | 73 | 10 | 111 | 16 | 88,2 | 12,4 |   | 80,3 | 118,68 |

На основании таблицы 6 построим диаграмму Ганта (таблица 11), представляющую из себя ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения работ.

Таблица 7 – Календарный план – график проведения НИ по теме

| Вид работ   | Исполнители               | Т <sub>к</sub> , кал, дн. | Продолжительность выполнения работ |   |  |       |   |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |  |  |  |
|---|---------------------------|---------------------------|------------------------------------|---|--|-------|---|---|------|---|---|--------|---|---|-----|---|---|--|--|--|
|   |                           |                           | Янв.                               |   |  | Февр. |   |   | Март |   |   | Апрель |   |   | Май |   |   |  |  |  |
|   |                           |                           | 2                                  | 3 |  | 1     | 2 | 3 | 1    | 2 | 3 | 1      | 2 | 3 | 1   | 2 | 3 |  |  |  |
| Изучение литературы, составление литературного обзора | Исполнитель, руководитель | 34                        |                                    |   |  |       |   |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |  |  |  |
| Расчет параметров работы УПН                          | Исполнитель               | 17                        |                                    |   |  |       |   |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |  |  |  |
| Обсуждение полученных результатов                     | Исполнитель, руководитель | 12                        |                                    |   |  |       |   |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |  |  |  |
| Оформление выводов                                    | Исполнитель, руководитель | 10                        |                                    |   |  |       |   |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |  |  |  |
| Оформление пояснительной записки                      | Исполнитель, руководитель | 21                        |                                    |   |  |       |   |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |  |  |  |



-научный руководитель



-исполнитель

## 4.2.4 Бюджет научного исследования

### 4.2.4.1 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

Для разработки проекта поиска технических решений для повышения надежности эксплуатации магистральных газопроводов в условиях крайнего севера необходимо следующее специальное оборудование: компьютер.

Таблица 8 – Специальное оборудование

| Наименование  | Ед. измер. | Количество | Цена за ед., руб. | Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб. |
|---------------|------------|------------|-------------------|---|
| Компьютер     | шт         | 1          | 32 000,00         | 32 000,00                                     |
| <b>Итого:</b> |            |            |                   | 32 000,00                                     |

### 4.2.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы

По данной статье расходов планируется и учитывается основная заработная плата исполнителей, непосредственно участвующих в разработке проекта модернизации:

$$C_{\text{осн зп}} = \sum t_i \cdot C_{\text{зп}i},$$

где  $t_i$  - затраты труда, необходимые для выполнения  $i$ -го вида работ, в рабочих днях;

$C_{\text{зп}i}$  - среднедневная заработная плата работника, выполняющего  $i$ -ый вид работ, (руб./день).

Среднедневная заработная плата определяется по формуле:

$$C_{\text{зп}i} = \frac{D + D \cdot K}{F},$$

где  $D$  – месячный оклад работника (в соответствии с квалификационным уровнем профессиональной квалификационной группы);

$K$  - районный коэффициент (для Томска – 30%);

$F$  – количество рабочих дней в месяце (в среднем 22 дня).

Расходы на основную заработную плату определяются как произведение трудоемкости работ каждого исполнителя на среднедневную заработную плату.

Таблица 9 – Расчет основной заработной платы

| №             | Наименование этапов               | Исполнители по категориям | Трудоемкость, чел.-дн. | Зарботная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб. | Всего заработная плата по тарифу, тыс. руб. |
|---------------|-----------------------------------|---------------------------|------------------------|---|---|
| 1             | Календарное планирование          | Руководитель, исполнитель | 2                      | 2,55  | 5,1   |
| 2             | Выбор темы исследований           | Руководитель, исполнитель | 13                     | 2,55  | 33,15                                       |
| 3             | Разработка и проектирование       | исполнитель               | 16                     | 1,2   | 19,2  |
| 4             | Обобщение и оценка результатов    | Руководитель, исполнитель | 22                     | 2,55  | 56,1  |
| 5             | Составление пояснительной записки | исполнитель               | 13                     | 2,55  | 33,15                                       |
| <b>Итого:</b> |                                   |                           |                        |   | <b>146,7</b>                                |

Настоящая статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением научно-технического исследования, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{п}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}},$$

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

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



Основная заработная плата ( $Z_{\text{осн}}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = T_p \times Z_{\text{дн}}$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{47314,8 \cdot 10,4}{243} = 2025 \text{ руб,}$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{18959,2 \cdot 11,2}{219} = 967 \text{ руб,}$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

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

Таблица 10 - Баланс рабочего времени

| Показатели рабочего времени                         | Руководитель | Исполнитель |
|---|--------------|-------------|
| <b>Календарное число дней</b>                       | 365          | 365         |
| Количество нерабочих дней:                          | 66           | 118         |
| - выходные  |              |             |
| - праздничные                                       |              |             |
| Потери рабочего времени:                            | 56           | 28          |
| - отпуск  |              |             |
| - невыходы по болезни                               |              |             |
| <b>Действительный годовой фонд рабочего времени</b> | <b>243</b>   | <b>219</b>  |

За основу оклада берется ставка работника предприятия, согласно занимаемой должности. Из таблицы окладов для доцента (степень – кандидат наук) – 24264 руб., для ассистента (степень отсутствует) – 14584 руб.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 24264 \cdot (1 + 0,2 + 0,3) \cdot 1,3 = 47314 \text{ руб.}$$

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

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,2 (т.е. 20% от  $Z_{тс}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 - 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15- 20 % от  $Z_{тс}$ );

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 11 – Основная заработная плата

| Исполнители   | $Z_{тс}$ ,<br>тыс.<br>руб. | $k_{пр}$ | $k_d$ | $k_p$ | $Z_m$ ,<br>тыс.<br>руб. | $Z_{дн}$ ,<br>тыс.<br>руб. | Тр,<br>раб.<br>дн. | $Z_{осн}$ ,<br>тыс.<br>руб. |
|---------------|----------------------------|----------|-------|-------|-------------------------|----------------------------|--------------------|-----------------------------|
| Руководитель  | 24264                      | 0,2      | 0,3   | 1,3   | 47314,8                 | 2025                       | 10                 | 20250                       |
| Исполнитель   | 14584                      | 0        | 0     | 1,3   | 18959,2                 | 967                        | 56                 | 54152                       |
| <b>Итого:</b> |                            |          |       |       |                         |                            |                    | 74402                       |

#### 4.2.4.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}$$

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

Таблица 12 - Дополнительная заработная плата

| Исполнитель   | Основная заработная плата, руб. | Коэффициент дополнительной заработной платы | Дополнительная заработная плата, руб. |
|---------------|---------------------------------|---|---------------------------------------|
| Руководитель  | 20620,4                         | 0,15  | 3 093,06                              |
| Исполнитель   | 48259,68                        |   | 7 238,95                              |
| <b>Итого:</b> |                                 |   | 10 332,01                             |

#### 4.2.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений по внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

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

$$k_{внеб} = 0,302$$

Таблица 13 - Отчисления во внебюджетные фонды

| Исполнитель                                  | Основная заработная плата, руб. | Дополнительная заработная плата, руб. | Отчисления во внебюджетные фонды |
|--|---------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| Руководитель                                 | 20 620,40                       | 3 093,06                              | 7 161,46                         |
| Исполнитель                                  | 48 259,68                       | 7 238,95                              | 16 760,59                        |
| Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды |                                 |                                       | 0,302                            |
| <b>Итого</b>                                 |                                 |                                       | 23 922,05                        |

Так как работа носит научно-исследовательский характер, то контрагентные расходы, в данном случае отсутствуют.

#### 4.2.4.5 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется как 16% от суммы затрат на специальное оборудование, основную заработную плату, дополнительную

заработную плату и страховые взносы:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей}) \cdot k_{\text{нр}},$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы 16%.

$$Z_{\text{накл}} = (35000 + 68880,1 + 10332,0 + 23922,1) \cdot 0,16 = 22\,101,47 \text{ руб.}$$

#### 4.2.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведено в таблице 14.

Таблица 14 - Бюджет затрат НИ

| № | Наименование статьи расходов        | Сумма, руб. |
|---|-------------------------------------|-------------|
| 1 | Затраты на специальное оборудование | 32 000,00   |
| 2 | Основная заработная плата           | 68 880,08   |
| 3 | Дополнительная заработная плата     | 10 332,01   |
| 4 | Страховые взносы                    | 23 922,05   |
| 5 | Накладные расходы                   | 22 101,47   |
|   | ИТОГО                               | 157 235,61  |

Бюджет затрат на научно-техническое исследование составил 157 235,61 рублей. Наибольшие затраты приходятся на основную заработную плату.

#### 4.2.5 Расчет затрат на выполнение работ

Для выполнения работ, предложенных в научном исследовании, потребуются материальные затраты:

Таблица 15 - Материальные затраты

| Материал | Ед.и зм. | Кол-во | Цена за ед., руб. | Полная стоимость, руб |
|----------|----------|--------|-------------------|-----------------------|
|----------|----------|--------|-------------------|-----------------------|

|  |      |       |         |            |
|--|------|-------|---------|------------|
| Лента «ТЕРМА-ЛКА»  | т    | 56,8  | 90      | 5112       |
| Праймер «ТЕРМА-СТМП»   | т    | 36,4  | 321     | 11684,4    |
| Скальный лист  | кв.м | 112,4 | 70      | 7868       |
| Трубы для свай   | шт   | 48    | 84205   | 4041840    |
| Комплект тепловой изоляции   | шт   | 30    | 16600   | 498000     |
| Манжета двухслойная  | шт   | 25    | 1428    | 35700      |
| Опора подвесная четырёх свайная для трубопровода с теплоизоляцией 200 мм | шт   | 6     | 2274052 | 13644312   |
| Опора подвесная двух свайная для трубопровода с теплоизоляцией 200 мм    | шт   | 12    | 1367176 | 16406112   |
| Утяжелители УБО для труб Ду 1220   | шт   | 324   | 9200    | 2980800    |
| Термостабилизатор ТСГ 33,7- 54/16000-ХЛ1                                 | шт   | 48    | 93558   | 4490784    |
| ИТОГО  |      |       |         | 42122212,4 |

Таким образом, материальные затраты для выполнения работ по предложенным направлениям составит 42 122 212,4 руб.

#### 4.3 Определение ресурсоэффективности проекта

Определение ресурсоэффективности происходит на основе интегрального показателя ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  – весовой коэффициент проекта;

$b_i$  – балльная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 16 – Сравнительная оценка характеристика разрабатываемого проекта

| Критерии                                    | Вес критерия | Баллы  |         |         |
|---|--------------|--------|---------|---------|
|   |              | проект | Кон-т 1 | Кон-т 2 |
| Способствует росту производительности труда | 0.16         | 5      | 4       | 5       |
| Коррозиестойчивый                           | 0.05         | 4      | 4       | 3       |

|                                  |          |           |           |           |
|----------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| Надежный                         | 0.1      | 5         | 4         | 4         |
| Безопасный                       | 0.1      | 4         | 4         | 4         |
| Простота эксплуатации            | 0.12     | 4         | 4         | 5         |
| Цена                             | 0.17     | 4         | 1         | 3         |
| Предполагаемый срок эксплуатации | 0.3      | 5         | 4         | 3         |
| <b>Итого</b>                     | <b>1</b> | <b>31</b> | <b>25</b> | <b>27</b> |

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения рассчитывается по формуле:

$$I_p - \text{исп1} = 5 * 0,16 * 4 * 0,05 + 5 * 0,1 + 4 * 0,1 * 4 * 0,12 + 4 * 0,17 + 5 * 0,3 \\ = 4,56$$

$$I_p - \text{исп2} = 4 * 0,16 * 4 * 0,05 + 4 * 0,1 + 4 * 0,1 * 4 * 0,12 + 1 * 0,17 + 4 * 0,3 \\ = 3,49$$

$$I_p - \text{исп3} = 5 * 0,16 * 3 * 0,05 + 4 * 0,1 + 4 * 0,1 * 5 * 0,12 + 3 * 0,17 + 3 * 0,3 \\ = 3,76$$

Сравнение значений показателей позволило определить, что разработанный проект с позиции финансовой и ресурсной эффективности является наиболее приемлемым.

## 5 Социальная ответственность

Данный раздел был составлен по материалам, которые были собраны во время прохождения преддипломной производственной практики. В данном разделе рассмотрены особенности правовых и организационных вопросов обеспечения безопасности в процессе эксплуатации магистральных газопроводов, производственная и экологическая безопасность, безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Разработка данного раздела представляет собой актуальный вопрос, так как для газодобывающей промышленности характерной особенностью является наличие опасных производственных факторов, основными из которых являются:

- повышенное давление в трубопроводах, сосудах работающих под давлением, газовых скважинах.
- взрыв или вспышка ГВС углеводородов.
- вращающиеся части машин и механизмов.
- падание работников с высоты и падения на работников элементов оборудования и инструмента (работы на высоте) и т.д.

К вредным факторам относятся:

- присутствие углеводородов в воздухе рабочей зоны;
- повышенные и пониженные температуры воздуха
- недостаток кислорода и т.д.

В данном разделе будут рассмотрены основные вредные и опасные факторы, сопровождающие процесс эксплуатации магистральных газопроводов.

| Изм        | Лист | № докум       | Подпись | Дата | <i>Повышение эксплуатационной надежности магистрального газопровода в условиях эксплуатации Крайнего Севера</i> |    |     |
|------------|------|---------------|---------|------|---|----|-----|
| Разраб.    |      | Петров А.И.   |         |      |   |    |     |
| Руковод.   |      | Чухарева Н.В. |         |      |   | 91 | 114 |
| Консульт.  |      | Гуляев М.В.   |         |      | <i>Социальная ответственность</i>   |    |     |
| Рук-ль ООП |      | Брусник О.В.  |         |      |   |    |     |

## 5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

### 5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

К самостоятельному выполнению работ на магистральных газопроводах допускаются лица:

- возраст которых соответствует установленному законодательством;
- прошедшие медицинский осмотр в установленном порядке и не имеющие противопоказаний к выполнению данного вида работ;
- имеющие соответствующую квалификацию;
- допущенные к самостоятельной работе в установленном порядке [12].

Перед допуском к работе рабочий проходит стажировку в течение 2-14 смен (в зависимости от характера работы, квалификации работника) под руководством специально назначенного лица. Все рабочие, специалисты и студенты-практиканты при работе в районах, опасных по эпидемическим заболеваниям, подлежат обязательным предохранительным прививкам в порядке, устанавливаемом Министерством здравоохранения Российской Федерации. Рабочий должен пройти инструктажи по безопасности труда:

- при приеме на работу;
- вводный и первичный на рабочем месте;
- в процессе работы не реже одного раза в 6 месяцев;
- повторный;
- при введении в действие новых или переработанных правил, инструкций по охране труда, замене или модернизации оборудования, приспособлений и инструмента, нарушении требований безопасности труда, которые могут привести или привели к травме или аварии, перерывах в работе более чем 60 календарных дней – внеплановый [12].



Работа в условиях повышенной опасности должна производиться по наряду-допуску с указанием необходимых мер безопасности. Перечень работ, на выполнение которых необходимо выдавать наряд-допуск утверждаются главным инженером предприятия.

### **5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

Организационные мероприятия по компоновке рабочей зоны на магистральных газопроводах приведены в Правилах безопасности при эксплуатации магистральных газопроводов, утвержденных 16.03.1984 Мингазпромом [12].

Территории, промплощадки, здания, сооружения и помещения должны отвечать требованиям соответствующих стандартов, СНиПов, ПТЭМГ, правил пожарной безопасности и других нормативных документов, а оборудование их - также требованиям технических условий и другой проектной документации.

Между объектами должны соблюдаться разрывы в соответствии со СНиПами, санитарными и противопожарными нормами.

Предприятие обязано иметь масштабные планы своих коммуникаций с точными привязками и надежными реперами. Предприятия, владельцы отчужденной территории, обязаны на этих планах иметь также планы подземных коммуникаций и других предприятий, действующих на данной территории.

Вход посторонних лиц на территорию объекта магистральных газопроводов и нахождение их на рабочих местах допускается только с разрешения руководства предприятия в сопровождении специально



|   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе | + | + | + | + | + |   | ПБ 08-37-2005                                       |
| Недостаточное освещение рабочей зоны                    |   |   | + |   |   |   | СНиП 23-05-95                                       |
| Превышение уровня шума и вибрации                       |   |   | + |   |   |   | ГОСТ 12.1.003-83, СНиП 23-03-2003, ГОСТ 12.1.012-90 |
| Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны   |   |   | + |   |   |   | ПБ 08-37-2005                                       |
| Воздействие радиации                                    |   |   | + |   |   | + | ГОСТ Р 57216-2016                                   |
| Повреждения в результате контакта с насекомыми          | + | + | + |   |   |   | ПБ 08-37-2005                                       |
| Механические травмы                                     | + | + | + |   |   |   | ГОСТ 12.2.003-91                                    |
| Электрический ток                                       |   |   | + |   | + | + | ГОСТ 12.1.030-81, ГОСТ 12.1.019-79                  |
| Пожарная и взрывная опасность                           |   |   |   | + |   |   | ГОСТ 12.1-004-85, СНиП 11-89-90                     |

### 5.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов

1. *Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе.* При условии постоянной работы на открытом воздухе возможны обморожения, простудные заболевания и т.д. Согласно ПБ 08-37-2005 «Правила безопасности при геологоразведочных работах» различают 4 степени отморожения [11]. В случае замерзания признаками является сильный озноб, усталость, непреодолимая сонливость, дыхание и сердечная деятельность ослабевают. При отсутствии своевременной помощи замерзающий погибает во сне.

2. *Недостаточное освещение рабочей зоны.* Нормы освещения указаны в СНиП 23.05-95 «Естественное и искусственное освещение» [9]. На газовых месторождениях, магистральных газопроводах чаще применяется



Вследствие этого необходимо, чтобы основные источники шума – станки, двигатели, насосы имели допустимые уровни шума, принятые согласно СНиП 23-03-2003 Защита от шума [10]. Шумы, возникающие от данных механизмов, не должны превышать звукового давления, приведённого в таблице 19.

Таблица 19 – Нормы звукового давления

| Назначение                                  | Среднегеометрические частоты (Гц) в октавах полос |     |     |     |      |      |      |      | Уровни звука, дБа |
|---|---|-----|-----|-----|------|------|------|------|-------------------|
|   | 63  | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |                   |
| Рабочие места в производственных помещениях | 99  | 92  | 86  | 83  | 80   | 78   | 76   | 75   | 80                |

Вибрация – механические колебательные движения объекта, передаваемые человеческому телу или отдельным его частям при непосредственном контакте. Источниками вибрации на магистральных газопроводах являются все работающие механизмы (станки, двигатель, насос, колонна бурильных труб и т.д.). При увеличении интенсивности колебаний и длительности их воздействия возникают изменения, приводящие в ряде случаев к развитию профессиональной патологии – вибрационной болезни.

4. *Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны.* Запыленность рабочей зоны не должна превышать уровень предельно допустимой концентрации вредного вещества (ПДК). С точки зрения БЖД при оценке состояния воздушной среды наибольшее значение имеет:

а) газовый состав воздуха. Наиболее благоприятен для дыхания атмосферный воздух, содержащий (% по объему) азота – 78,08, кислорода – 20,95, инертных газов – 0,93, углекислого газа – 0,03, прочих газов – 0,01. 2.

б) уровень его атмосферного давления. Уровень атмосферного давления воздуха зависит от высоты местности и температуры воздуха. Нормальное давление воздуха равно 101 кПа.

в) присутствие в воздухе механических и токсичных примесей. При обнаружении в воздушной среде рабочих помещений ядовитых газов и паров, концентрации которых выше ПДК, работы в этих местах должны быть прекращены, а обслуживающий персонал переведен на безопасное расстояние.

6. *Повреждения в результате контакта с насекомыми.* При работе в полевых условиях существует вероятность заболевания клещевым энцефалитом или болезнью Лайма, вследствие укуса клеща.

7. *Механические травмы.* Травмы механического характера возможны при проведении СПО, при монтаже и демонтаже оборудования, буровой установки, при ведении работ на высоте. Также механические травмы могут возникнуть при неправильной эксплуатации оборудования, вращающихся частей и механизмов, при захламлённости пола и т. д. При неосторожном и невнимательном обращении с инструментом или трубами можно нанести серьезную травму, вплоть до глубоких порезов, которые могут стать причиной заражения крови.

8. *Электрический ток.* Электрические травмы – это местные поражения тканей и органов. К ним относятся электрические ожоги, электрические знаки и электрометаллизация кожи, механические повреждения в результате произвольных судорожных сокращений мышц при протекании тока, а также электроофтальмия – воспаление глаз в результате воздействия ультрафиолетовых лучей электрической дуги.

В соответствии с п.1.1.13. ПУЭ помещения по опасности поражения электрическим током различаются на:

1. Помещения без повышенной опасности – помещения в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность (см. пп. 2 и 3).

2. Помещения с повышенной опасностью – помещения характеризующиеся наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:

- сырость (относительная влажность воздуха превышает 75%) или токопроводящая пыль;
- токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.);
- высокая температура (температура постоянно или периодически (более 1 сут.) превышает +35°С );
- возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования (открытым проводящим частям), с другой;

3. Особо опасные помещения, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность:

- особая сырость (относительная влажность воздуха близка к 100% (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой));
  - химически активная или органическая среда (агрессивные пары, газы, жидкости, отложения или плесень, разрушающие изоляцию и токоведущие части электрооборудования);
  - одновременно два или более условий повышенной опасности (см. п. 2);
- Территория открытых электроустановок по опасности поражения электрическим током приравнивается к особо опасным помещениям.

Можно выделить основные причины электротравм на производстве:

- работа с кабелями под напряжением без соблюдения норм техники безопасности;
- некачественное заземление электроустановок;
- отсутствие ограждения у оборудования, находящегося под напряжением;
- проведение электромонтажных работ без использования средств защиты;
- непосредственный контакт с проводами, где повреждена или отсутствует изоляция;
- неисправность проводки, что может привести не только к поражению током, но и возгоранию;
- если используются для оборудования высокой мощности «слабые» соединительные провода, не выдерживающие его силу тока;
- повышенная влажность в местах выполнения сварочных работ и др.

Таким образом, зона работ вблизи магистральных газопроводов представляет собой зону повышенной электрической опасности. Также на подобных объектах проводятся огневые работы (с использованием сварочных аппаратов), что также ведет к возникновению опасности поражения электрическим током.

### **5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работников**

*1. Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе.*  
Согласно ПБ 08-37-2005 «Правила безопасности при геологоразведочных работах» при проведении работ на открытом воздухе или в неотопливаемых

|      |      |          |         |      |                            |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |          |         |      | Социальная ответственность | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                            | 104  |



помещениях на каждом участке должны быть устроены укрытия от неблагоприятных погодных условий, в холодное время года помещения для обогрева работающих, находящиеся в непосредственной близости от места работы (при кратковременных работах допускается обогревание работающих у костров) [11].

Согласно положениям ПБ 08-37-2005 в случае, если возникло обморожение, необходимо оказать первую помощь: основной задачей первой помощи является немедленное согревание пострадавшего, особенно отмороженной части тела, для чего пострадавшего как можно быстрее надо перенести в теплое помещение, снять с отмороженных конечностей одежду и обувь.

2. *Недостаточное освещение рабочей зоны.* С целью повышения производительности буровых работ необходимо, чтобы освещение на буровой установке было устроено рационально и соответственно нормативам освещенности. Производственное освещение на буровых должно удовлетворять следующим требованиям: равномерность распространения яркости на рабочей поверхности и в пределах окружающего пространства, отсутствие блеклости, т. е. повышенной яркости отражающих свет поверхностей, постоянство освещенности по времени, оптимальная направленность светового потока, необходимо иметь аварийное освещение с независимым источником питания.

3. *Превышение уровня шума и вибрации.* Мероприятия по устранению шума: установка звукопоглощающих кожухов, по возможности резиновых прокладок, устранение своевременно обнаруженных дефектов в части оборудования, ведущих к появлению и уменьшению шума, установка глушителя на дизель, использование средств индивидуальной защиты от шума (наушники, вкладыши), работающие по принципу поглощения шума.

Мероприятия по устранению вибраций: балансировка движущихся и быстровращающихся частей, механизмов, установка амортизаторов (пружинных), гидравлических, резиновых, пластинчатых, вибрация 16 Гц не должна превышать амплитуду 0.28мм.

Все допустимые значения вибраций указаны в ГОСТ 12.1.012-90 «Вибрационная безопасность. Общие требования» [2].

4. *Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны.* Необходимо использовать индивидуальные средства защиты для членов буровой бригады приводятся в таблице – каски, предохранительные пояса, диэлектрические перчатки, кирзовые сапоги, резиновые сапоги, защитные очки, респираторы .

6. *Повреждения в результате контакта с насекомыми.* Поэтому к полевым работам допускаются лица прошедшие курс прививок от клещевого энцефалита.

7. *Механические травмы.* Согласно ГОСТ 12.2.062-81 необходима проверка наличия защитных ограждений, закрывающих доступ к движущимся частям машин и механизмов [1]. Необходима также:

- плановая и внеплановая проверка пусковых и тормозных устройств;
- проверка состояния и устранения дефектов смазочных устройств;
- очистка узлов и деталей от наружной грязи;
- проверка состояния ремней, цепей, тросов, проверка их натяжения;
- при наличии грузоподъемного механизма используют блокировки, в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов», утвержденных Госгортехнадзором от 28.10/2008 г.

8. *Электрический ток.* Мероприятия по устранению поражений электрическим током (согласно ПУЭ): все оголенные токоведущие части



|                                |  |  |
|--------------------------------|--|--|
|                                | посёлков и др.   |  |
| Вода<br>и<br>водные<br>ресурсы | Загрязнение производственными сточными водами и мусором (буровым раствором, нефтепродуктами, минерализованными водами и рассолами и др.) | Овод, складирование и обезвреживание сточных вод, уничтожение мусора: сооружение водоотводов, накопителей, отстойников, уничтожение или захоронение мусора   |
|                                | Загрязнение бытовыми стоками   | Очистные сооружения для стоков   |
|                                | Механическое и химическое загрязнение водотоков в результате сталкивания отвалов   | Рациональное размещение отвалов, сооружение специальных эстакад, засыпка выработок в русле   |
| Недра                          | Нарушение естественных свойств геологической среды   | Ликвидационный тампонаж скважины<br>Гидрогеологические, гидрохимические и инженерно-геологические наблюдения в скважинах и выработках  |
|                                | Неполное использование извлечённых из недр полезных компонентов  | Организация рудных отвалов и складов   |
| Воздушный бассейн              | Неплотности неподвижных соединений запорно-регулирующей арматуры на пунктах газорегуляторных и сбросные трубы на них (залповые выбросы)  | все резьбовые, фланцевые, сварные соединения трубопроводов, арматуры, резервуаров герметизируются и систематически осматриваются с целью выявления утечек;<br>своевременная замена неисправного оборудования |
| Животный мир                   | Распугивание, нарушение мест обитания животных, рыб и др. представителей животного мира, случайное уничтожение, браконьерство            | Проведения комплекса природоохранных мероприятий, планирование работ с учётом охраны животных<br>Профилактическая работа   |

#### 5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Для обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях (ЧС) необходимо выявить наиболее возможные. К ним относятся:

- природные;
- техногенные;
- военные.



сопровождающиеся выделением лучистого тепла, систематическим выделением искр и пламени, а также производства, связанные со сжиганием твердого, жидкого и газообразного топлива.

– Категория Д - производства, связанные с обработкой негорючих веществ и материалов в холодном состоянии.

Основными причинами пожаров на производстве являются:

– причины электрического характера (короткие замыкания, перегрев проводов);

– открытый огонь (сварочные работы, разведение костров вблизи помещений, курение, искры от автотранспорта и неомедленного инструмента);

– удар молнии;

– разряд зарядов статического напряжения.

Основными нормативными документами являются следующие нормы пожарной профилактики: ГОСТ 12.1–004–85, СНиП 11–89–90, а также Правила пожарной безопасности для геологоразведочных организаций и предприятий.

Мероприятия по устранению причин пожаров:

– контроль сопротивления изоляции, защита проводов от механических повреждений, контакты рубильника должны иметь клеммы и подключаться надежно, сечение проводов должно соответствовать установленной мощности.

– производство сварочных работ на специальных участках, курение и разведение костров – в специально отведенных местах, установка искрогасителей.

– молниезащита;

– очистка территории вокруг буровой в радиусе 15 метров;

– устройство площадок для хранения ГСМ не менее чем в 50 метрах от буровой установки и бытовых помещений.

С целью предотвращения чрезвычайных ситуаций, связанных с возникновением взрывов или пожаров необходимо применить следующие меры безопасности:

– перед началом работ в ремонтном котловане переносным газоанализатором проверяется уровень загазованности воздушной среды, при этом содержание газов не должно превышать предельно – допустимой концентрации по санитарным нормам;

– работа разрешается только после устранения опасных условий, в процессе работы следует периодически контролировать загазованность, а в случае необходимости обеспечить принудительную вентиляцию;

– для обеспечения пожаро- и взрывобезопасности работники должны быть оснащены спецодеждой, спецобувью и другие средства индивидуальной защиты (очки, перчатки, каски и т.д.), которые предусмотрены типовыми и отраслевыми нормами.

Согласно ст. 43 Федерального закона РФ № 123-ФЗ первичные средства пожаротушения предназначены для использования работниками организаций, личным составом подразделений пожарной охраны и иными лицами в целях борьбы с пожарами и подразделяются на следующие типы:

- переносные и передвижные огнетушители;
- пожарные краны и средства обеспечения их использования;
- пожарный инвентарь;
- покрывала (противопожарное полотно) для изоляции очага возгорания;
- генераторные огнетушители аэрозольные переносные.

Для обеспечения безопасности необходимо разработать мероприятия по профилактике и защите людей и материальных ценностей. Здание должно иметь запасной выход для эвакуации людей, обеспечивающий выход людей за определенное время. Особые требования предъявляются к размещению огнетушителей (ОП-8 – 2 шт., ОП-5 – 1 шт.). Их подвешивают на высоте не более 1,5 м от уровня пола до верхней точки огнетушителя и на расстоянии не менее 1,2 м от края двери при ее открывании. Все лица, вновь принимаемые на работу, в том числе и временную, должны проходить первичный противопожарный инструктаж.

Полученные результаты раздела «Социальная ответственность» содержат в себе основные рекомендации и указания, которые следует выполнять при правильном обустройстве помещений, создания в них правильного микроклимата, хорошей освещенности и избавления от сторонних шумов и вибраций, также перечислены мероприятия в области производственной, экологической безопасности.

Соблюдение правил обеспечения производственной безопасности при эксплуатации магистральных газопроводов представляет собой важное условие обеспечения безопасности, так как данная отрасль является травмоопасной и содержит большой перечень потенциальных вредных и опасных факторов, возникающих при проведении работ.

Работы на магистральных газопроводах представляют собой технологически сложный процесс, который осуществляется с применением спецтехники и профессионального оборудования. Их эксплуатация связана с потенциальным риском и опасностью для обслуживающего персонала и окружающих. С целью предупреждения травматизма и несчастных случаев необходимо создать безопасные условия труда, а при проведении работ строго



придерживаться правил технологической безопасности и правильно организовывать рабочий процесс. К таким работам допускаются только лица, достигшие 18 лет, прошедшие специальную подготовку и получившие удостоверение на право управления специальной техникой.

|      |      |          |         |      |                            |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |          |         |      | Социальная ответственность | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                            | 113  |

## Заключение

Сделаем основные выводы по проделанной работе. В ходе исследования изучены особенности функционирования газопроводной системы в условиях Крайнего Севера.

В ходе работы выявлены причины отказов газопровода, основные осложняющие процессы эксплуатации. Проанализирован температурный режим эксплуатации газопровода в условиях Крайнего Севера, выполнен сравнительный расчет температуры газа на выходе из аппарата воздушного охлаждения для определенного участка газопровода с известными характеристиками газа на входе в аппарат воздушного охлаждения и температурой грунта для двух аппаратов воздушного охлаждения газа типа [REDACTED] с известными общими техническими условиями, проведен анализ электрохимической защиты подземных газопроводов Крайнего Севера и решение проблемы ее обеспечения на базе новых технологий.

Полученные результаты работы позволяют сделать следующие выводы:

- наибольшее количество отказов приходится на осенние месяцы, что объясняется резким увеличением потребления газа и геокриологическими условиями этого времени года;
- особое внимание следует уделять участкам морозного пучения грунтов, пересекаемые трассой трубопровода;
- наиболее практичными сезонно-охладительными устройствами являются индивидуальные термостабилизаторы;

[REDACTED] по результатам расчета температуры охлажденного газа на выходе из [REDACTED] можно сделать вывод, что применение [REDACTED] для данного участка наиболее приемлемо по причине того, что целью

| Изм        | Лист | № докум       | Подпись | Дата | Повышение эксплуатационной надежности магистрального газопровода в условиях эксплуатации Крайнего Севера |                |        |     |
|------------|------|---------------|---------|------|--|----------------|--------|-----|
| Разраб.    |      | Петров А.И.   |         |      | Заключение   | Лист           | Листов |     |
| Руковод.   |      | Чухарева Н.В. |         |      |  |                | 110    | 114 |
| Консульт.  |      |               |         |      |  | ТПУ гр. 3-2Б6А |        |     |
| Рук-ль ООП |      | Брусник О.В.  |         |      |  |                |        |     |

использования АВО является охлаждение газа до температур, соответствующих сезонным температурам грунта, а температура грунта вокруг газопровода находится в [REDACTED]

[REDACTED] охладил газ всего лишь до [REDACTED]

Результаты исследования носят практический характер, отметим также, что в целях повышения надежности эксплуатации магистральных газопроводов необходим комплексный подход.

|      |      |          |         |      |            |      |
|------|------|----------|---------|------|------------|------|
|      |      |          |         |      | Заключение | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |            | 115  |

## Список литературы

1. ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности
2. ГОСТ 12248-2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. - Взамен ГОСТ 12248-96 и ГОСТ 24143-80; Введ. 2012-01-01. Москва – 2012. – С. 25.
3. ГОСТ 12.1.012-90 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования.
4. ГОСТ 12.4.221-2002 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Одежда специальная для защиты от повышенных температур теплового излучения, конвективной теплоты. Общие технические требования
5. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности
6. ГОСТ 12.0.003-74 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
7. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление
8. ГОСТ 17.5.3.04-83 «Земли. Общие требования к рекультивации земель»
9. ГОСТ 12.1.019-79 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты
10. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение
11. СНиП 23-03-2003 Защита от шума
12. ПБ 08-37-2005 Правила безопасности при геологоразведочных работах

| Изм               | Лист | № докум       | Подпись | Дата | Повышение эксплуатационной надежности магистрального газопровода в условиях эксплуатации Крайнего Севера |     |     |
|-------------------|------|---------------|---------|------|--|-----|-----|
| Разраб.           |      | Петров А.И.   |         |      |  |     |     |
| Руковод.          |      | Чухарева Н.В. |         |      |  | 112 | 114 |
| Консульт.         |      |               |         |      | СПУ гр. 3-2Б6А   |     |     |
| Рук-ль ООП        |      | Брусник О.В.  |         |      |  |     |     |
| Список литературы |      |               |         |      |  |     |     |

13. Правила безопасности при эксплуатации магистральных газопроводов, утвержденных 16.03.1984 Мингазпромом

14. Белов, Сергей Викторович. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для академического бакалавриата / С. В. Белов. – 5-е изд., перераб. и доп.. - Москва: Юрайт ИД Юрайт, 2015. - 703 с.

15. А.К. Дерцакян, Н.П. Васильев, Строительство трубопроводов на болотах и многолетнемерзлых грунтах.- М.: Недра, 1987 – 167с.;

16. Анисимов В. В. Строительство магистральных трубопроводов в районах вечной мерзлоты / В. В. Анисимов, М. И. Криницын. – Л.: Гостоптехиздат, 1963. – 147 с.;

17. Разгуляев Н.П. Надежность и долговечность трубопроводов большого диаметра в вечномерзлых грунтах/Н.П. Разгуляев// Избранные доклады 61-й университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых/ Н.П. Разгуляев – М.,2015. – С. 289-293.

18. Строкова Л.А. Природные особенности строительства магистрального газопровода "Сила Сибири" на участке Чаяндинское нефтегазоконденсатное месторождение – Ленск /Л.А. Строкова, А.В. Ермолаева// Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов – 2015 - №4 – С. 41-55.

19. Лисин Ю.В., Сощенко А.Е. Технологии магистрального нефтепроводного транспорта России. Москва. 2013 г. 421 с.

20. Кроник Я.А. Динамика аварийности и безопасности природно-техногенных систем в криолитозоне // Материалы четвертой конференции геокриологов России. МГУ им. М.В. Ломоносова, 7-9 июня 2011 года.

|      |      |          |         |      |                   |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |          |         |      | Список литературы | Лист |
|      |      |          |         |      |                   | 117  |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                   |      |

21. Шмелев Д., Станиловская Ю., Грин Э., Добуан П., Российские магистральные трубопроводы на мерзлоте: практика изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации//Материалы пятой конференции геокриологов России. МГУ имени М.В. Ломоносова, 14-17 июня 2016 г. – 235-240 с.

22. Васильчук А.К., Васильчук Ю.К. Особенности инженерных изысканий для строительства трубопроводов в пределах бугристых ландшафтов зоны спорадического распространения многолетнемерзлых пород // Инженерные изыскания. – 2014. – №9-10 – С.4-12.

23. Андреев А.А. Природные условия строительства участка магистрального газопровода "Сила Сибири"/А.А, Андреев// Вестник магистратуры. – 2016 - №3-1 – С. 22-29.

24. Титков С.Н. Инженерно-геокриологическое картографирование при инженерно-геологических изысканиях для строительства магистральных трубопроводов в криолитозоне//С.Н. Титков/Инженерные изыскания. – 2014. - №4. – С.42-48.

25. Бурков П. В. Анализ напряженно-деформированного состояния трубопровода в условиях вечной мерзлоты. / Бурков П. В., Буркова С. П., Тимофеев В. Ю., Ащеулова А.А., Ключ О. В.//Вестник кузбасского государственного технического университета. Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева(Кемерово). – 2013г. – С.77-79