



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)

Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»

ООП «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»

Отделение школы Отделение нефтегазового дела

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
«Разработка мероприятий по внедрению резервной системы обеспечения азотом оборудования компрессорной станции»

УДК 622.691.4.05:66.078:551.345

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б8А2	Михайлин Юрий Юрьевич		

Руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Чухарева Н.В.	к.х.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Креницына З.В.	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Гуляев М.В.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Чухарева Н.В.	к.х.н., доцент		

Томск – 2023 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

По основной образовательной программе подготовки бакалавров по направлению 21.03.01 «Нефтегазовое дело», профиль подготовки «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально- историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов
УК(У)-9	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности
УК(У)-10	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания
ОПК(У)-2	Способен участвовать в проектировании технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
ОПК(У)-3	Способен участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области проектного менеджмента
ОПК(У)-4	Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные
ОПК(У)-5	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности

ОПК(У)-6	Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии
ОПК(У)-7	Способен анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с профессиональной деятельностью, в соответствии с действующими нормативными правовыми актами
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен осуществлять и корректировать технологические процессы нефтегазового производства в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности
ПК(У)-2	Способен проводить работы по диагностике, техническому обслуживанию, ремонту и эксплуатации технологического оборудования в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности
ПК(У)-3	Способен выполнять работы по контролю безопасности работ при проведении технологических процессов нефтегазового производства в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности
ПК(У)-4	Способен применять процессный подход в практической деятельности, сочетать теорию и практику в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности
ПК(У)-5	Способен обеспечивать заданные режимы эксплуатации нефтегазотранспортного оборудования и контролировать выполнение производственных показателей процессов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки
ПК(У)-6	Способен проводить планово-предупредительные, локализационно-ликвидационные и аварийно-восстановительные работы линейной части магистральных газонефтепроводов и перекачивающих станций
ПК(У)-7	Способен выполнять работы по проектированию технологических процессов нефтегазового производства в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности
ПК(У)-8	Способен использовать нормативно-технические основы и принципы производственного проектирования для подготовки предложений по повышению эффективности работы объектов трубопроводного транспорта углеводородов

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

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП ОНД ИШПР

_____ Чухарева Н.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Б8А2	Михайлину Юрию Юрьевичу

Тема работы:

«Разработка мероприятий по внедрению резервной системы обеспечения азотом оборудования компрессорной станции»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	07.02.2023 г. № 38-108/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2023 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования – компрессорная станция; Суммарная мощность – ██████████ Максимальная производительность ██████████ млн.м ³ /сут; Режим работы – непрерывный; Перекачиваемый продукт – природный газ (давление ██████████, температура газа до ██████████) Требования к особенностям эксплуатации объекта – бесперебойная поставка газа потребителю.
---------------------------------	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Провести обзор нормативно-технической документации и научной литературы в области применения станций по подготовке азота. 2. Выполнить оценочный расчет времени падения давления азота до аварийной уставки и произвести натурные испытания. 3. Разработать и внедрить техническое решение по резервированию станционной системы обеспечения азотом. 4. Выполнить расчет НДС проектируемого трубопровода.
Перечень графического материала	– Рисунки. – Схемы. – Графики. – Таблицы.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Креницына З.В., доцент ОСГН
«Социальная ответственность»	Гуляев Милий Всеволодович Старший преподаватель ООД ШБИП
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: реферат	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	07.02.2023 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОНД	Чухарева Н.В.	к.х.н., доцент		07.02.2023 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б8А2	Михайлин Юрий Юрьевич		07.02.2023 г.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Б8А2	Михайлину Юрию Юрьевичу

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки

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

<p>1. Характеристика ресурсов на осуществление работ вахтовым методом строительства</p>	<p>Расчет затрат на осуществление работ вахтовым методом строительства:</p> <ul style="list-style-type: none"> – потребность в кадрах: 3 чел.; – продолжительность строительства: 7 дней; – стоимость билета с учетом НДС: ██████████ – стоимость одного часа автомобиля без учета НДС: ██████████ – стоимость одного койко-места с учетом НДС: ██████████ – суточные без учета НДС: ██████████
<p>2. Затраты на материально-технические ресурсы</p>	<p>Общая стоимость необходимых для реализации проекта материально-технических ресурсов: 239642 руб.</p>
<p>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</p>	<p>Сводный сметный расчет стоимости строительства и заработной платы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – районный коэффициент – ██████████ – северная надбавка – ██████████ – государственная экспертиза проектной документации – ██████████ – непредвиденные затраты – ██████████ – НДС – ██████████

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</p>	<p>1. Анализ потенциальных потребителей результатов научных исследований;</p> <p>2. Анализ конкурентных технологических решений;</p> <p>3. SWOT-анализ</p>
<p>2. Формирование структуры расходной части для оценки экономической эффективности технического решения</p>	<p>1. Определение сценарных условий;</p> <p>2. Определение исходных данных для планирования;</p> <p>3. Определение исходных данных по транспортируемой продукции.</p>
<p>3. Расчет затрат на строительство</p>	<p>1. Расчет затрат на осуществление работ вахтовым методом строительства;</p> <p>2. Расчет затрат на МТР и заработную плату работников;</p>

	3. Сводный сметный расчет стоимости строительства. 4. Определение экономического эффекта.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.02.2023

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Креницына З.В.	к.т.н., доцент		01.02.2023

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б8А2	Михайлин Юрий Юрьевич		01.02.2023

**ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Обучающемуся:

Группа	ФИО
3-2Б8А2	Михайлину Юрию Юрьевичу

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	Отделения нефтегазового дела
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p>Объектом исследования: Разработка мероприятий по внедрению резервной системы обеспечения азотом оборудования компрессорной станции</p> <p>Область применения: компрессорные станции.</p> <p>Рабочей зоной при производстве работ является производственная площадка КС.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Специальные правовые нормы трудового законодательства – Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. от 25.02.2022). 2. Федеральный закон "О специальной оценке условий труда" от 23.12.2013 N 426-ФЗ. 3. ГОСТ 12.0.004.2015 ССБТ. Организация обучения безопасности труда. Общие положения. 4. ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам.
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ потенциальных вредных факторов и обоснование мероприятий по снижению уровней их воздействия – Анализ потенциальных опасных факторов и обоснование мероприятий по снижению уровней их воздействия 	<p>Анализ потенциальных вредных факторов:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Повышенный уровень шума; 2. Повышенный уровень вибрации; 3. Отсутствие или недостаток необходимого естественного и искусственного освещения; 4. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами

	<p>воздушной среды на местонахождении работающего;</p> <p>5. Производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания;</p> <p>Анализ потенциальных опасных факторов:</p> <p>1. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии;</p> <p>2. Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования;</p> <p>3. Производственные факторы физической природы действия, обусловленные свойствами химических веществ воспламеняться, гореть, тлеть, взрываться;</p> <p>Средства коллективной и индивидуальной защиты:</p> <p>1. Специальная одежда, обувь;</p> <p>2. Газоанализатор-сигнализатор;</p> <p>3. Рукавицы, перчатки;</p> <p>4. Респираторы;</p> <p>5. Наушники;</p> <p>6. Глушители шума;</p> <p>7. Оградительные устройства.</p>
<p>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</p>	<p>Воздействие на атмосферу: выбросы загрязняющих веществ вследствие негерметичности технологического оборудования и стравливания газа из нефтепроводов.</p> <p>Воздействие на гидросферу: попадание загрязняющих веществ в водотоки.</p> <p>Воздействие на литосферу: загрязнение почвы отходами, возникающими при эксплуатации нефтепровода (обтирочные материалы, пропитанные нефтью грунты, нефтешламы), нарушение микрорельефа.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</p>	<p>Возможные ЧС: лесные и торфяные пожары, паводковые наводнения, ураганы, метели, снежные заносы, аномально низкие температуры в зимний период, взрывы.</p> <p>Наиболее типичная ЧС: разрыв газопровода.</p>

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения. 	<p><i>Объект исследования:</i> Разработка организационно-технических мероприятий по проведению осушки технологической обвязки газоперекачивающего агрегата компрессорной станции.</p> <p><i>Область применения:</i> компрессорные станции, единая газотранспортная система.</p> <p><i>Рабочей зоной</i> при производстве работ является производственная площадка КС.</p>
<p>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</p>	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019). 2. Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 N 426-ФЗ (последняя редакция). 3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности». 4. ГОСТ 12.0.003-2015. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с Поправкой). 5. ГОСТ 12.2.003-91. ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
<p>2. Производственная безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ потенциальных вредных и опасных факторов – Обоснование мероприятий по снижению их воздействия 	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Повышенный уровень шума на рабочем месте; – Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; – Повышенный уровень вибрации; – Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего; <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Сосуды и аппараты под высоким давлением; – Взрывоопасность и пожароопасность; – Производственные факторы, связанные с электрическим током.

<p>3. Экологическая безопасность при эксплуатации:</p>	<p>Воздействие на биосферу: загрязнение почвы и водных объектов производственными отходами; Воздействие на литосферу: нарушение мест обитания животных, рыб и других представителей животного мира, случайное уничтожение; Воздействие на гидросферу: загрязнение водоемов сточными водами и мусором; Воздействие на атмосферу: загрязнение воздуха выхлопными газами.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>Возможные ЧС:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Природные (наводнения, ураганы, землетрясения и др.); – Техногенные (отказ систем оповещения и безопасности, нарушения в технологическом процессе, пожар, взрыв и т.д.). <p>Наиболее типичная ЧС: образование взрывоопасных смесей природного газа с воздухом, взрыв, пожар.</p>

<p>Дата выдачи задания для раздела в соответствии с календарным учебным графиком</p>	<p>01.02.2023</p>
---	-------------------

Задание выдал консультант по разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Старший преподаватель ООД ШБИП</p>	<p>Гуляев М.В.</p>			<p>01.02.2023</p>

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>3-2Б8А2</p>	<p>Михайлин Юрий Юрьевич</p>		<p>01.02.2023</p>

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

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 2022/2023 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
07.02.2023	<i>Введение</i>	5
28.02.2023	<i>Современные компрессорные станции магистральных газопроводов</i>	10
15.03.2023	<i>Характеристика объекта исследования</i>	10
18.03.2023	<i>Внедрение резервной системы обеспечения азотом оборудования компрессорной станции</i>	25
05.05.2023	<i>Прочностной расчёт технологического азотопровода</i>	15
06.05.2023	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10
15.05.2023	<i>Социальная ответственность</i>	10
25.05.2023	<i>Заключение</i>	5
01.06.2023	<i>Презентация</i>	10
	<i>Итого</i>	100

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД ИШПР	Чухарева Н.В.	к.х.н., доцент		07.02.2023

Согласовано:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД ИШПР	Чухарева Н.В.	к.х.н., доцент		07.02.2023

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Определения:

Авария: Опасное техногенное происшествие, создающее на объекте, определенной территории или акватории угрозу жизни и здоровью людей и приводящее к разрушению или повреждению зданий, сооружений, оборудования и транспортных средств, нарушению производственного или транспортного процесса, нанесению ущерба окружающей среде.

Газоопасные работы: Работы, при проведении которых имеется или не исключена возможность выделения в рабочую зону взрывопожароопасных или вредных паров, газов или других веществ, способных вызвать взрыв, возгорание, оказать вредное воздействие на организм человека, а также работы при недостаточном содержании кислорода (ниже 20 % объемных).

Газоперекачивающий агрегат: Установка, включающая в себя газовый компрессор (нагнетатель), привод (газотурбинный, электрический, поршневой или другого типа) и оборудование, необходимое для их функционирования.

Газотурбинная установка: Газотурбинный двигатель и все основное оборудование, необходимое для генерирования энергии в полезной форме.

Давление рабочее: Наибольшее избыточное давление при нормальном протекании рабочего процесса.

Долговечность: Способность строительного объекта сохранять прочностные, физические и другие свойства, устанавливаемые при проектировании и обеспечивающие его нормальную эксплуатацию в течение расчетного срока службы.

Компрессорная станция: Комплекс сооружений магистрального газопровода, предназначенный для компримирования газа.

					Разработка мероприятий по внедрению резервной системы обеспечения азотом оборудования компрессорной станции			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Михайлин Ю.Ю.			Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Чухарева Н.В.					13	96
Рук-ль ООП		Чухарева Н.В.				Отделение нефтегазового дела Группа 3-2Б8А2		

Компрессорный цех: Составная часть КС, выполняющая основные технологические функции (очистку, сжатие и охлаждение газа).

Надежность: Свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Отказ: Состояние объекта, при котором не выполняются одно или несколько условий предельных состояний.

Пермеат: Поток вещества, проходящий через полупроницаемую мембрану в процессе мембранного разделения.

Работоспособность: Состояние объекта, при котором он способен выполнять все или часть заданных функций в полном или частичном объеме.

Ретенат: Очищенный газ, подготовленный к подаче в магистральную сеть.

Срок службы: Продолжительность нормальной эксплуатации строительного объекта с предусмотренным техническим обслуживанием и ремонтными работами (включая капитальный ремонт) до состояния, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна.

Трубопровод: Инженерное сооружение, предназначенное для транспортировки газообразных и жидких веществ, пылевидных и разжиженных масс, а также твердого топлива и иных твердых веществ в виде раствора под воздействием разницы давлений в поперечных сечениях трубы.

Условные обозначения:

m – масса вещества, кг.;

P – давление, МПа;

μ – молярная масса вещества, г/моль;

T – температура, К;

R – газовая постоянная, Дж/ (кг К);

V – объем вещества м³;

					Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

n – количество, ед.;
 q – объемный расход, м³/час;
 ρ – плотность вещества, кг/м³;
 τ – время, час.

Сокращения:

АВО – аппарат воздушного охлаждения;
АГПЗ – Амурский газоперерабатывающий завод;
АРМ – автоматизированное рабочее место;
АУ – азотная установка;
БФС – блок фильтров-сепараторов;
ГПА – газоперекачивающий агрегат;
ГТУ – газотурбинная установка;
ДКУ – дожимная компрессорная установка;
КИП – контрольно-измерительный прибор;
КСА – компрессорная станция ██████████;
КС – компрессорная станция;
КЦ – компрессорный цех;
МГ – магистральный газопровод;
МАУ – мобильная азотная установка;
НДС – напряженно-деформированное состояние;
НТД – нормативно-техническая документация;
САУ – система автоматического управления;
СГУ – «сухие» газодинамические уплотнения;
СИЗ – средства индивидуальной защиты;
ЦБК – центробежный компрессор;
ФЗ – федеральный закон;
ЧС – чрезвычайная ситуация.

					Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

Нормативные ссылки:

СТО Газпром 2-3.5-454-2010: Правила эксплуатации магистральных газопроводов: утв. ОАО «Газпром» 24.05.2010: ввод в действие с 24.05.2010.

ГОСТ 12.0.003-2015. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

ГОСТ Р 27.102-2021. Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения. Введ. 2021–01–01. База ГОСТов, 2021.

Законы РФ. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: редакция федер. закона от 04 ноября 2022 г., № 116-ФЗ.

ГОСТ 12.0.004-2015. ССБТ. Организация обучения безопасности труда. Общие положения

ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.1.010-76. ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.

ГОСТ 17.1.3.13-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения.

ГОСТ 17.4.3.04-85. Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.

ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения.

ГОСТ 31443-2012. Трубы стальные для промышленных трубопроводов. Технические условия. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

					Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 95 страниц, 22 рисунка, 16 таблиц, 50 источников литературы.

Ключевые слова: компрессорная станция, магистральный газопровод, азотная установка, техническое решение, надежность, экономическая эффективность.

Объект исследования: экспортная компрессорная станция магистральных газопроводов.

Цель работы: разработка и внедрение технического решения по резервированию системы обеспечения азотом оборудования компрессорной станции.

Результаты работы: проведен аналитический обзор современных компрессорных станций, выявлены особенности их эксплуатации, выполнен оценочный расчет времени падения давления азота до аварийной уставки и произведены натурные испытания, выполнен расчет НДС проектируемого трубопровода. Разработано и внедрено техническое решение по резервированию станционной системы обеспечения азотом, выполнен расчет экономической эффективности проекта, определены мероприятия по повышению уровня безопасности при эксплуатации оборудования компрессорной станции.

Область применения: компрессорные станции магистральных газопроводов.

					Разработка мероприятий по внедрению резервной системы обеспечения азотом оборудования компрессорной станции			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Михайлин Ю.Ю.			Реферат	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Чухарева Н.В.					17	95
<i>Рук-ль ООП</i>		Чухарева Н.В.				Отделение нефтегазового дела Группа 3-2Б8А2		

Abstract

The final qualifying work consists of 95 pages, 22 figures, 16 tables, 50 literary sources.

Key words: compressor station, main gas pipeline, nitrogen plant, technical solution, reliability, economic efficiency.

Object of study: export compressor station of main gas pipelines..

Purpose of the work: development and implementation of a technical solution for backing up the nitrogen supply system for compressor station equipment.

Results of the work: an analytical review of modern compressor stations was carried out, the features of their operation were identified, an estimated calculation of the time for the nitrogen pressure to fall to the emergency setting was performed and full-scale tests were carried out, the stress-strain state of the projected pipeline was calculated. A technical solution for backing up the station nitrogen supply system was developed and implemented, the economic efficiency of the project was calculated, and measures were identified to improve the safety level during the operation of the compressor station equipment.

Scope: compressor stations of main gas pipelines.

					Разработка мероприятий по внедрению резервной системы обеспечения азотом оборудования компрессорной станции			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Михайлин Ю.Ю.			Abstract	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Чухарева Н.В.					18	95
<i>Рук-ль ООП</i>		Чухарева Н.В.				Отделение нефтегазового дела Группа 3-2Б8А2		

Оглавление

Введение.....	21
1. Современные компрессорные станции магистральных газопроводов....	23
1.1 Назначение компрессорных станций.....	23
1.2 Устройство компрессорной станции.....	25
2. Характеристика объекта исследования.....	28
2.1 Природно-климатические условия района расположения объекта исследования.....	28
2.2 Технические решения по устройству объекта исследования.....	30
2.3 Описание технологической схемы процесса.....	40
3. Внедрение резервной системы обеспечения азотом оборудования компрессорной станции.....	45
3.1 Общая характеристика предмета исследования	45
3.2 Результаты оценочных расчетов	50
3.3 Натурный эксперимент.....	52
4. Прочностной расчет технологического азотопровода.....	57
4.1 Построение численной модели.....	57
4.2 Результаты расчетов на НДС	60
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	62
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	62
5.1.1 Потенциальные потребители результатов научных исследований....	62
5.1.2 Анализ конкурентных технологических решений.....	63
5.1.3 SWOT-анализ	64

					Разработка мероприятий по внедрению резервной системы обеспечения азотом оборудования компрессорной станции					
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>						
<i>Разраб.</i>		<i>Михайлин Ю.Ю.</i>			Оглавление			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Чухарева Н.В.</i>							19	95
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Чухарева Н.В.</i>						Отделение нефтегазового дела Группа 3-2Б8А2		

5.2 Структура расходной части для оценки экономической эффективности оптимальных решений	65
5.3 Расчет затрат на строительство	67
5.3.1 Расчет затрат на осуществление работ вахтовым методом.....	67
5.3.2 Затраты на материально-технические ресурсы	69
5.3.3 Расчет заработной платы вахтовых сотрудников.....	70
5.3.4 Сводный сметный расчет стоимости строительства.....	71
5.3.5 Расчет вероятных потерь при аварийном останове компрессорного цеха	72
6. Социальная ответственность	75
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации.....	76
6.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства	76
6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	78
6.2 Производственная безопасность при эксплуатации.....	78
6.2.1 Анализ потенциальных вредных факторов и обоснование мероприятий по снижению уровней их воздействия.....	79
6.2.2 Анализ потенциальных опасных факторов и обоснование мероприятий по снижению уровней их воздействия.....	83
6.3 Экологическая безопасность при эксплуатации	85
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации.....	87
Заключение	90
Список использованных источников	91

Введение

Актуальность. В связи с широким спросом, на поставки природного газа в восточном направлении – безаварийная работа газотранспортной отрасли является приоритетной задачей для компании ООО «Газпром трансгаз Томск». Как правило, ключевым узлом магистральных газопроводов являются компрессорные станции, надежность которых обуславливает общее состояние системы по транспортировке газа.

Компрессорная станция [REDACTED] (КСА) является ключевым звеном магистрального газопровода «Сила Сибири». Станция обеспечивает необходимое давление для подачи газа в газотранспортную систему [REDACTED]. На текущий момент мощность КС составляет [REDACTED], которую обеспечивают два газоперекачивающих агрегата (ГПА) [REDACTED] мощностью по [REDACTED] и три [REDACTED] мощностью по [REDACTED] каждая. Станция введена в эксплуатацию 31 декабря 2019 года, суммарная наработка ГПА составляет более 20 тысяч часов. В конце 2023 года будет введен в эксплуатацию второй цех, включающий в себя три [REDACTED].

Наряду с компрессорными цехами, различным аппаратами и трубопроводами, необходимым узлом любой современной КС является азотная установка (АУ). Она позволяет вырабатывать инертный газ – азот, который необходим при эксплуатации и обслуживании системы компримирования. Отказ АУ может повлиять на нарушение режимов работы КСА, что указывает на значимость установки и влияет на надежность сложной технической системы, относящейся, согласно ФЗ-116 [2] к опасным производственным объектам. Поэтому, разработка технических решений, позволяющих обеспечить резерв АУ при развитии внештатных ситуаций и отказов ее технологических блоков, является актуальной задачей любого газотранспортного предприятия,

					Разработка мероприятий по внедрению резервной системы обеспечения азотом оборудования компрессорной станции		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Михайлин Ю.Ю.			Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Чухарева Н.В.				21	95
Рук-ль ООП		Чухарева Н.В.			Отделение нефтегазового дела Группа 3-2Б8А2		
					Введение		

в состав которого входят КС.

Целью выпускной квалификационной работы бакалавра является разработка и внедрение технического решения по резервированию системы обеспечения азотом оборудования компрессорной станции.

Для достижения цели сформулированы следующие **задачи**:

1. Провести обзор нормативно-технической документации и научной литературы в области применения станций по подготовке азота;
2. Выполнить оценочный расчет времени падения давления азота до аварийной уставки и произвести натурные испытания;
3. Разработать и внедрить техническое решение по резервированию станционной системы обеспечения азотом;
4. Выполнить расчет НДС проектируемого трубопровода;
5. Сформировать структуру расходной части для оценки экономической эффективности оптимальных решений и произвести расчет стоимости проекта;
6. Проанализировать вопросы производственной безопасности для машиниста технологических компрессоров.

Объект исследования – экспортная компрессорная станция магистрального газопровода.

Предмет исследования – азотная установка, являющаяся ключевым узлом любой современной компрессорной станции.

Практическая значимость – проект позволяет значительно повысить эксплуатационную надежность оборудования [REDACTED] и тем самым предотвратить вероятные финансовые убытки.

1. Современные компрессорные станции магистральных газопроводов

1.1 Назначение компрессорных станций

Компрессорные станции играют крайне важную роль и являются движущим звеном любой газотранспортной системы. КС служат для транспортировки природного газа по трубопроводам на большие расстояния. Такие станции размещают на всем протяжении магистрального газопровода. Согласно действующей нормативно-технической документации (НТД) [3 – 5], расстояние между КС составляет около 100 – 150 км, но на сегодняшний день этот интервал может быть увеличен до 250 км. Это связано с разработкой более эффективных и производительных газоперекачивающих агрегатов, оснащенных газотурбинными двигателями последнего поколения с коэффициентом полезного действия порядка 36% [6]. Помимо такого фактора как – производительность, в группе компаний ПАО «Газпром» применяются ГПА с низкими энергетическими затратами. Инновации в области эффективного охлаждения газа, с применением низковольтных двигателей с частотным регулированием – позволили добиться колоссального снижения в потреблении электроэнергии, что как следствие отражается и в финансовом плане.

Наряду с повышением производительности и улучшением экономических показателей, в понятие «современной КС» в обязательном порядке входит такое направление, как повышение безопасности труда на опасном производственном объекте. Система автоматического управления (САУ) предусматривает множество защит, команд и алгоритмов, предусматривающих предотвращение опасных ситуаций, которые могут возникнуть в ходе выполнения технологических операций и осуществления функций, таких как:

- заполнение трубопроводной обвязки КС природным газом;
- очистка газа от жидких и механических фракций;

					Разработка мероприятий по внедрению резервной системы обеспечения азотом оборудования компрессорной станции			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Михайлин Ю.Ю.			Современные компрессорные станции магистральных газопроводов	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Чухарева Н.В.					23	95
<i>Рук-ль ООП</i>		Чухарева Н.В.				Отделение нефтегазового дела Группа 3-2Б8А2		

- поддержание необходимых эксплуатационных параметров основных и вспомогательных систем обеспечения работоспособности ГПА;
- подготовка топливного, буферного, барьерного, импульсного газов;
- компримирование транспортируемого продукта;
- охлаждение газа после сжатия до требуемой температуры;
- обеспечение антипомпажного режима работы ГПА;
- непрерывный контроль наличия загазованности и пожара;
- учет транспортируемого и топливного газов;
- управление запорной трубопроводной, предохранительной и регулирующей арматурой;
- отсечение КС от линейной части магистрального газопровода.

Высокая производительность компрессорных станций, с соблюдением условий по поддержанию безопасной среды на производстве, рентабельностью в эксплуатации и способностью оказывать минимальный углеродный след на биосферу достигается использованием современных технологий в области проектирования и производства. При разработке КС учитываются требования заказчика, что позволяет создавать станции, соответствующие конкретным потребностям. Проект «Сила Сибири» предусматривал строительство ГПА и вспомогательных систем с использованием оборудования нового поколения. В рамках проекта, на компрессорных станциях Общества ООО «Газпром трансгаз Томск» предусмотрены такие ГПА, как: [REDACTED], ГПА-[REDACTED]

соответственно. Заводы-изготовители названных агрегатов являются передовыми отечественными предприятиями.

АО «РЭП Холдинг» – ведущий российский энергомашиностроительный холдинг, разработчик, изготовитель и поставщик энергетического оборудования [7].

Научно-производственный комплекс АО «ОДК-Пермские моторы» – структура (входит в Объединенную двигателестроительную корпорацию

					Современные компрессорные станции магистральных газопроводов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Ростеха), специализирующаяся на разработке, серийном изготовлении и сервисном обслуживании двигателей для военной и гражданской авиации, промышленных газотурбинных установок и электростанций на базе авиационных технологий. В состав научно-производственного комплекса АО «ОДК-Пермские моторы» входят конструкторское бюро АО «ОДК-Авиадвигатель» и серийное производство АО «ОДК-Пермские моторы» [8].

АО «Казанькомпрессормаш» (АО «Казанский завод компрессорного машиностроения») является ведущим российским производителем компрессорного оборудования и полнокомплектных решений на базе компрессоров для различных отраслей промышленности [9].

На сегодняшний день, производителями основного оборудования компрессорных цехов являются отечественные заводы. Это касается и вспомогательного оборудования. Такие организации как АО «ГИДРОАЭРОЦЕНТР», НПК «Грасис», НПФ «ТеплоЭнергоПром» и другие занимаются проектированием, изготовлением и поставкой таких узлов и систем, как: агрегаты воздушного охлаждения газа, азотные установки, аппараты воздухонагревательные газовые, котельные и т.п. Такие организации имеют собственные научно-исследовательские институты и инженерные центры, которые занимаются созданием и совершенствованием инновационных продуктов и услуг, а также процессов производства, помогают сэкономить время и средства, увеличить производительность и повысить надежность продукции.

Таким образом, назначение современной компрессорной станции это – перекачка природного газа посредством высокотехнологичных, энергоэффективных и безопасных систем, в условиях минимального воздействия на экологию.

1.2 Устройство компрессорной станции

Согласно СТО Газпром 2-3.5-454-2010 [10], в оснащённость типовой КС входят основные и вспомогательные системы позволяющие обеспечить подключение станции к МГ, очистку, компримирование и охлаждение, а также

					Современные компрессорные станции магистральных газопроводов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

подготовку газа на собственные нужды, энергообеспечение, теплоснабжение и пожаротушение. В состав КС входят:

- узел подключения КС к магистрали;
- технологическая трубопроводная обвязка с запорной, предохранительной и регулирующей арматурой;
- установка очистки природного газа от механических примесей и капельной влаги;
- группа газоперекачивающих агрегатов;
- аппараты воздушного охлаждения газа;
- система подготовки топливного, буферного, барьерного и импульсного газа;
- автоматизированная система управления технологическими процессами;
- система электроснабжения и гарантированного питания;
- система теплоснабжения;
- система маслоснабжения;
- система электрохимической защиты подземных трубопроводов и коммуникаций;
- система молниезащиты;
- система производственно-хозяйственного и пожарного водоснабжения;
- система сбора промышленных стоков и дождевых стоков;
- система контроля качественных параметров газа, масла и воды.
- система охранной сигнализации и контроля доступа на КС;
- система технологической связи;
- ремонтно-механические мастерские.

Оснащенность компрессорных станций может незначительно отличаться. Это зависит от условий расположения объекта, особенностей эксплуатируемого оборудования и требований к транспортируемым объемам газа потребителю.

					Современные компрессорные станции магистральных газопроводов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

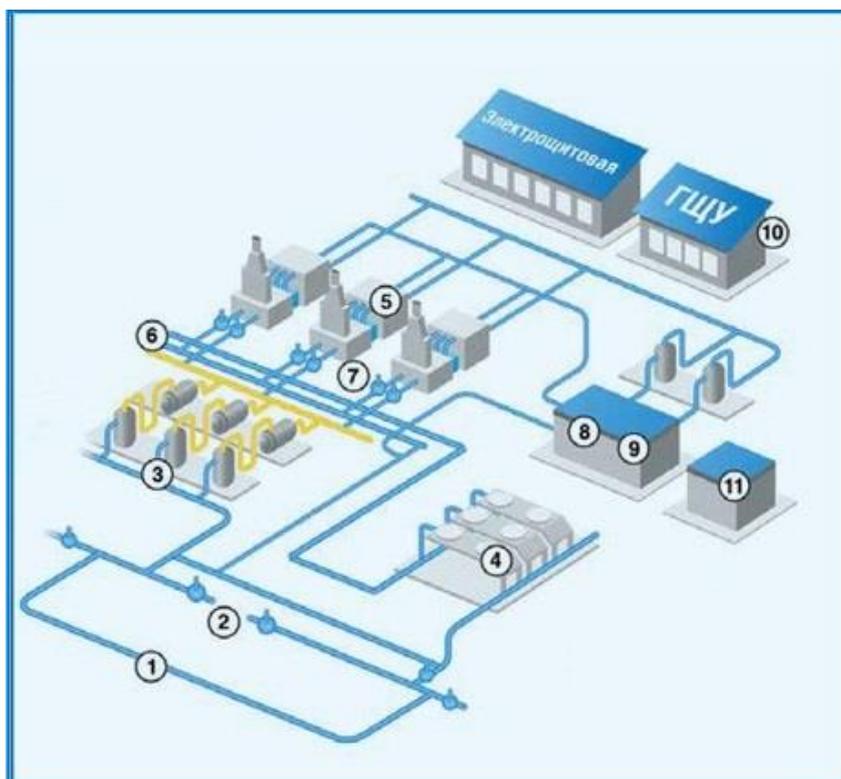


Рисунок 1.1 – Типовой состав компрессорной станции: 1 узел подключения КС к магистральному газопроводу; 2 камеры запуска и приема очистного устройства; 3 установка очистки газа; 4 установка охлаждения газа; 5 ГПА; 6 технологические трубопроводы обвязки КС; 7 запорная арматура технологических трубопроводов; 8 установка подготовки пускового и топливного газа; 9 установка подготовки импульсного газа; 10 главный щит управления; 11 оборудование электрохимической защиты.

Вывод по разделу. В данном разделе рассмотрено назначение и типовое устройство компрессорных станций, а также обзор современных отечественных производителей основных технологических узлов КС.

2. Характеристика объекта исследования

Наименование объекта – [REDACTED]

Назначение объекта – [REDACTED]

Проектная мощность КС составляет [REDACTED] по состоянию на 2023 год.

Режим работы КС – непрерывный, круглосуточный, круглогодичный, расчетное время работы 365 сут/год.

2.1 Природно-климатические условия района расположения объекта исследования

В административном отношении площадка [REDACTED] находится на территории [REDACTED] района [REDACTED] области, в [REDACTED] км к северу от г. [REDACTED]

Удобное расположение на пересечении транснациональных и трансрегиональных транспортных коридоров. Ближайшие аэропорты находятся в городе [REDACTED] и в городе [REDACTED]. На территории области функционируют 4 речных порта: [REDACTED] и [REDACTED] в которых осуществляют деятельность 9 предприятий речного транспорта. Все порты осуществляют перевозки грузов в международном сообщении в [REDACTED]

Территория КСА расположена [REDACTED] представляющей собой увалистую поверхность с абсолютными высотами 150-250 м.

					Разработка мероприятий по внедрению резервной системы обеспечения азотом оборудования компрессорной станции			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Михайлин Ю.Ю.			Характеристика объекта исследования	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Чухарева Н.В.					28	95
Рук-ль ООП		Чухарева Н.В.				Отделение нефтегазового дела Группа 3-2Б8А2		

Грунтовые условия – обычные, с тальми естественными грунтами. Многолетнемерзлые грунты на площадке КС и вблизи нее отсутствуют. Зима холодная, сухая, с маломощным снежным покровом. Средняя температура января от минус 19 °С на юге до минус 33 °С на севере. Абсолютная минимальная температура воздуха минус 52 °С. Лето теплое, жаркое, дождливое. Средняя температура июля от 21 °С. Максимальная температура, зафиксированная в [REDACTED] области в июле 2010 года, составляет 39,4 °С. Наиболее холодный месяц – январь со среднемесячной температурой минус 25 °С, наиболее теплый месяц – июль, со среднемесячной температурой плюс 21,1 °С. Среднегодовая температура – минус 0,3 °С.

Годовое количество осадков в области велико – до 850 мм. Для всей [REDACTED] характерен летний максимум осадков, что обусловлено муссонностью климата. Среднегодовое количество осадков – 534 мм, в том числе с апреля по октябрь – 481 мм, с ноября по март – 53 мм. Высота снежного покрова по средним показателям составляет 30 см, но ветром снег переносится, скапливается в понижениях и на подветренных склонах, где высота его может быть более метра. Преобладающие ветра в зимний период – северо-западного направления, в летний период – южного направления. Максимальная среднемесячная скорость ветра 3,2 м/сек наблюдается в апреле.

Размещение КС осуществлено на обычных талых естественных грунтах, при этом в зимний период образуется слой сезонной мерзлоты на глубину до 2.5 – 3.0 м, полностью оттаивающий к началу июля.

Земельный участок перекрыт озерно-аллювиальными отложениями, большая часть которых образована низкой и высокой поймой, надпойменными трассами высотой до 80 м. Складчатый фундамент залегает на большой глубине и перекрыт мощной толщей мезозойских песчано-глинистых и торфоэффузивных отложений. Мощность осадочной толщи достигает 2400 м.

Район расположения КС, в соответствии СНиП 23-01-99 [12], отличается резко-континентальным климатом, находится под влиянием муссонов.

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

На основании материалов инженерно-геологических изысканий сейсмичность в зоне расположения КС принята равной 7 баллов, что, в свою очередь, предусмотрено проектными решениями в части обеспечения устойчивости конструкций зданий и сооружений фундаментов для данных условий.

2.2 Технические решения по устройству объекта исследования

_____ расположена вблизи _____, на расстоянии 5,5 км. С 2021 г. газ в магистральный газопровод поступает с _____ далее компримируется на _____ до давления транспорта (максимальное давление составляет _____ МПа) согласно СТО Газпром 2-2.1-249-2008 [13], охлаждается в аппаратах воздушного охлаждения газа и направляется в _____ на _____ и после в _____. Параметры на входе _____ определялись с учетом параметров на выходе с _____. Давление на выходе с _____ г. – составляет _____ (абс.), температура на выходе от плюс _____ зимний период, до плюс _____°С в летний при абсолютнемаксимальной температуре окружающего воздуха. Давление нагнетания _____ по годам эксплуатации определено на основании гидравлических расчетов МГ из условия обеспечения необходимых параметров газа в точке передачи _____ согласно контракту: _____ Па (абс.), температура газового потока не более _____°С при температуре наружного воздуха _____, при температуре наружного воздуха превышающую _____, ограничений по температуре в точке передачи нет.

На КСА применены ГПА различной единичной мощности _____ МВт. Вопрос выбора газоперекачивающих агрегатов для КСА рассмотрен с учетом того, что работа ГПА на данной станции будет осуществляться как при малых, так и при больших объемах транспорта газа. Сочетание больших и малых мощностей на КС позволяет использовать агрегаты на максимальных параметрах, что в свою очередь, улучшает удельные показатели и эффективность

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

работы ГПА, а также обеспечивает более гибкое регулирование режима работы КС.

Согласно контракту, максимальный объем поставки в [REDACTED] составляет [REDACTED] млрд. м³ /год. В расчетах учтены объемы газопотребления потребителей [REDACTED]. Гидравлические расчеты МГ выполнены по СТО Газпром 2-3.5-051-2006 [14].

Газоперекачивающие агрегаты на КСА применены в исполнении с газотурбинным приводом.

На площадке компрессорного цеха №1 проектом предусмотрена установка трех агрегатов [REDACTED]

[REDACTED] На площадке компрессорного цеха №2 – предполагается установка трех агрегатов [REDACTED]

Два [REDACTED] вводятся для обеспечения минимальной суточной производительности согласно контрактным обязательствам с [REDACTED] и поэтапного наращивания поставок газа.

Так как режим минимальных суток непродолжителен, для более рационального использования установленной мощности ГПА в течение года два [REDACTED] могут использоваться как резерв одного [REDACTED]

Согласно техническим требованиям для компримирования газа на КС применены ГПА с агрегатной подготовкой топливного газа, с «сухими» газодинамическими уплотнениями и масляными подшипниками скольжения роторов центробежных компрессоров, с автоматизированной системой управления. Агрегаты оснащаются электрической системой запуска.

Для [REDACTED] в качестве силового привода центробежного газового компрессора предусмотрен газотурбинный двигатель на базе высокоэффективного авиационного двигателя.

Компрессор оснащен «сухими» газодинамическими уплотнениями. Система уплотнений компрессора состоит из, собственно, двух газодинамических уплотнений, панели управления СГУ и комплекта с трубной обвязки.

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Контроль параметров вибрации и осевого положения ротора ЦБН осуществляется с помощью комплекта аппаратуры, поставляемой вместе с удлинительными кабелями и бесконтактными измерительными преобразователями.

Системы газоперекачивающего агрегата (в том числе подогрева масла, отопления и вентиляции) обеспечивают:

- перевод ГПА из состояния резерва в состояние готовности к пуску за время не более 120 мин;
- пуск агрегата (без учета предпусковой подготовки) за время не более 25 мин.

Охлаждение масла – воздушное, в системе маслообеспечения ГТД предусмотрено применение газомасляного теплообменника. В таблице 2.1 представлены технические характеристики [REDACTED]

Таблица 2.1 – Технические характеристики [REDACTED]

Параметры	Значения
Газотурбинная установка	
Номинальная мощность ГТУ в стационарных условиях (при $t_H < +25^\circ\text{C}$), МВт	[REDACTED]
Максимальная мощность в стационарных условиях при температуре атмосферного воздуха $< -5^\circ\text{C}$, МВт	[REDACTED]
Эффективный КПД ГТУ в стационарных условиях	[REDACTED]
Частота вращения ротора силовой турбины, с ⁻¹	[REDACTED]
Диапазон изменения частоты вращения силовой турбины, %	[REDACTED]
Расход ТГ на номинальном режиме, кг/ч	[REDACTED]
Давление ТГ минимальное, МПа	[REDACTED]
Давление ТГ максимальное, МПа	[REDACTED]
Температура ТГ, °С	[REDACTED]
Масса наиболее тяжелого транспортного блока, кг	[REDACTED]
Содержание в отработавших газах NO_x , г/с	[REDACTED]
Содержание в отработавших газах СО, г/с	[REDACTED]
Марки применяемых масел	[REDACTED]
Применяемые масла: основное/резервное	[REDACTED]

Безвозвратные потери масла, кг/ч, не более		
Нагнетатель центробежный		
Расход через компрессор (при 20°C и 0,1013 МПа), млн.м ³ /сут		
Выходное давление, МПа		
Степень сжатия номинальная		



Рисунок 2.1 – Газоперекачивающий агрегат ГПА [REDACTED]

Для [REDACTED] в качестве силового привода компрессора применена стационарная установка с газотурбинным двигателем, с турбиной [REDACTED]. Система автоматического управления ГПА располагается в блоке управления. Компрессор оснащен сухими газодинамическими уплотнениями. Система уплотнений компрессора состоит из собственно уплотнительных узлов и панели контроля и управления в комплекте с трубной обвязкой. ГПА оснащен агрегатом воздухонагревательным модульного типа (по типу АВГМ) для отопления ангара. Конструкция ГПА обеспечивает возможность применения компоновки в индивидуальном легкоборном укрытии. Укрытие оснащается воротами, а также дверными проемами, оборудованными тамбурами. Ворота

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

закрываются изнутри укрытия. Двери укрытия оборудованы доводчиками дверей и замками с ручками-защелками. Конструкция дверных замков обеспечивает беспрепятственное открытие дверей изнутри укрытия при аварийной эвакуации обслуживающего персонала. Время запуска ГПА - не более 20 мин без учета предпусковой подготовки. Конструкция ГПА должна обеспечивать его пуск и остановку при любом, в том числе полном рабочем давлении в контуре нагнетателя. Конструкция ГПА допускает понижение температуры внутри блоков на неработающем агрегате до температуры окружающей среды.

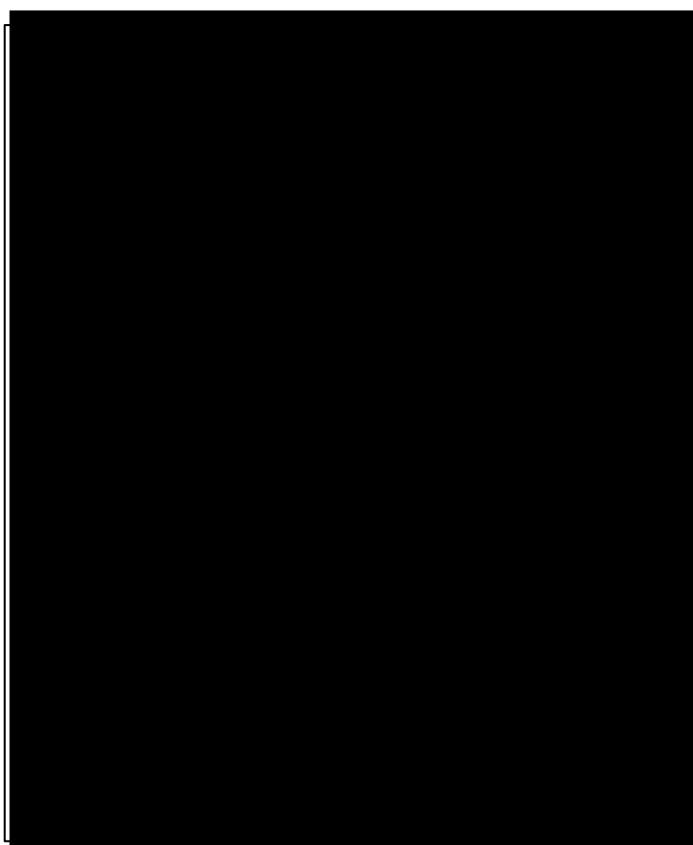


Рисунок 2.2 – Газоперекачивающий агрегат [REDACTED]

Таблица 2.2 – Технические характеристики [REDACTED]

Параметры	Значения
Газотурбинная установка	
Тип двигателя	[REDACTED]
Номинальная мощность на муфте привода, МВт, не менее	[REDACTED]

Максимальная мощность, МВт в стационарных условиях при температуре атмосферного воздуха <math><+5^{\circ}\text{C}</math>			
Эффективный КПД привода при работе на номинальной мощности, %, не менее			
Номинальная частота вращения приводного вала, об/мин			
Диапазон изменения частоты вращения вала силовой турбины, %			
Расход ТГ (природный газ, $Q_{pH}=50$ МДж/кг), кг/с			
Давление минимальное ТГ, кгс/см ²			
Температура ТГ, °С			
Содержание в отработавших газах No_x , мг/м ³			
Содержание в отработавших газах СО, мг/м ³			
Марки применяемых масел: основное/резервное			
Безвозвратные потери масла (среднегодовые), кг/маш ч, не более			
Нагнетатель центробежный			
Расход через компрессор (при 20°С и 0,1013МПа), млн.м ³ /сут			
Выходное давление, МПа			
Степень сжатия номинальная			

Аппараты воздушного охлаждения газа предназначены для охлаждения газа после его компримирования в ГПА в целях увеличения производительности газопровода и выполнения контрактных условий по температуре в точке передачи КНР. В составе модульной обвязки после каждого из 3 единиц

по 4 единицы АВО АВГ - 120МГ/3-9-2, после каждого из 2 единиц установлены 2 единицы АВО АВГ -120МГ/3-13-2. В составе стационарной установки охлаждения газа – 12 единиц АВО АВГ-120МГ/3- 13-2. Суммарно на КСА установлено 52 аппарата воздушного охлаждения газа на КЦ-1. С учетом КЦ-2 количество АВО будет увеличено до 100 единиц.

Для отключения отдельных пар АВО на входе и выходе газа из аппаратов установлены краны с ручным управлением. Газ, после компримирования и охлаждения в АВО направляется в участок магистрального газопровода. Температура газа в точке передачи в снижается за счет эффекта Джоуля- Томсона и теплообмена с грунтом.



Рисунок 2.3 – Аппарат воздушного охлаждения газа АВГ-120МГ/3-13-2

Установка очистки газа предназначена для очистки поступающего на вход КС транспортируемого газа от капельной жидкости и механических примесей. Детальные требования к эффективности очистки определяются разработчиками газокompрессорного агрегата.

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36



Рисунок 2.4 – Блоки фильтров-сепараторов БФС 1-15/11.8-С7-УХЛ1

В соответствии с техническими требованиями по подготовке газа к транспорту с УКПГ подается «осушенный» и очищенный газ, не содержащий жидких фракций. Кроме того, применение труб по трассе магистрального газопровода с внутренним гладкостным покрытием исключает дополнительное загрязнение газа продуктами коррозии внутренней поверхности газопроводов. Применение ГПА с «сухими» газодинамическими уплотнениями нагнетателей исключает унос турбинного масла в газопроводы.

Для очистки газа от мехпримесей на КС применяются блоки фильтров-сепараторов БФС 1-15/11.8-С7-УХЛ1, установленные для параллельной работы. Один из них является резервным или работает вместе с другими для снижения гидравлических потерь на входе в КС. Функцию очистки выполняют по шесть пылеуловителей для каждого КЦ.

Для обеспечения потребителей инертным газом проектом предусматривается стационарная азотная установка в блочно-контейнерном исполнении по типу МВА-99-5-2.5- СКРК (рисунок 2.5). Назначение установки – получение газообразного азота из атмосферного воздуха. Область применения

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

азота – для использования в качестве импульсного газа приводов клапанов регулирующих ($P = 2.5$ МПа), для обеспечения ГПА приборным и барьерным газом для системы «сухих» уплотнений центробежного нагнетателя ($P= 0.7– 0.9$ МПа).

Установка эксплуатируется при температуре окружающей среды от минус 52°C до плюс 40°C . Азотная установка оснащена системой автоматизированного управления. Отсутствует необходимость в присутствии человека во время работы. Установка блок-контейнера азотной установки предусмотрена на открытой площадке, на которой также предусмотрена установка двух ресиверов $V=25\text{ м}^3$, $P=1,0$ МПа и одного ресивера $V=3,2\text{ м}^3$, $P= 2,5$ МПа.



Рисунок 2.5 – Азотная установка МВА-99-5-2.5- СКРК

Для обеспечения азотом, при проведении огневых работ и осушки трубопроводов после гидроиспытаний, принята мобильная азотная компрессорная станция по типу МВА-98-10-1.0-ДМ.

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38



Рисунок 2.6 – Азотная установка МВА-98-10-1.0-ДМ

Для подачи азота в газопроводы и к оборудованию предусмотрена стационарная разводка азота по площадкам.

Подготовка буферного газа для системы «сухих» газодинамических уплотнений предусматривается агрегатными системами, расположенными в укрытии ГПА. Данная операция выполняется на панели управления «сухими» газодинамическими уплотнениями (СГУ).



Рисунок 2.7 – Панель управления СГУ

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

На период первого пуска ГПА, для обеспечения положительного перепада давления на «сухие» уплотнения из условия $R_{всac} + 0,5$ МПа и последующей подачей в агрегатный блок подготовки буферного газа, предусматривается компримирование газа ГДУ в блочной дожимной компрессорной установке.



Рисунок 2.8 – Дожимная компрессорная установка

Блок очистки газа «сухих» уплотнений предназначен для более тонкой очистки технологического газа для применения его в качестве буферного в системе «сухих» ГДУ нагнетателя. В ДКУ предусматривается блочная, полной заводской готовности, размещается в контейнере, состоящем из двух изолированных глухой несгораемой перегородкой отсеков: отсека компрессорной установки и отсека управления. В контейнере предусмотрены системы отопления, вентиляции и освещения.

2.3 Описание технологической схемы процесса

Газ с узла подключения КЦ по подземному трубопроводу Ду1400 поступает на компрессорную станцию, через установку очистки газа, где проходит очистку от мехпримесей в фильтрах-пылеуловителях (6 единиц БФС). Для равномерного распределения потоков газа между фильтрами-

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

пылеуловителями, предусмотрено кольцевание подземного трубопровода Ду1000 на входе установки очистки.

Аппараты очистки оборудованы инспекционным люком с байонетным затвором, термометрами, датчиками перепада давления, стационарными отсечными устройствами для вывода аппаратов в ремонт.

Для сбора продуктов очистки газа применена емкость дренажная Е-3 $V = 12,5 \text{ м}^3$ рассчитанная на давление $P_y = 12,5 \text{ МПа}$. Перед подачей продуктов очистки газа на вывоз производится редуцирование в составе блока емкости дренажной с давления хранения до $1,6 \text{ кг/см}^2$. В емкости Е-2 $V = 4 \text{ м}^3$, $P_y = 1,6 \text{ МПа}$ происходит снижение давления до $0,3 \text{ кг/см}^2$ для подачи продуктов очистки в автоцистерну.

Для сбора жидкости после промывки фильтров-пылеуловителей предусмотрена дополнительная емкость для нефтепродуктов $V = 5 \text{ м}^3$ на давление $0,007 \text{ МПа}$.

Установка очистки газа оснащается системой электроподогрева дренажных трубопроводов и дренажных емкостей.

После установки очистки, газ по надземному трубопроводу Ду 1400 поступает во входной коллектор компрессорного цеха Ду 1400 и распределяется по входным трубопроводам ГПА Ду 1000 через краны №1-1 и №1 на вход центробежных нагнетателей.

При работе ГПА газ из всасывающего коллектора Ду 1400 через кран №1-1 и №1 поступает в нагнетатель, где происходит его сжатие и через кран №2 и №2-1 направляется в нагнетательный трубопровод Ду 1000.

На КС предусмотрен поцеховой учет компримируемого газа в каждом компрессорном цехе и коммерческий учет топливного газа по каждому модулю ГПА.

По нагнетательному трубопроводу Ду 1000 скомпримированный горячий газ поступает на первую ступень охлаждения газа в аппараты воздушного охлаждения газа. После охлаждения газа в АВО, газ через кран №2-1 по выходному трубопроводу поступает на дополнительную установку

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

общестанционного АВО газа с коллекторной обвязкой. Обвязка общестанционных АВО коллекторная, подключение аппаратов – параллельное, каждый аппарат имеет отключающую арматуру и общий байпасный отсечной кран Ду1400 на обводном газопроводе установки.

Для обеспечения кратковременной работы компрессорных цехов в режиме рециркуляции по большому кольцу предусматривается трубопровод общецехового контура Ду 1000 для подачи газа из трубопровода выхода КЦ, после АВО газа на вход КЦ до установки очистки газа. На трубопроводе устанавливаются по ходу газа: отсечной кран Ду 1000 (кран № 36), регулирующий антипомпажный клапан (клапан № 36р), байпас с краном Ду 300 (кран 36а) вокруг клапана 36р.

Отсечной кран общестанционного пускового контура Ду 1000, представляет собой полнопроходной шаровой кран с электроприводом, надземной установки. Кран предназначен для отсечения всасывающего контура КЦ от нагнетательного. Кран нормально открыт при работающем КЦ и закрывается при его остановке и проведении ремонтных работ.

Регулирующий клапан на трубопроводе Ду 1000 представляет собой клапан-регулятор с осевым направлением движения запорного органа.

Регулирующий клапан предназначен: для поддержания требуемого давления расхода на выходе КС, путем перепуска части газа с трубопроводов выхода на вход КС, при антипомпажном регулировании работы группы ГПА при внештатных ситуациях и при режимах приема и запуска очистных устройств, а также для поддержания требуемого режима работы КС (снижения давления) при работе одного или нескольких ГПА на большое кольцо. Байпасный кран 36а Ду 300 представляет собой полнопроходной шаровой кран с электроприводом, надземной установки. Кран предназначен для перепуска газа из выходных трубопроводов КС в трубопровод пускового контура по байпасной линии при выходе из работы регулирующего клапана №36р. Кран нормально закрыт при работающем регуляторе, и открывается только в аварийных ситуациях.

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

Межцеховые технологические трубопроводы прокладываются надземно на хомутовых регулируемых опорах с учётом рельефа площадки с уклонами, позволяющими осуществлять наиболее полное освобождение трубопроводов от воды после гидроиспытаний через специальные дренажные выходы в нижних точках.

Для снижения уровня звука и звукового давления до санитарных норм на надземных участках всасывающих и нагнетательных трубопроводах газовой обвязки ГПА, пусковых контуров и обводных линий предусматривается звукотеплоизоляция из пеностекла «Foamglas» ТУ 5914-001-98247382-2006 [15], удовлетворяющая требованиям п. 7.5.23 ВРД 39-1.8-055-2002 [16].

Для перелива масла из бака ГТУ, дренажа масла с поддонов рамы ГТУ и слива промывочной жидкости от промывки ГТУ в компрессорном цехе в районе каждого ГПА предусмотрены емкости $V=3 \text{ м}^3$ в надземном исполнении с электрообогревом в теплоизоляции. Перед выводом емкостей в ремонт предусматривается пропарка через штуцер откачки продукта в передвижную тару от пропарочной установки.

Все газовые коллекторы продуваются в атмосферу.

Свечи рассеивания КС выполнены в соответствии с требованиями п.8.2.8 СТО Газпром 2-2,1-249-2008 [17] из условия опорожнения всасывающего и нагнетательного газопроводов и оборудования КС не более 1,5-2 часов. Расположены на высоте не менее 5 м от отметки земли и расстоянии 25 от ограждения КС в соответствии с пунктом 657 «Правил безопасности в нефтяной и газовой промышленности», утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12.03.2013 №101 [18]. По площадке КС свечные трубопроводы выполнены в подземном исполнении.

Надземные межцеховые технологические коммуникации, прокладываются на регулируемых хомутовых опорах с регулируемой высотой положения трубы. Между опорными конструкциями опор и телом трубы предусматривается установка резиновых прокладок, обеспечивающих электрическую изоляцию трубопроводов и низкий коэффициент трения.

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Все подземные газовые коллекторы КС имеют минимально необходимое количество «перьевых» и свечных врезок для продувки в атмосферу. Крановые узлы врезок для продувки газовых систем предусмотрены с электрообогревом.

Для обеспечения внутритрубной диагностики коллекторов товарного газа (Ду1400, 1000) на трубопроводах предусмотрены люк-лазы с байонетными затворами.

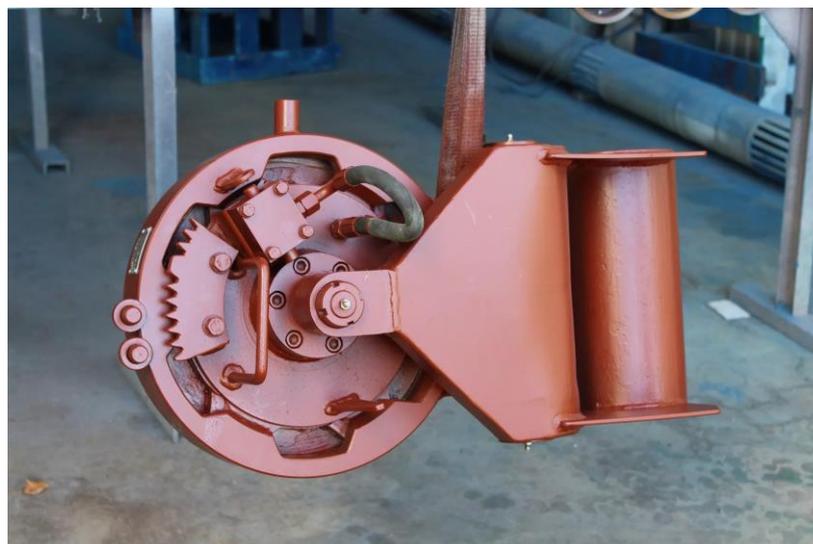


Рисунок 2.9 – Байонетный затвор

Для подачи инертного газа в качестве барьерного, инструментального газа ГПА и для управления клапанами-регуляторами предусмотрена стационарная азотная установка в блочно-контейнерном исполнении с электроприводом и частотным регулированием с системой резервирования для создания необходимого объема азота.

Для обеспечения безопасности проведения регламентных работ, а также в целях обеспечения качественного удаления воды после гидроиспытаний и организации безопасного заполнения газом межцековых технологических коммуникаций предусмотрены устройства для удаления воды и вытеснения воздуха из трубопроводов – азотом от мобильной азотной установки с параметрами $P = 0.6... 1,0$ МПа, $Q = 1000$ м³/ч. Вытеснение воздуха азотом предусмотрено в атмосферу.

Вывод по разделу. В данном разделе рассмотрена технологическая схема процесса, на примере КС проекта «Сила Сибири».

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Другими словами, четко выполнять поставленные государственные задачи перед ПАО «Газпром».

Отметим, что наряду с компрессорными цехами, различным аппаратами и трубопроводами, необходимым узлом любой современной КС является азотная установка (АУ). Она позволяет вырабатывать инертный газ – азот, который необходим при эксплуатации и обслуживании системы компримирования. Отказ АУ может повлиять на нарушение режимов работы КСА, что указывает на значимость установки и влияет на надежность сложной технической системы, относящейся, согласно ФЗ-116 к опасным производственным объектам. Поэтому, разработка технических решений, позволяющих обеспечить резерв АУ при развитии внештатных ситуаций и отказов ее технологических блоков, является актуальной задачей любого газотранспортного предприятия, в состав которого входят КС.

Основной целью внедрения резервной системы обеспечения азотом является получение инертного газа (инертного рабочего тела) за минимальный период времени. Поэтому, приняв за исходные условия отказ АУ, было необходимо определить время, по истечении которого возможен аварийный останов ГПА. Для этого требовалось проведение натурных экспериментов и выполнение термодинамического расчета.

На основании полученных данных, дальнейшие задачи состояли в разработке технического решения и проектной документации совместно со службой проектно-конструкторских работ инженерно-технического центра ООО «Газпром трансгаз Томск», проведении монтажных и пуско-наладочных работ, а также окончательной реализации проекта в рамках технического перевооружения системы обеспечения азотом.

Азот в последние годы имеет широкое применение на опасных производственных объектах, нефтегазоконденсатных месторождениях, пищевом и целлюлозно-бумажном производстве, горнодобывающей и металлургической отрасли, в медицине и других сферах [20]. Это обусловлено низкой температурой изменения агрегатного состояния при переходе из газообразного в жидкое,

					Внедрение резервной системы обеспечения азотом оборудования компрессорной станции	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

высокой инертностью газа и его доступностью, ведь объемное содержание азота в воздухе составляет около 78 %.

Применение азота на газотранспортных предприятиях чаще всего ограничивалось продувкой газопровода после выполнения ремонтных работ [21], связанных с разгерметизацией участка трубы, с целью вытеснения кислорода из ее внутренней полости, тем самым обеспечивая взрывобезопасность при вводе газопровода в эксплуатацию. Основываясь на многолетнем опыте горнодобывающих предприятий, где газообразным азотом предотвращаются такие процессы, как самовозгорание сырья в угледобывающих шахтах и эндогенные пожары [22, 23] в дочерних организациях ПАО Газпром с 2019 года начинается использование азота в качестве барьерного тела в системе газодинамических уплотнений центробежного компрессора – разделительный азот. Принцип работы системы СГУ заключается в следующем (рисунок 3.1): при подаче природного подготовленного газа, называемого буферным, на уплотнительную ступень СГУ между седлом 2 и торцом 1 происходит расширение газа, который отталкивает торец от седла. Возникающая сила отталкивания торца от седла уравнивается металлическими пружинами 4 с противоположной стороны торца. Усилия внутри СГУ рассчитаны таким образом, чтобы уравновесить графитовый торец на расстоянии от седла в диапазоне от 3 мкм до 5 мкм на всех возможных режимах работы компрессора.

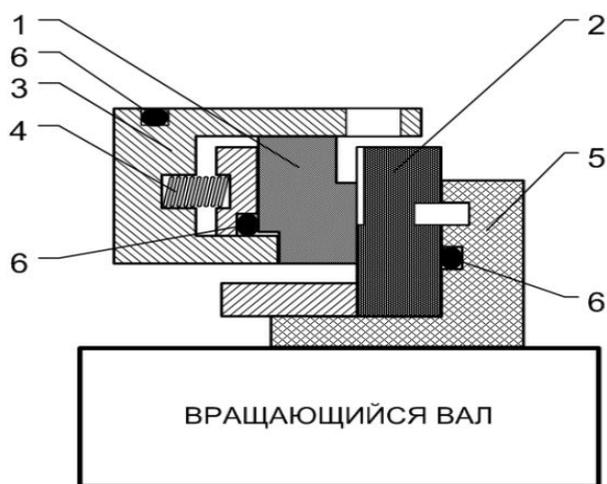


Рисунок 3.1 – Уплотнительная ступень СГУ

1 торец; 2 седло; 3 держатель; 4 пружина; 5 втулка;

6 уплотнительное кольцо.

					Внедрение резервной системы обеспечения азотом оборудования компрессорной станции	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

Барьерное уплотнение, в свою очередь, состоит из гребней, которые разделяют зазор между роторной частью СГУ на ряд последовательно расположенных камер, в которых происходит непрерывное вытеснение разделительным азотом, паров масла со стороны подшипника и утечек газа уплотнительной ступени СГУ в свечной трубопровод (рисунок 3.2).

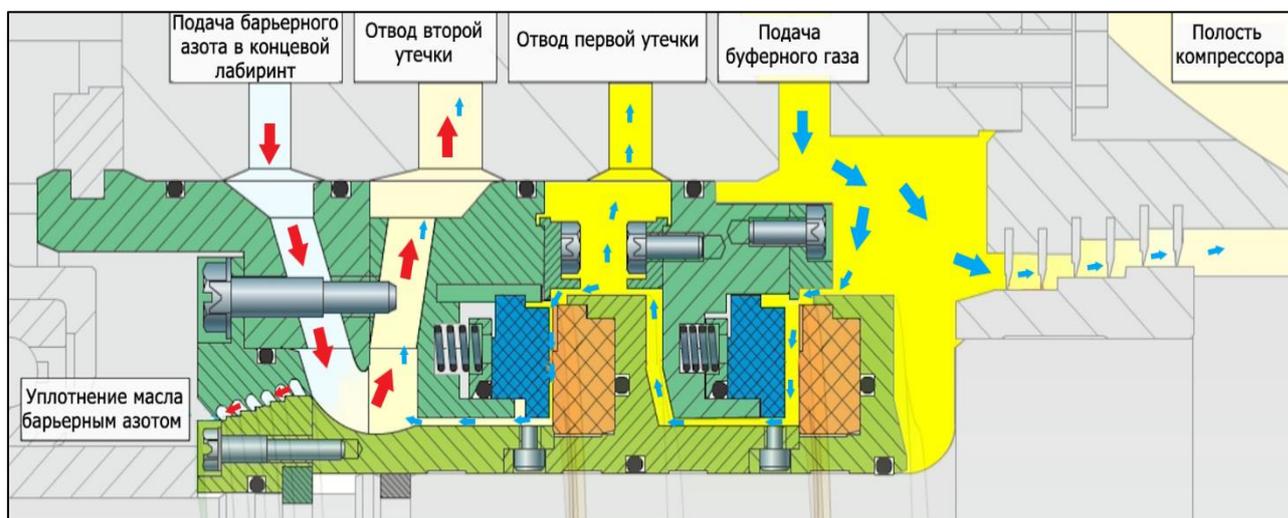


Рисунок 3.2 – Принцип действия СГУ и барьерного уплотнения

Перед попаданием в барьерное уплотнение азот проходит несколько ступеней подготовки: это осушка, подогрев и очистка [24]. Свойства азота препятствовать возникновению коррозии и окисления узлов СГУ являются преимущественными в сравнении с воздухом. Именно поэтому в качестве барьерного газа применяется разделительный азот, что как следствие связано с повышением безопасности труда, созданием условий для надежной работы опасного производственного объекта, обеспечением пожаробезопасности и взрывобезопасности, сохранением жизни и здоровья работников [25, 26].

КСА – это первая компрессорная станция в Российской Федерации, где был применен газообразный азот в качестве основного источника барьерного газа для работы центробежного нагнетателя ГПА.

На КСА, для получения азота путем мембранного разделения воздуха применяется стационарная азотная установка модификации МВА-99-5-2,5-СКРК. Система обеспечения азотом расположена на специальной площадке (рисунок 2.5), на которой размещена АУ в теплоизолированном блок-боксе, три

ресивера-накопителя азота, технологическая обвязка трубопроводов с запорной арматурой. Блок-бокс разделен на два отсека: компрессорный блок и блок подготовки и газоразделения. Установка оборудована системами вентиляции, освещения и обогрева.

Внутри блок-бокса азотной установки представлено две линии подготовки азота. Физика процесса подготовки азота предусматривает всас воздуха, его компримирование с последующей очисткой, осушкой и подогревом перед поступлением в газоразделительный блок. В газоразделительном блоке (рисунок 3.3) азот, за счет высокой проницаемости, при прохождении через полволоконные мембраны, отделяется от остальных составляющих воздуха, называемых пермеатом, достигает необходимой концентрации и подается на потребителя в качестве ретентата (подготовленного продукта) [27].

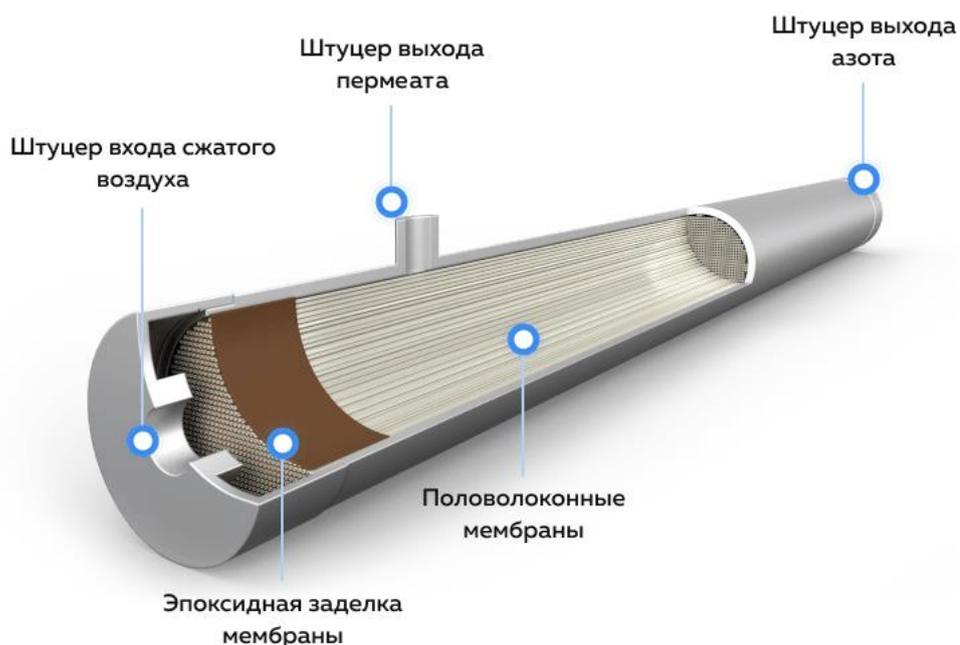


Рисунок 3.3 – Полимерная разделительная мембрана

Доведенный до требуемых характеристик технологический азот необходим для:

- подачи барьерного азота в торцевые газодинамические уплотнения центробежного компрессора (ЦБК) ГПА;
- подачи импульсного азота, применяемого в качестве рабочего тела для управления антипомпажными клапанами [28] (АПК);

					Внедрение резервной системы обеспечения азотом оборудования компрессорной станции	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

– подачи приборного азота в продувочные клапаны топливной системы ГПА-32 «Ладога»;

– заполнения технологических трубопроводов инертным азотом, для обеспечения безопасности в процессе проведения регламентных работ.

При работе компрессорной станции, азотная установка находится в режиме непрерывной эксплуатации и обеспечивает надежность всей КС. Опираясь на это, обозначим понятие надежности [29], рассматриваемое как свойство объекта сохранять во времени способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, а также при техническом обслуживании, хранении и транспортировании.

Ввиду того, что технологический процесс предусматривает непрерывный расход азота – необходимо постоянно поддерживать его давление в системах на заданном уровне (азот «низкого» давления 0,9 МПа, азот «высокого» давления 2,5 МПа). При возникновении отказа азотной установки появляются риски останова всех работающих ГПА, по следующим причинам:

- низкое давление барьерного азота (меньше 20 кПа);
- низкое давление приборного азота (меньше 0,55 МПа);
- потеря управления АПК в автоматическом режиме.

Всё это способствует значительным потерям энергетических ресурсов и трудозатратам на восстановление режима работы объекта.

3.2 Результаты оценочных расчетов

В рамках выполнения поставленных задач, был произведен оценочный расчет времени падения давления азота до аварийной уставки, с условием отказа стационарной азотной установки.

Таблица 3.1 – Исходные данные

Наименование	Обозначение	Величина
Количество работающих ГПА	n	2 ед.
Значение рабочего давления азота	P_1	0,9 МПа

Значение аварийного давления приборного азота	P_2	0,55 МПа
Молярная масса азота	μ	14,0067 г/моль
Газовая постоянная азота	R_N	287 Дж/(кг · К)
Температура азота	T	333 К
Объём в сосудах	V	50 м ³
Объёмный расход барьерного азота	$q_{бар}$	20,2 м ³ /ч
Объёмный расход приборного азота	$q_{приб}$	0,81 м ³ /ч
Объёмный расход импульсного азота	$q_{имп}$	0,774 м ³ /ч
Плотность азота	ρ	1,2506 кг/м ³

m_1 – масса вещества в начальный момент времени;

m_2 – масса вещества в конечный момент времени;

P_1 – значение рабочего давления азота;

P_2 – значение аварийного давления азота;

μ – молярная масса азота;

R_N – газовая постоянная азота;

T – температура азота на выходе из установки;

V – объем азота в сосудах.

Опишем с помощью уравнения состояния два момента времени, которым соответствует различная масса вещества при изохорном процессе истечения по формулам (3.1) и (3.2).

$$m_1 = \frac{\mu P_1 V}{RT} \quad (3.1)$$

$$m_2 = \frac{\mu P_2 V}{RT} \quad (3.2)$$

Для дальнейших вычислений выразим изменение массы в ресиверах «низкого» давления через изменение давления в системе (3.3). Помимо этого,

					Внедрение резервной системы обеспечения азотом оборудования компрессорной станции	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

выразим изменение массы через постоянный массовый расход истечения вещества за единицу времени (3.4):

$$\Delta m = m_1 - m_2 = \frac{\mu V}{RT} * (P_1 - P_2) \quad (3.3)$$

$$\Delta m = G * \tau \quad (3.4)$$

$$G = Q * \rho \quad (3.5)$$

$$Q = n * q_{бар} + q_{имп} + q_{приб} \quad (3.6)$$

где: ρ – плотность азота при нормальных условиях; $q_{бар}$ – объемный расход барьерного азота на один агрегат; $q_{имп}$ – объемный расход импульсного азота на один агрегат; $q_{приб}$ – объемный расход приборного азота на один агрегат; n – количество работающих газоперекачивающих агрегатов.

Сопоставив вышеуказанные выражения (3.3) и (3.4) выразим искомое время истечения вещества из сосудов с постоянным объемом при изменении давления в системе:

$$\tau = \frac{V}{R_N T} * \frac{(P_1 - P_2)}{Q * \rho} \quad (3.7)$$

Подставив известные значения в искомое уравнение (3.7), получим то, что на истечение из двух сосудов «низкого» давления суммарным объемом 50 м³ при падении избыточного давления от 0,9 МПа до 0,55 МПа и при постоянном объемном расходе азота 21,784 м³/ч мы получаем время равное 3 ч.

3.3 Натурный эксперимент

На следующем этапе исследования было необходимо выполнить натурный эксперимент, при котором в режиме «Магистраль» работают два агрегата ГПА-32 «Ладога», что соответствует реальным условиям эксплуатации магистрального газопровода «Сила Сибири» на сегодняшний день. Как уже было сказано, работа АУ заключается в постоянном поддержании давления в ресиверах не ниже определенных значений. По достижении максимального давления в сосудах, АУ переходит в режим «ожидания». Имитируя отказ оборудования установки, был выполнен ее нормальный останов при

					Внедрение резервной системы обеспечения азотом оборудования компрессорной станции	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

максимальном давлении в ресиверах. При этом, персоналом КСА производилась фиксация значений давления через равные промежутки времени.

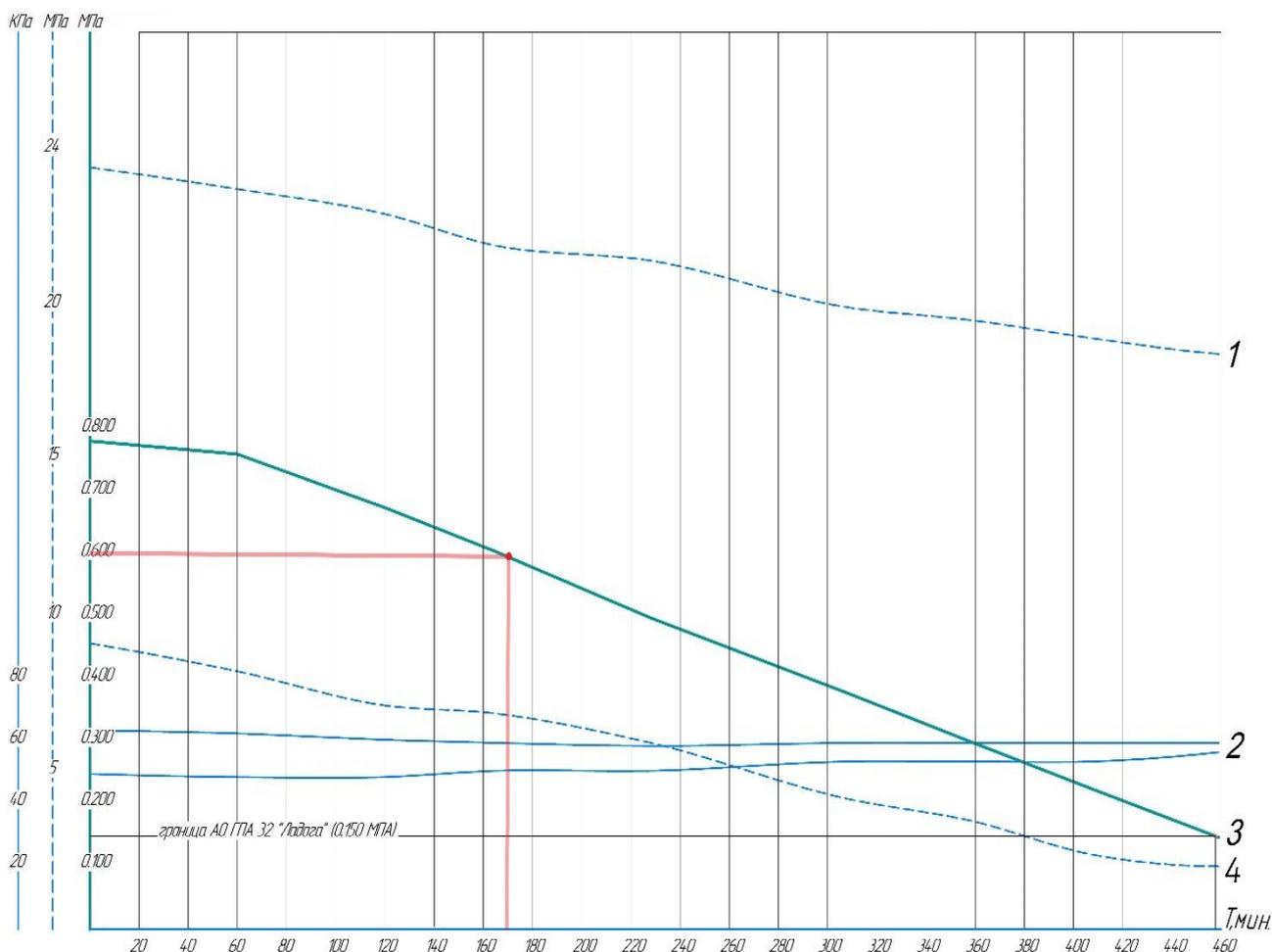


Рисунок 3.4 – График падения давления азота

1 давление азота в ресивере «высокого» давления; 2 давление азота на входе в уплотнения ГПА; 3 давление азота на входе в ГТУ; 4 давление азота в ресивере «низкого» давления

Анализ технических возможностей показал, что в качестве резервного источника азота можно применить мобильную азотную установку МВА-98-10-1,0-ДМ (рисунок 3.5).

Мобильная азотная установка (МАУ) производства НПК «Грасис» предназначена для получения азота из воздуха, используемого в различных технологических целях [30, 31].



Рисунок 3.5 – Мобильная азотная установка

Производительность МАУ в 4 раза превышает производительность стационарной азотной установки 1000 и 250 м³/час соответственно. Давление азота на выходе соответствует значению в системе азота «низкого» давления и составляет 1,0 МПа.

Изначальным предназначением МАУ является – продувка газопровода с целью вытеснения газовой смеси во время проведения регламентных ремонтных работ на линейной части [32]. Базирование МАУ, согласно проектной документации, осуществляется вблизи площадки стационарной системы обеспечения азотом.

Исходя из этого, авторами было предложено осуществить монтаж трубопровода между азотными установками, с сохранением возможности транспортировки МАУ к месту проведения регламентных работ. При этом обеспечить штатное положение МАУ в состоянии резерва для стационарной системы обеспечения азотом.

При оптимальной схеме работы АУ, компрессорами низкого давления обеспечивается подача воздуха в мембранный газоразделительный блок, после которого азот, с давлением 0,9 МПа подается в ресиверы «низкого» давления. Далее, из этих сосудов азот отбирается на дожимной компрессор, компримируется до 2,5 МПа и поступает в ресивер «высокого» давления.

					Внедрение резервной системы обеспечения азотом оборудования компрессорной станции	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В случае отказа стационарной азотной установки предполагается запуск мобильной азотной установки для подачи «низкого» давления в систему. Схема технического решения по подключению представлена на рисунке 3.6.

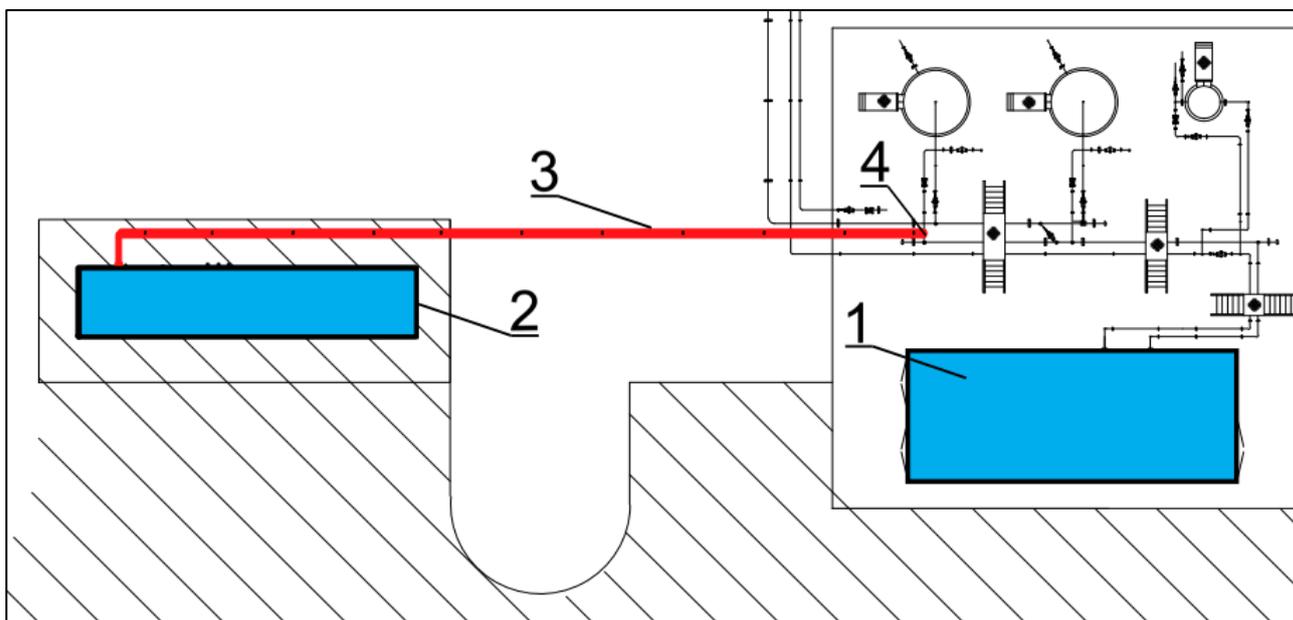


Рисунок 3.6 – Схема технического решения по подключению мобильной азотной установки к стационарной системе подачи азота

- 1 стационарная азотная установка; 2 мобильная азотная установка;
3 проектируемый трубопровод; 4 точка врезки в систему «низкого» давления азота

Работа дожимных компрессоров осуществляется в автоматическом режиме и напрямую зависит от давления в системе «высокого» давления азота (компрессор включается в работу при давлении ниже 2,0 МПа и выключается при 2,5 МПа).

В рамках пусконаладочных работ совместно с заводом изготовителем был произведен комплекс испытаний по подключению мобильной азотной установки в стационарную систему обеспечения азотом. Для этого:

- 1) произвели принудительный останов воздушного компрессора стационарной азотной установки (значение «низкого» давления азота снизилось до 0,6 МПа);
- 2) осуществили пуск МАУ (по истечении 15 минут значение «низкого» давления азота увеличилось до 0,88 МПа);

3) произвели пуск дожимных компрессоров стационарной азотной установки для обеспечения системы азотом «высокого» давления.

Проектная документация успешно подготовлена и прошла экспертизу промышленной безопасности. Организован обмен данными между контроллером МАУ и системой автоматического управления компрессорным цехом, а также добавлена мнемосхема с параметрами работы МАУ на АРМ сменного инженера. Помимо этого, для работы в автоматическом режиме дожимных компрессоров стационарной азотной установки, реализован режим «высокое давление», который предусматривает возможность отдельной работы дожимных компрессоров от датчика давления в ресивере.

Вывод по разделу. Техническое решение, описанное в данном разделе, имеет ряд преимуществ и определенно повышает надежность оборудования компрессорного цеха и, следовательно, компрессорной станции.

					Внедрение резервной системы обеспечения азотом оборудования компрессорной станции	Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4. Прочностной расчет технологического азотопровода

4.1 Построение численной модели

В текущем исследовании следовало разработать трехмерную модель технологического азотопровода согласно проекту, с полным соответствием натурному образцу, представленную на рисунке 4.1.

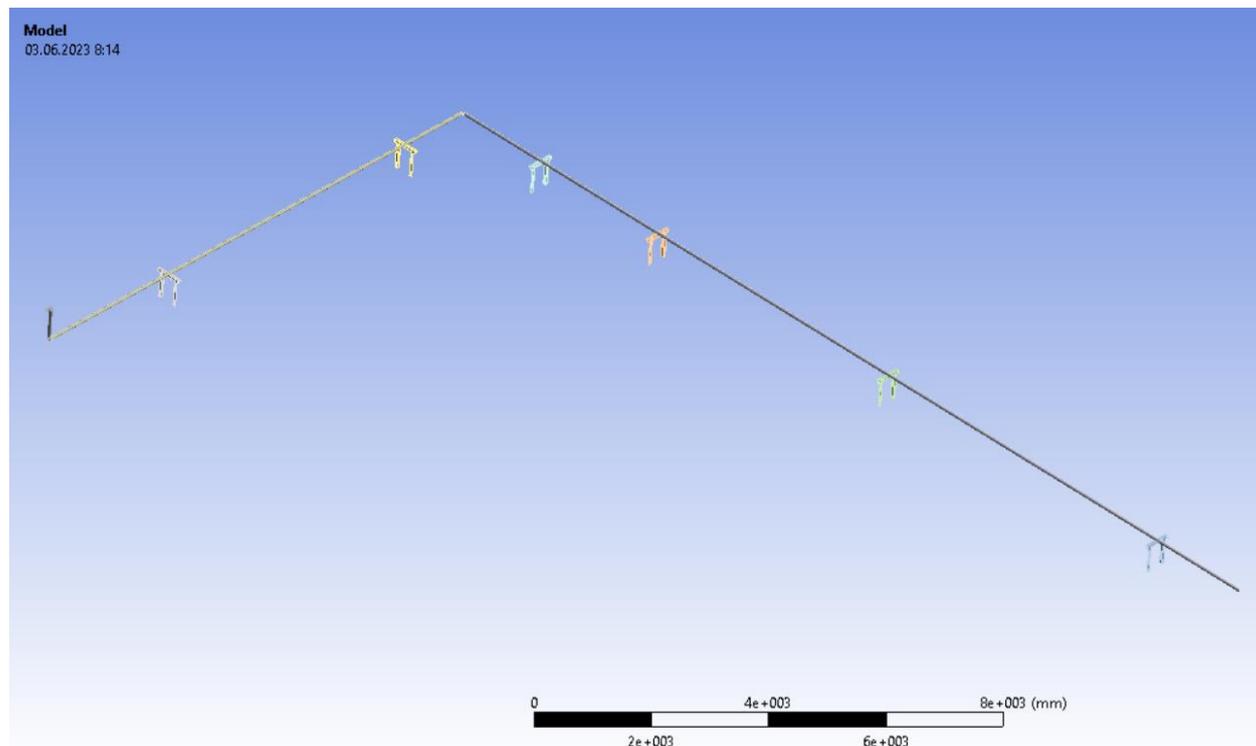


Рисунок 4.1 – Расчетная модель азотопровода

Представленная модель расчета имеет в себе технологический трубопровод, разбитый на три отдельные части. Сделано это для того, упростить дальнейшие расчеты и построение сетки конечных элементов. Помимо этого, на модели присутствуют опорные элементы (стойки) для придания дальнейшему исследованию, приближенные к натуральным, физические условия.

Следующим шагом следовало импортировать готовую трехмерную модель из среды пространственного моделирования в формате IGS в программу Ansys

					Разработка мероприятий по внедрению резервной системы обеспечения азотом оборудования компрессорной станции			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Михайлин Ю.Ю.			Прочностной расчет технологического азотопровода	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Чухарева Н.В.					57	95
Рук-ль ООП		Чухарева Н.В.				Отделение нефтегазового дела Группа 3-2Б8А2		

mechanical model и далее в модель Static structural. Также следует занести все свойства материала в блок Engineering Data. Материалом для конструкции служит нержавеющая аустенитная сталь, которая отличается высоким сопротивлением коррозии, прочностью, долговечностью и высокой стойкостью к окислению при высоких температурах. Основные технические характеристики представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Технические характеристики

Свойство	Размерность	Величина
Твердость по Роквеллу	HRC	10-35
Предел прочности	МПа	500-700
Предел упругости	МПа	340-900
Ударная вязкость	Дж/см ²	160
Модуль Юнга		220

Зададим граничные условия (рисунок 4.2) исследованию для того, чтобы имитировать физику реального объекта, а именно распределение рабочего давления по внутренней полости трубы и газодинамическую составляющую потока, проходящего через выделенный объем.

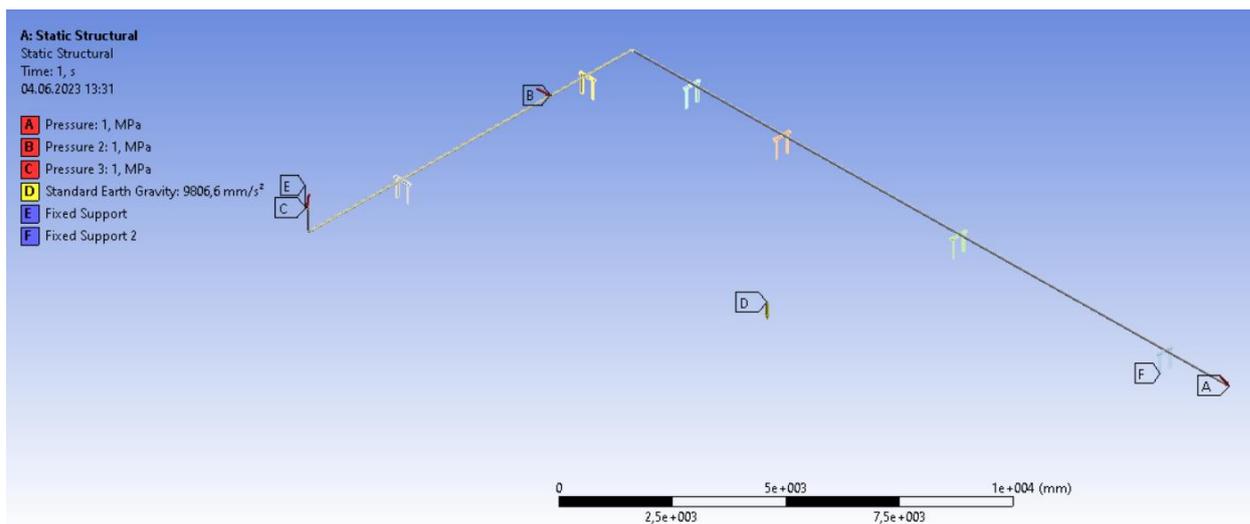


Рисунок 4.2 – Граничные условия

Помимо этого, так же были применены сила тяжести, воздействующая на тело трубы, фиксированные опоры на ножках стоек, фиксированная заделка на

					Прочностной расчет технологического азотопровода	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

концах выделенного сегмента трубопровода и контакт поверхностей газопровода и опорных стоек, который был определен как поверхности взаимного трения. (рисунок 4.3)

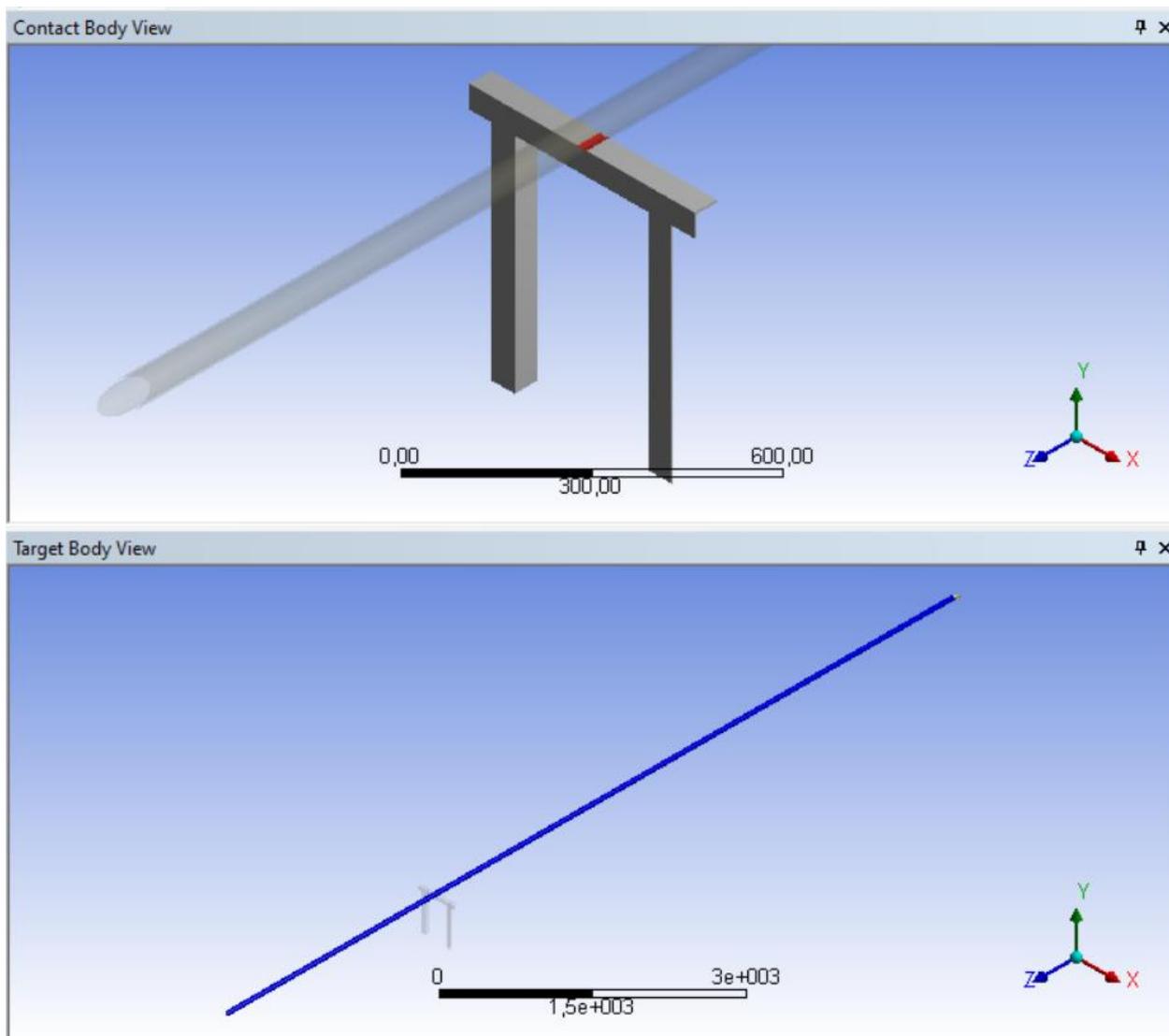


Рисунок 4.3 – Контакт поверхностей

К каждому телу отдельно в пространстве численного моделирования создадим сетку конечных элементов (рисунок 4.4), при этом стоит заметить, что для трубы и стойки применены разные типы полигонов. В описании тела технологического трубопровода заложена форма гексаэдра, а в описание тел опорных стоек октаэдр. Сделано это по причине того, что каждое сечение трубопровода имеет подобие по сравнению с предыдущим или последующим, в следствие чего появляется возможность разбиения на подобные элементы с

наиболее точным описание конструкции известной формы. Размер расчётного элемента 1 мм.

Напротив, конструкция опорной стойки описывается сеткой в виде октаэдра ввиду наличия нестандартной криволинейной геометрии и, в следствии этого, для того чтобы избежать искривления расчетного пространства, был применен подобный полигон. Размер расчетного элемента 5 мм.

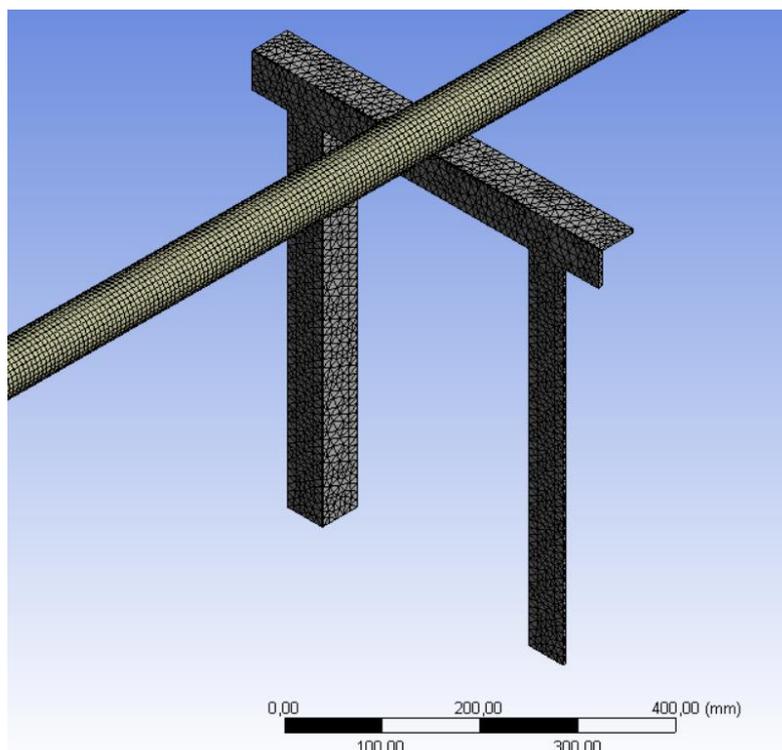


Рисунок 4.4 – Сетка конечных элементов

4.2 Результаты расчетов на НДС

Рассмотрим влияние, которое оказывают заданные граничные условия (рисунок 4.5, 4.6).

Как представлено на вышеуказанных рисунках, силы распределенного давления рабочего тела и силы тяжести вызывают упругие деформации в размере 6,4 мм. в районе предпоследней и последней опоры по ходу газа, при этом максимальные напряжения суммарные в конструкции составили 70,6 МПа. Исходя из предела длительной прочности нержавеющей стали, используемой при производстве трубопровода, рассчитаем коэффициент запаса прочности предложенной конструкции (4.1).

					Прочностной расчет технологического азотопровода	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

$$n = \frac{\sigma_{ДГ}}{\sigma_{max}} = \frac{500}{70.6} = 7.08 \quad (4.1)$$

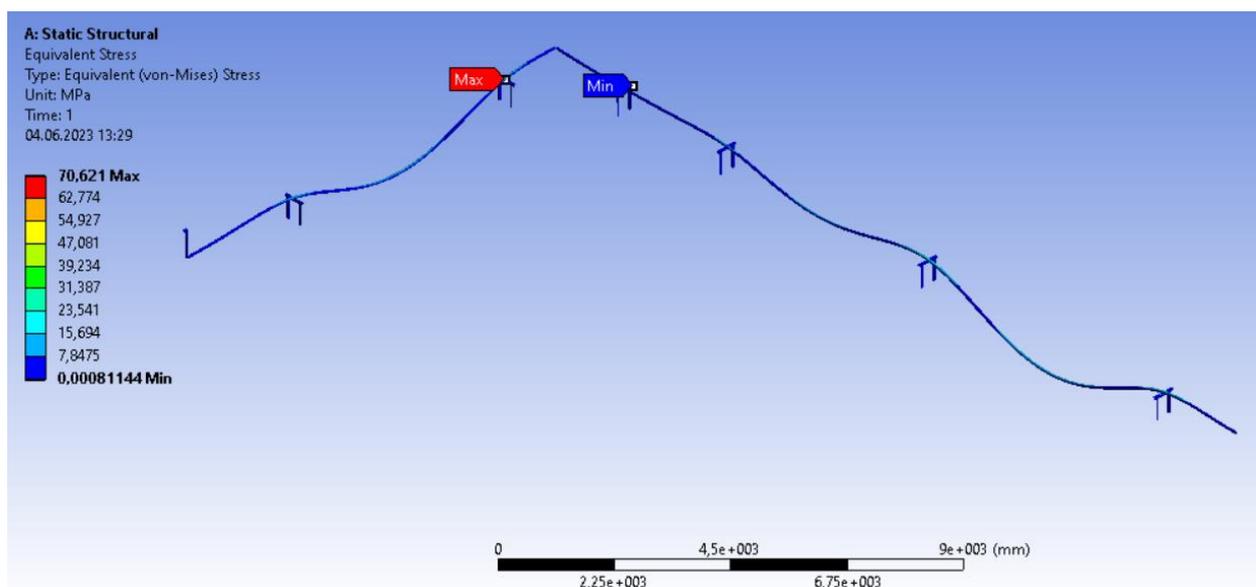


Рисунок 4.5 – Суммарные напряжения

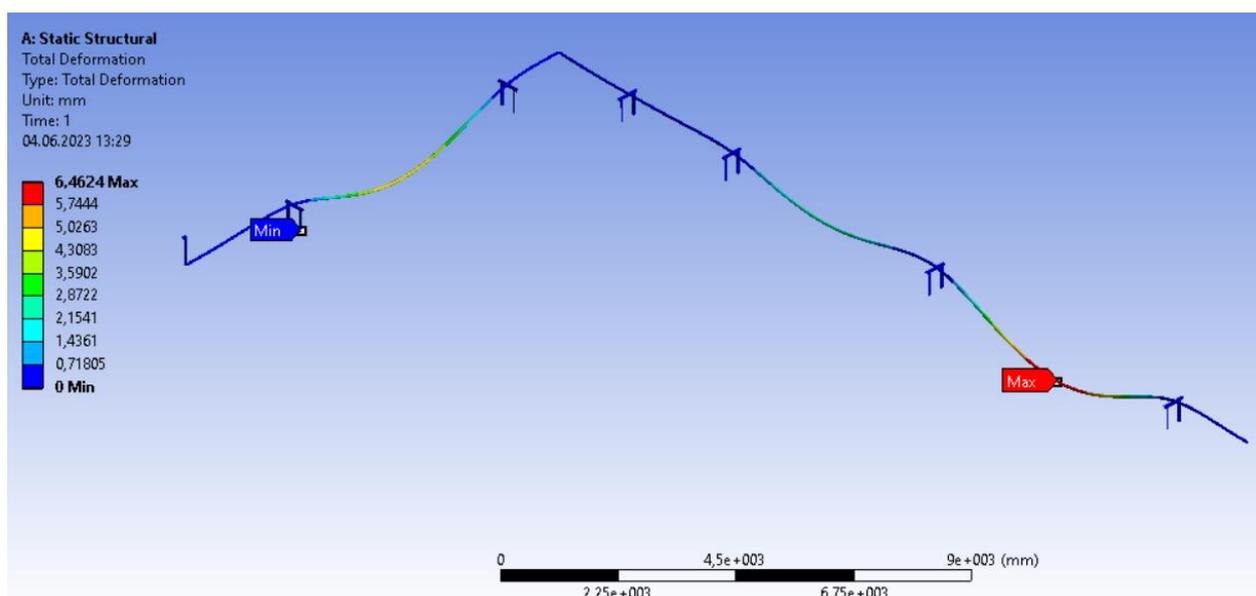


Рисунок 4.6 – Деформация трубопровода

Вывод по разделу. В рамках прочностного исследования технологического азотопровода, проектируемого между двумя азотными установками, выявлено, что коэффициент запаса прочности с учетом нагрузок составляет 7,08. Данный результат говорит о том, что предложенная конструкция трубопровода при заданных нагрузках способна выдержать напряжения, превышающие номинальные в 7,08 раз. Это свидетельствует о надёжной работе технологического трубопровода в условиях эксплуатации.

					Прочностной расчет технологического азотопровода	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

5.1.2 Анализ конкурентных технологических решений

Анализ конкурентных технологических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку эффективности разработки при сравнении ее с условием без проекта и условием, где приобретается дополнительное оборудование.

Проведем сравнение конкурентоспособности разработанного проекта с условием использования в качестве резерва для МВА-99-5-2.5-СКРК азотную установку МВА-98-10-1.0-ДМ (Ф) с изначальным планом от проектной организации для ██████████, в рамках которого используется одна азотная установка МВА-99-5-2.5-СКРК (K_1) и проектом, в рамках которого используется две установки МВА-99-5-2.5-СКРК (K_2). Результаты представим в виде оценочной карты (таблица 5.1), где оценивание технологий приведено по пятибалльной шкале: 1 – наиболее слабая позиция, 5 – наиболее сильная позиция.

Таблица 5.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технологических решений

Критерии оценки	Вес критерия B_i	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_Φ	B_{K1}	B_{K2}	K_Φ	K_{K1}	K_{K2}
1. Обеспечение необходимых параметров азота на выходе	0,1	3	3	3	0,3	0,3	0,3
2. Персонал необходимый для обслуживания	0,1	4	4	2	0,4	0,4	0,2
3. Затраты на реализацию проекта	0,3	5	5	1	1,5	1,5	0,3
4. Обеспечение необходимого запаса прочности по азоту	0,3	5	2	5	1,5	0,6	1,5
5. Автоматизация технологического процесса	0,2	3	3	3	0,6	0,6	0,6
Итого	1	20	17	15	4,3	3,4	2,9

Конкурентоспособность технологического решения определяется по формуле (5.1).

$$K = \sum B_i \cdot Б_i \quad (5.1)$$

где B_i – вес i -го критерия; $Б_i$ – балл i -го критерия.

В результате анализа конкурентных технологических решений можно сделать вывод, что разработанный проект с обеспечением резерва за счет мобильной азотной установки МВА-98-10-1.0-ДМ демонстрирует более комплексный, надежный и рациональный подход в сравнении с имеющейся системой, а также проектом, учитывающим две стационарные установки МВА-99-5-2.5- СКРК, что следует из показателя конкурентоспособности (4,3 против 3,4 и 2,9 соответственно).

Стоит отметить, что предложенное техническое решение по обеспечению резерва было реализовано на большинстве КС проекта «Сила Сибири» в период с 2022 по 2023 год.

5.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ является инструментом стратегического менеджмента и представляет собой комплексное исследование технического проекта, приобретшего свое применение в исследованиях внутренней и внешней сферы проекта. В матрице «SWOT» отображаются сильные (С) и слабые (Сл) стороны проекта, а также возможности (В) и угрозы (У).

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

Таблица 5.2 – SWOT-анализ

	Сильные стороны (С)	Слабые стороны (Сл)
	<p>С1. Установка подходит по всем требуемым параметрам</p> <p>С2. Минимальные затраты на реализацию в сравнении с вероятными убытками</p> <p>С3. Обеспечение надежности и сохранения имиджа компании</p>	<p>Сл1. Потребность в дополнительном оборудовании</p> <p>Сл2. Необходимость присутствия персонала при введении установки в действие (возможна доработка)</p> <p>Сл3. Необходимость транспортировки мобильной азотной установки на линейный участок МГ</p>
Возможности (В)		
<p>В1. Рациональное планирование сезонных работ на линейной части МГ</p> <p>В2. Реализация алгоритма автоматического ввода в работу</p> <p>В3. Применение алгоритма эксплуатирующими компаниями для повышения надежности оборудования</p>	<p>1. Алгоритм автоматического ввода позволяет значительно повысить надежность оборудования</p> <p>2. Ввиду наличия мобильной азотной установки на большинстве КС, применение данного проекта эксплуатирующими организациями является наиболее вероятным</p>	<p>1. Рациональное планирование сезонных работ на линейной части МГ позволяет предотвратить необходимость транспортировки мобильной азотной установки и обеспечить резерв</p>
Угрозы (У)		
<p>У1. Отказ от проекта в пользу нынешнего проектного решения с одной АУ</p> <p>У2. Отказ от проекта по необходимости выполнения работ на линейной части МГ</p> <p>У3. Неисправность установки</p>	<p>1. Рациональное планирование сезонных работ на линейной части МГ позволяет предотвратить необходимость транспортировки мобильной азотной установки и обеспечить резерв</p>	<p>1. Не рациональное планирование сезонных работ на линейной части МГ влечет к необходимости транспортировки мобильной азотной установки на место проведения работ</p>

5.2 Структура расходной части для оценки экономической эффективности оптимальных решений

Для расчета расходной части учитываются следующие показатели на период расчета:

- сценарные условия;
- исходные данные для планирования;
- исходные данные по транспортируемой продукции.

Сценарные условия представляют собой внешние факторы, которые могут влиять на ход реализации проекта (таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Сценарные условия

№ п/п	Наименование	Единицы измерения
1	Курс доллара	руб./\$
2	Ставка дисконтирования	%
3	Срок до года экономического предела актива	лет
4	Горизонт расчета	лет
5	Норма амортизации	%
6	Ставка налога на имущество	%

Исходные данные для планирования представляют собой стоимостные характеристики трубопроводных систем, которые необходимо учитывать при расчете показателей экономической эффективности (таблица 5.4).

Таблица 5.4 – Исходные данные для планирования

№ п/п	Наименование	Единицы измерения
1	Требуемый объем генерируемого азота	м ³
2	Расход азота на нужды КС	м ³
3	Срок полезного использования трубопровода	лет
4	Целевые ориентиры на строительство трубопровода (затраты CAPEX)	т. руб./м
5	Удельные стоимостные показатели по оборудованию и объектам реконструкции (затраты CAPEX/OPEX)	т. руб.
6	Удельные стоимостные показатели по услугам и собственным затратам (затраты OPEX):	
	в т.ч.	
6.1	Ингибиторная защита трубопровода	т. руб./тн
6.2	Мониторинг коррозии трубопровода	т. руб./ед.
6.3	Диагностика трубопровода	т. руб./м
6.4	Ремонт собственными силами	т. руб.
6.5	Ремонт собственными силами с применением стальных ремонтных муфт	т. руб./ед.
6.6	Обслуживание запорной арматуры	т. руб.

Исходные данные по транспортируемой продукции представляют собой характеристики генерируемого азота (таблица 5.5).

Таблица 5.5 – Исходные данные по транспортируемой продукции

№ п/п	Наименование	Единицы измерения
1	Расход азота	нм ³ /ч
2	Давление азота	МПа
3	Температура транспортируемой среды	градусы Цельсия
4	Концентрация кислорода	%
5	Температура точки росы	градусы Цельсия
6	Содержание механических примесей	мг/нм ³
7	Максимальный размер механических примесей	мкм

Таким образом, при наличии вышеперечисленных данных можно рассчитать экономическую эффективность проекта.

5.3 Расчет затрат на строительство

Расчет затрат на строительство произведен для азотопровода (57 × 4) мм с краном шаровым Ду 50. Для оценки экономической эффективности технического решения, необходимо провести идентичный по структуре расчет затрат.

5.3.1 Расчет затрат на осуществление работ вахтовым методом

Строительство азотопровода ведется в 1 этап, для которого принимаются исходные данные согласно таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Исходные данные для расчета работ вахтовым методом строительства

Показатель	Значение
Потребность в кадрах	3 чел.
Продолжительность вахты	30 дн.
Продолжительность рабочего дня	11 час.
Время в пути работников в один конец	2 час.
Продолжительность строительства	7 дней (0,02 года)

Доставка вахтовых работающих-строителей осуществляется по следующей схеме:

- железнодорожным транспортом (регулярный рейс);
- автотранспортом до общежития.

Стоимость одного билета по маршруту в одном направлении на регулярный рейс – 3700 руб. с учетом НДС. Тогда стоимость перевозки одного работающего без учета НДС определяется по формуле (5.2).

$$3700 \text{ руб} \div 1,2 = 3083,33 \text{ руб.} \quad (5.2)$$

Стоимость перевозки вахтовых работающих железнодорожным транспортом за весь период строительства без учета НДС определяется по формуле (5.3).

$$3083,33 \text{ руб} \times 3 \text{ чел} \times 2 \times 1 \text{ поездку} = 18499,98 \text{ руб.} \quad (5.3)$$

Продолжительность вахтовой поездки на автотранспорте до временного общежития с учетом расстояния (50 км) и средней скорости автобуса (50 км/ч) определяется по формуле (5.4).

$$50 \text{ км} \div 50 \frac{\text{км}}{\text{ч}} \times 2 = 2 \text{ ч} \quad (5.4)$$

Стоимость одного часа автомобиля – 2500 руб. без учета НДС. Вахтовый автомобиль типа УРАЛ-325512 (22 посадочных места). Тогда количество автомобилей для перевозки работающих определяется по формуле (5.5).

$$3 \text{ чел} \div 22 \text{ чел} = 0,14 = 1 \text{ авт.} \quad (5.5)$$

Время на посадку-высадку пассажиров принимаем 0,5 часа. Следовательно, стоимость перевозки вахтовых работающих автомобильным транспортом за весь период строительства без учета НДС определяется по формуле (5.6).

$$2500 \text{ руб} \times (2 \text{ ч} + 0,5 \text{ ч}) \times 1 \text{ авт} \times 1 \text{ поездку} = \\ = 6250 \text{ руб.} \quad (5.6)$$

Стоимость одного койко-места в сутки – 400 руб. с учетом НДС. Тогда стоимость одного койко-места без учета НДС определяется по формуле (5.7).

$$400 \text{ руб} \div 1,2 = 333,33 \text{ руб.} \quad (5.7)$$

Общая стоимость затрат на проживание в вахтовом поселке за весь период строительства без учета НДС определяется по формуле (5.8).

$$333,33 \text{ руб} \times (365 \text{ дн} \times 0,02 \text{ год}) \times 3 \text{ чел} = 7299,93 \text{ руб.} \quad (5.8)$$

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

Компенсационные выплаты вахтовым работающим (суточные) без учета НДС определяются по формуле (5.9).

$$3 \text{ чел} \times (8 \text{ дней} \times 500 \text{ руб} \div 1,2) = \quad (5.9) \\ = 10000 \text{ руб.}$$

Общие затраты на осуществление работ вахтовым методом строительства без НДС за весь период строительства определяется по формуле (5.10).

$$18499,98 \text{ руб} + 6250 \text{ руб} + 7299,93 \text{ руб} + \quad (5.10) \\ + 10000 \text{ руб} = 42049,91 \text{ руб}$$

5.3.2 Затраты на материально-технические ресурсы

В рамках реализации проекта необходимы материально-технические ресурсы (МТР), затраты на которые указаны в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Затраты на МТР

Наименование	Тип, марка, обозначение документа	Ед. изм	Кол-во	Цена за 1 единицу, руб.	Затраты с учетом кол-ва, руб.
Труба стальная холоднодеформированная с наружным диаметром 57 мм, толщиной стенки 4,0 мм, из стали 12Х18Н10Т	ГОСТ 8734-75	п.м.	50	3331	166550
Кран шаровой с концами под приварку из углеродистой стали 09Г2С, DN 50, PN 1,6 МПа, ручной для надземной установки	КШЗ-50-1,6-Пр-РУ-С0-ХЛ1 21001-ТХ.ОЛ2	шт.	1	4596	4596
Отвод П 90-57x4,0-12Х18Н10Т	ГОСТ 17375-2001	шт.	8	1569	12552
Отвод П 90-89x3,0-12Х18Н10Т	ГОСТ 17375-2001	шт.	4	2 942	11768
Отвод П 90-32x3,0-12Х18Н10Т	ГОСТ 17375-2001	шт.	4	491	1964
Тройник П 57x5,0-12Х18Н10Т	ГОСТ 17376-2001	шт.	3	1600	4800
Цилиндры навивные ROCKWOOL 150, 57 x 25 мм	ТУ 5762-050-45757203-15	м ²	12	220	2640
Лист из тонколистовой стали б=0,5 мм	ГОСТ 14918-80	м ²	3	1150	3450

Система защитного покрытия «СпецПротект 110»	ТУ 2313-024-81433175-2014	кг	12	435	5220
Сварочные электроды Э-08Х20Н9Г2Б	ГОСТ 10052-75	кг	5	160	800
Опора подвижная под трубопровод Ду50 мм ст. 09Г2С	57-ШП-А2-09Г2С-ОСТ 36-146-88	шт.	16	1200	19200
Труба стальная холоднодеформированная с наружным диаметром 57 мм, толщиной стенки 4,0 мм, из стали 09Г2С	ГОСТ 8734-75	п.м.	6	1017	6102
Общий итог:					239642

5.3.3 Расчет заработной платы вахтовых сотрудников

Оклад слесаря, работающего вахтовым методом равен 25000 рублей. Норма часов, согласно производственному календарю, составляет 164,92 часа. Вычислим заработок слесаря за 1 час (5.11).

$$25000 \text{ руб} \div 164,92 \text{ ч} = 151,59 \text{ руб/ч} \quad (5.11)$$

Период выполнения работ по монтажу трубопровода подачи азота составляет 77 часов. Отсюда вычислим заработок слесаря за этот период (5.12).

$$151,59 \frac{\text{руб}}{\text{ч}} \times 77 \text{ ч} = 11672,33 \text{ руб} \quad (5.12)$$

Районный и северный коэффициенты принятые в зоне расположения КС составляют суммарно 1,6. Вычислим заработную плату с учетом коэффициента без вычета подоходного налога (5.13).

$$11672,33 \text{ руб} \times 1,6 = 18675,72 \text{ руб} \quad (5.13)$$

Сумма за вычетом НДФЛ составляет 16247,88 за период работы в 7 дней. Помимо этого, в следующем календарном месяце работнику выплачивается премия, рассчитываемая по следующей формуле (5.14).

$$151,59 \frac{\text{руб}}{\text{ч}} \times 77 \text{ ч} \times 0,45 = 5252,55 \text{ руб} \quad (5.14)$$

В конечном итоге, для выполнения данных работ затраты на заработную плату для одного слесаря составляют 21500,43 руб.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

5.3.4 Сводный сметный расчет стоимости строительства

Для итогового сравнения решений с точки зрения экономической эффективности необходимо сформировать сводный сметный расчет затрат. В таблице 5.9 приведен сводный сметный расчет для реализации монтажа азотопровода.

Таблица 5.9 – Сводный сметный расчет выполнения работ по монтажу азотопровода

№ п/п	Наименование объектов, работ и затрат	Сметная стоимость, руб.			Общая сметная стоимость, руб.
		Строительно-монтажные работы, выполняемые вахтовым персоналом	МТР	прочие	
1	Монтаж плавающих опор под трубопровод	-	25302	-	25302
2	Азотный трубопровод с запорной арматурой	-	214340	-	214340
3	Затраты на электроэнергию при проведении работ	6298	-	-	6298
4	Затраты на зарплату вахтовым работникам	64501,29	-	-	64501,29
5	Затраты на автоперевозку, ж/д, проживание и суточные работников	-	-	42049,91	42049,91
6	Плата за размещение отходов	-	-	5000	5000
7	Проектная документация	-	-	55647	55647
8	Рабочая документация	-	-	43351	43351
9	Госэкспертиза документации	-	-	36040	36040
Непредвиденные затраты					
10	Непредвиденные затраты	6554	2540	-	9094
Всего по сводному расчету		77 353,29	242 182	182 087,91	501 623,2

Таким образом, реализация проекта по резервированию азотной установки обойдется примерно в 501623,2 руб.

5.3.5 Расчет вероятных потерь при аварийном останове компрессорного цеха

Экономическим эффектом от внедрения данного рационализаторского предложения является разница между затратами на повторный запуск компрессорного цеха и затрат на реализацию проекта.

Таблица 5.10 – Затраты на МТР

№	Показатели	Ед.изм.	Условные обозначения	Без проекта	С проектом
1.	Доход:	руб.	Дб, Дф	0	0
2.	Затраты:	руб.	Зб, Зф	■	0
2.1	Электроэнергия, затрачиваемая на повторный пуск агрегата ГПА-16У после аварийного останова	руб.		■	0
2.2	Электроэнергия, затрачиваемая на повторный пуск агрегата ГПА-32 «Ладога» после аварийного останова	руб.		■	0
2.3	Объем природного газа, необходимого для повторного запуска агрегата после стравливания контура ЦБК и контура АВОГ ГПА-16У	руб.		■	0
2.4	Объем природного газа, необходимого для повторного запуска агрегата после стравливания контура ЦБК и	руб.		■	0

	контура АВОГ ГПА-32 «Ладога»				
2.5	Объем природного газа, необходимого для заполнения КЦ после сравливания.	руб.			0
3.	Затраты на внедрение	руб.	Зр	0	

$$\text{ЭФ} = (\text{Дф} - \text{Дб}) - (\text{Зф} - \text{Зб}) - \text{Зр} \quad (5.15)$$

где: ЭФ – фактическое значение экономического эффекта от рационализаторского предложения, руб.; Дф – фактическое значение дохода после внедрения рационализаторского предложения в варианта «с проектом», руб.; Дб – базовое значение дохода в варианте «без проекта», руб.; Зф – фактическое значение затрат после внедрения рационализаторского предложения в варианта «с проектом», руб.; Зб - базовое значение затрат в варианте «без проекта», руб.; Зр – затраты на внедрение рационализаторского предложения, руб.

$$\text{ЭФ} = \text{[redacted]} - \text{[redacted]} = \text{[redacted]} \text{ руб. без НДС.}$$

Чистый экономический эффект от внедрения РП рассчитывается с использованием следующей формулы: (5.16)

$$\text{ЧЭФ} = \text{ЭФ} * (100\% - n); \quad (5.16)$$

где: ЧЭФ – фактическое значение чистого экономического эффекта от внедрения РП, руб; ЭФ – фактическое значение экономического эффекта от внедрения ВР, руб; N – ставка налога на прибыль, %.

$$\text{ЧЭФ} = \text{[redacted]} * (100\% - 20\%) = \text{[redacted]} \text{ руб. эффект за вычетом налога на прибыль (20\%).}$$

Вывод по разделу. В ходе оценки экономической эффективности проекта по резервированию азотной установки установлено, что разработанный проект с обеспечением резерва за счет мобильной азотной установки МВА-98-10-1.0-ДМ демонстрирует более комплексный, надежный и рациональный подход. Установлены возможные слабые и сильные места разработки, которые в

дальнейшем необходимо устранить. Сформирована структура расходной части для оценки экономической эффективности и составлен сводный сметный расчет стоимости строительства азотопровода. Также выполнен расчет чистого экономического эффекта от данного технического решения.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации

6.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Основным принципом деятельности организаций Компании в области охраны труда является признание приоритета жизни и здоровья работников. Отношение между работником и работодателем регламентируется трудовым законодательством. Согласно статье 212 ТК РФ [33], работодатель должен обеспечить работников безопасными условиями и охраной труда, что включает в себя безопасность при работе с оборудованием и безопасностью при выполнении технологических процессов.

Продолжительность рабочего дня, согласно статье 91 и 92 ТК РФ, составляет до 40 часов в неделю (до 36 часов – для персонала, работающих на местах с условиями труда 3 и 4 степени). Ежегодный основной оплачиваемый отпуск должен составлять 28 календарных дней (статья 115 ТК РФ). Также на компрессорной станции предусмотрен и вахтовый метод работы, по 11 часов в день.

В соответствии с ФЗ «О специальной оценке условий труда» [34], статье 117 и 147 ТК РФ, рабочий персонал, занятый на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, получает надбавку к заработной плате в размере не менее 4% от оклада и дополнительный оплачиваемый отпуск в размере 7 календарных дней. Также работникам, подверженным факторам вредных и опасных условий труда, необходимо проходить обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры, определяющие их пригодность для выполняемых работ и предупреждения профессиональных заболеваний (статья 213 ТК РФ).

За каждый день нахождения в пути от места нахождения работодателя до места выполнения работы и обратно, предусмотренные графиком работы на вахте, а также за дни задержки в пути по метеорологическим условиям или вине транспортных организаций работнику выплачивается дневная тарифная ставка, часть оклада за день работы (ст. 302 ТК РФ).

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

Обучение и проверка знаний лиц, принимаемых на работу с вредными и (или) опасными условиями труда, согласно ГОСТ 12.0.004-2015 [35], должны пройти обучение безопасным методам и приемам выполнения работ с обязательной индивидуальной стажировкой на рабочем месте и проверкой полученных знаний и усвоенных навыков.

Персональные данные работников могут обрабатываться только в целях обеспечения и соблюдения законов, помощи в трудоустройстве, продвижении по службе и обеспечении безопасности. Работодатель не должен передавать данные третьей стороне без письменного согласия работника, кроме случаев, когда это необходимо для предотвращения угроз жизни и здоровья. Нарушение законодательства в области персональных данных влечет за собой ответственность. В системе оплаты труда учитываются квалификация и профессиональные качества работников, и устанавливаются должностные оклады и тарифные ставки.

Также предусмотрено текущее премирование за результаты производственной деятельности, доплаты и надбавки в зависимости от условий труда и объема работы, а также вознаграждение по итогам работы. Единые корпоративные нормы по оплате труда прописаны в Типовом положении об оплате труда работников организаций ПАО «Газпром».

Согласно ст. 219 ТК РФ все работники вправе претендовать на рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда и ГОСТам: 12.2.003, 12.3.002, 12.2.032, 12.2.033, 12.2.049.

Руководители компаний несут ответственность за организацию рабочих мест в соответствии с требованиями безопасности, что позволяет не только обезопасить персонал, но и эффективно использовать рабочее время.

Общие требования к организации рабочего места:

- отсутствие лишних объектов;
- достаточность места;
- рабочее место должно хорошо освещаться и проветриваться.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочее место, его оборудование и оснащение, применяемые в соответствии с характером работы машиниста турбинных компрессоров, должны обеспечивать безопасность, охрану здоровья и работоспособность. Концентрации опасных и (или) вредных производственных факторов, воздействующих на человека на рабочем месте, не должны превышать установленных предельно допустимых значений. Рабочее место машиниста и взаимное расположение его элементов должны обеспечивать безопасное и удобное техническое обслуживание и чистку.

Организация и состояние рабочих мест, а также расстояния между рабочими местами должны обеспечивать безопасное передвижение работников и транспортных средств, удобные и безопасные действия с материалами, а также техобслуживание и ремонт производственного оборудования [36].

6.2 Производственная безопасность при эксплуатации

Эксплуатация промышленного трубопровода несет в себе ряд опасностей как для жизни и здоровья рабочего персонала, местного населения и третьих лиц, так и для окружающей среды, а также возможность возникновения чрезвычайных ситуаций. В таблице 6.1 представлен перечень потенциальных вредных и опасных производственных факторов, характерных для проектируемой среды, в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 [37].

Таблица 6.1 – Потенциальные вредные и опасные производственные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Погрузочно- разгрузочные работы	Сварочно- монтажные работы	Ревизия и ремонт оборудования	
<i>Потенциальные вредные производственные факторы</i>				
Повышенный уровень шума	+	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 [38] СП 51.13330.2011 [39]
Повышенный уровень вибрации	+	+	+	ГОСТ 24346-80 [40] ГОСТ 12.1.012-2004 [41]

Отсутствие или недостаток необходимого естественного и искусственного освещения	+	+	+	ГЭСН 81-02-01-2020 [42]
Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	+	+	+	ГОСТ 12.1.005-88 [43] СанПиН 1.2.3685-21 [44]
Производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания	+	+	+	ГОСТ 12.1.005-88 СанПиН 1.2.3685-21
<i>Потенциальные опасные производственные факторы</i>				
Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии	-	+	+	ГОСТ Р 12.1.019-2009 [45]
Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования	+	-	+	ГОСТ 12.4.125-83 [46]
Производственные факторы физической природы действия, обусловленные свойствами химических веществ воспламеняться, гореть, тлеть, взрываться	-	+	+	ГОСТ 12.1.004-91 [47] ГОСТ 12.1.010-76 [48]

6.2.1 Анализ потенциальных вредных факторов и обоснование мероприятий по снижению уровней их воздействия

Повышенный уровень шума

Шум – это беспорядочное сочетание звуков различной частоты. Его постоянными источниками являются машины, трансформаторы, механизмы и агрегаты. Длительное воздействие шумов отрицательно сказываются на эмоциональном состоянии персонала, а также может привести к снижению слуха. В соответствии с ГОСТ 12.1.003-2014 допустимый уровень шума составляет 80 дБА. Запрещается даже кратковременное пребывание в зоне с уровнями звукового давления свыше 135 дБА.

К коллективным средствам и методам защиты от шума относятся: использование средств звукоизоляции (звукоизолирующие кожухи); средств звукопоглощения.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

В качестве индивидуальных средств защиты, согласно СП 51.13330.2011, предусмотрены заглушки, заглушающая способность которых составляет 6-8 дБА. В случаях более высокого превышения уровней шума следует использовать наушники, надеваемые на ушную раковину.

Основным источником шума, в месте пребывания машиниста является компрессорная установка, расположенная в азотной установке. Вход в блок-бокс азотной установки без наушников запрещен, о чем сигнализируют специальные знаки безопасности, размещенные на входе.

Повышенный уровень вибрации

Для санитарного нормирования и контроля используются средние квадратические значения виброускорения или виброскорости, а также их логарифмические уровни в децибелах. Наиболее опасной для человека является вибрация с частотой 6-9 Гц.

Методами защиты от вибрации являются мероприятия по усовершенствованию техники, применению современных датчиков контроля вибрации, установки демпферных прокладок под работающим оборудованием. К индивидуальным средствам защиты относится использование виброгасящих ковриков, обуви на резиновой подошве, специальных резиновых перчаток, снижающих воздействие вибрации.

Компрессорное оборудование, размещенное в азотной установке, подвергается периодической вибродиагностике. Контроль и регламентное обслуживание позволяет предотвратить риски повышения вибрации и сохранить благоприятные условия труда.

Отсутствие или недостаток необходимого естественного и искусственного освещения

При отсутствии или недостатке необходимого естественного и искусственного освещения и напряженной зрительной работе происходит повышенная утомляемость, возникновение головных болей и ухудшение зрения.

В соответствии с ГЭСН 81-02-01-2020, рабочие места, проезды и проходы к ним должны быть освещены:

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

- не менее 10 люкс при выполнении земляных работ;
- не менее 100 люкс на рабочем месте при выполнении монтажных и изоляционных работ;
- не менее 2 люкс на проездах в пределах рабочей площадки;
- не менее 5 люкс в проходах к месту производства работ.

Освещенность должна быть равномерной, без слепящего действия осветительных приспособлений на работающих. При выполнении газоопасных работ должны использоваться светильники во взрывозащищенном исполнении.

Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего

Основные микроклиматические параметры воздушной среды, учитываемые при работе на открытых площадках: метеорологические параметры воздуха (температура), скорость ветра, относительная влажность и давление.

Длительное нахождение человека на открытом воздухе при высоких температурах вызывает перегрев организма, что приводит к тепловому удару и потере сознания. Высокая влажность воздуха (70-85%) воздействует на потоотделение и затрудняет охлаждение организма. При низкой температуре воздуха и длительном нахождении рабочего на открытых площадках возможно переохлаждение организма. При высокой влажности и скорости ветра в холодных условиях человеку тяжело дышать и повышается вероятность переохлаждения. При отклонении показателей микроклимата на открытом воздухе рабочие должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты: спецодежда, изготавливаемая из хлопчатобумажной ткани, льна или грубошерстного сукна, свободного кроя. Для защиты головы применяются алюминиевые, фибровые и войлочные каски, шляпы; для защиты лица – маски, имеющие откидной прозрачный экран; для защиты глаз – темные или с прозрачным слоем металла очки. Защита при холодных пониженных температурах осуществляется путём использования теплой спецодежды, при осадках – непромокаемых плащей.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

Средством коллективной защиты является рациональное размещение технологического оборудования, применение теплоизоляции, автоматизации и дистанционного управления процессами производства, а также перерывы на обогрев и отдых работников.

Показатели микроклимата определяются параметрами температуры, влажности и скорости движения воздуха, нормы согласно СанПиН 1.2.3685-21 представлены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Нормы микроклимата

Период года	Категория работ	Температура, °С	Относительная влажность оптимальная, %	Скорость движения воздуха оптимальная, м/с
холодный	средней тяжести	17-19	40-60	0,2
тёплый	средней тяжести	20-22	40-60	0,3

Блок-бокс азотной установки оснащен системами обогрева и вентиляции, как приточной, так и аварийной. Существуют определенные алгоритмы, предусматривающие поддержание комфортной рабочей зоны в зависимости от изменения параметров окружающей среды.

Производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания

Контроль воздушной среды должен проводиться в зоне дыхания в производственных условиях посредством газоанализатора. Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК). Предельно допустимая концентрация пыли, как вещества умеренно опасного, в воздухе рабочей зоны составляет 1,1-10 мг/м³.

Применение средств индивидуальной защиты дыхания (СИЗОД) и длительность работы в них должны соответствовать установленным требованиям, интенсивности труда и видам выполняемых работ. Срок использования СИЗОД изолирующего типа должен учитывать время на вход и выход работника в рабочую зону, а также на эвакуацию работника из рабочей зоны в случае возникновения обстоятельств, угрожающих безопасности

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

работника. Повторное применение регенерирующих элементов запрещено. Срок единовременного пребывания, работающего в шланговом противогазе, определяется нарядом-допуском, но не должен превышать 30 минут. Время отдыха работника после работы с использованием СИЗОД должно быть не менее 15 минут. При проведении газоопасных работ (ГОР) в рабочей зоне должен осуществляться непрерывный контроль за концентрацией взрывопожароопасных паров, газов и содержанием кислорода с отражением результатов в наряде-допуске каждые 30 минут. Содержание взрывопожароопасных паров и газов не должно превышать 5% от нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПР), содержание кислорода не менее 20% и не более 23%. В случае повышения (понижения содержания кислорода) – определяется по установленному порогу срабатывания звуковой сигнализации и вибрации газосигнализатора, работы должны быть немедленно прекращены, а исполнители ГОР выведены за пределы опасной зоны.

Таблица 6.3 – Взрывоопасные вещества в природном газе

Наименование вещества (газ или пары)	ПДК – 20% от НКПР	Концентрационный предел распространения пламени	
		нижний	верхний
Метан	0,88	4,4	17
Этан	0,48	2,4	15,5
Пропан	0,34	1,7	10,9
Бутан	0,28	1,4	9,3
Сероводород	0,80	4	45,5
Угарный газ	2,18	10,9	74

6.2.2 Анализ потенциальных опасных факторов и обоснование мероприятий по снижению уровней их воздействия

Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии

Источником поражения электрическим током могут являться плохо изолированные токопроводящие части, провода, от сварочного аппарата, или

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

дизельного электродвигателя. В электрической цепи значение параметра напряжения должно удовлетворять ГОСТ Р 12.1.019-2009 и быть в свою очередь не более 50 мА.

Опасное воздействие на людей электрического тока проявляется в виде электротравм (ожоги, металлизация кожи, механические повреждения), электрического удара и профессиональных заболеваний. Коллективные средства электрозащиты: изоляция токопроводящих частей (проводов) и ее непрерывный контроль, установка оградительных устройств, предупредительная сигнализация и блокировка, использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов, применение малых напряжений, защитное заземление, зануление, защитное отключение.

Индивидуальные средства защиты: диэлектрические перчатки, инструменты с изолированными рукоятками, диэлектрические боты, изолирующие подставки.

Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования

Движущиеся части производственного оборудования представляют опасность травмирования рабочего в виде ушибов, порезов, переломов, которые могут привести к потере трудоспособности.

Движущиеся части производственного оборудования должны быть ограждены или расположены так, чтобы исключалась возможность прикасания к ним работающего или использованы другие средства, предотвращающие травмирование.

Согласно ГОСТ 12.4.125-83 коллективные средства защиты от воздействия механических факторов разделяют на устройства: оградительные, предохранительные, тормозные, автоматического контроля и сигнализации, дистанционного управления и знаки безопасности.

*Производственные факторы физической природы действия,
обусловленные свойствами химических веществ воспламеняться, гореть,
тлеть, взрываться*

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

Источниками возникновения пожара при эксплуатации азотной установки могут быть устройства электропитания, где в результате различных нарушений образуются перегретые элементы, электрические искры и дуги способные вызвать загорания горючих материалов, короткие замыкания, перегрузки.

Результатам негативного воздействия пожара и взрыва на организм человека являются ожоги различной степени тяжести, повреждения и возможен летальный исход. Согласно ГОСТ 12.1.004-91, объекты нефтегазовых промыслов должны быть оборудованы системами пожарной безопасности, которые в случае опасности должны незамедлительно оповестить рабочий персонал. Отделка стен и потолков не должна содержать горючих и выделяющих удушающих газов в процессе горения материалов, все противопожарное оборудование должно всегда находиться в боевой готовности, все работники должны быть ознакомлены с противопожарными инструкциями и планами эвакуаций. К средствам защиты при возникновении пожарных ситуаций относятся противогазы, огнетушители такие как: ОВП-10, ОУ-5, респираторы и аптечки.

Предотвращение возникновения источника инициирования взрыва согласно ГОСТ 12.1.010-76 обеспечивается: регламентацией огневых работ; предотвращением нагрева оборудования до температуры самовоспламенения взрывоопасной среды; применением средств, понижающих давление во фронте ударной волны; применением взрывозащищенного оборудования и др.

6.3 Экологическая безопасность при эксплуатации

Технологические процессы эксплуатации газоперекачивающих агрегатов в какой-то степени оказывают техногенное воздействие как на отдельные компоненты окружающей природной среды (атмосферный воздух, акватории водоемов и т.д.), так и на целую группу природных компонентов одновременно.

Согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2020 года № 2398 компрессорные станции относятся к объектам II категории, поскольку осуществляют транспортировку природного газа.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

Воздействие на атмосферу

В ходе эксплуатации газоперекачивающих агрегатов возможны выбросы вредных веществ в атмосферу (выброс природного газа). Таким образом в атмосферу могут попасть легкие газообразные углеводороды (метан, этан, пропан, бутан), относящиеся к четвертому классу опасности. Во избежание загрязнений атмосферы, необходимо поддерживать весь парк ГПА в исправном состоянии, осуществлять постоянный контроль на соответствие требованиям нормативов уровня выбросов в атмосферу оксидов азота и окиси углерода в составе выхлопных газов.

Воздействие на гидросферу

При эксплуатации КС или проведении ремонтных работ в охранной зоне некоторые загрязняющие вещества (масло, ГСМ, растворители) могут нанести вред гидросфере, попав в сточные воды. Причиной этого могут послужить несоблюдение правил эксплуатации оборудования, износ уплотнений оборудования, аварии. Для защиты гидросферы следует исключить появление источников утечки вредных веществ на месте эксплуатации или при проведении работ, своевременно убирать отходы в специально отведенные места с дальнейшей транспортировкой до мест переработки.

Согласно ГОСТ 17.1.3.13-86 [49] необходимо придерживаться следующих природоохранных мероприятий:

- соблюдать согласованные места расположения и границ площадок, находящихся от водоемов и водотоков на нормируемом расстоянии с целью исключения попадания загрязнений в поверхностные воды;
- ёмкости с отработанными материалами должны временно храниться на специально отведенной площадке с обваловкой и герметичным бордюром, позволяющим предотвратить разлив отходов за пределы площадки;
- в случае возникновения нештатной ситуации места проливов зачищаются немедленно с помощью песка. Образующийся отход должен храниться в отдельном контейнере.

Воздействие на литосферу

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

В период эксплуатации ГПА может осуществляться негативное влияние на литосферу, источником которого могут являться отходы при производстве и при окончании срока эксплуатации оборудования. Во избежание этого все отходы необходимо подвергать селективному сбору, временному хранению на специально отведенных площадках и передаче на утилизацию специализированным организациям. Места временного хранения и накопления отходов должны соответствовать требованиям техники безопасности, санитарно-гигиеническим нормам и вышеперечисленным инструкциям.

Земляные работы при ремонте газопровода на КС меняют морфологию участков земной поверхности, на длительное время исключают из хозяйственного оборота территории, уничтожают растительность, способствуют эрозии, загрязняют окружающую среду. Основными методами сохранения земельных ресурсов являются: исправление ландшафта, измененного во время работ; создание мелиоративных и гидротехнических сооружений; обработка почвы, путем внесения удобрений. Если же все-таки происходят экстренные случаи, приводящие к загрязнению почвенных структур, то необходимо проводить рекультивацию земель в соответствии с ГОСТ 17.4.3.04-85 [50].

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации

Чрезвычайные ситуации (ЧС) на трубопроводном транспорте можно разделить на два основных вида:

1. Природного характера: лесные и торфяные пожары, паводковые наводнения, ураганы, метели, снежные заносы, аномально низкие температуры в зимний период.

2. Техногенного характера: взрывы, пожары, аварийные выбросы газа.

Наиболее вероятная ЧС, которая может возникнуть при эксплуатации газоперекачивающих агрегатов – разрыв газопровода. Основными причинами могут служить дефекты трубопровода превышения давления газа в трубопроводе над допустимым, а также разрушение металла трубы под действием коррозии. Для предотвращения возникновения ЧС необходимо

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

осуществлять периодический контроль за состоянием трубопровода, путем проведения технического обслуживания, а также проводить диагностирование коррозионного состояния труб и сварных стыков и проверку целостности изоляционного покрытия.

Разрыв сопровождается резким хлопком, напоминающим взрыв с последующим сильным шумом, выбросом грунта, кусков металла в радиусе до 250 - 300 метров. Как правило, происходит с возгоранием струи газа. Зона термического воздействия при горении составляет в радиусе 300 метров и представляет наибольшую опасность для людей, объектов и сооружений.

При разрыве без возгорания опасность представляет взрывная волна и возможность возгорания (взрыва) струи газа в любой момент. Поэтому категорически запрещается приближаться к месту разрыва газопровода до полного прекращения выхода газа ближе 500 метров.

При значительном расстоянии от места аварии разрыв трубопровода определяется по резкому и прогрессирующему падению давления в газопроводе с обеих сторон от места разрыва.

Обнаруживший аварию должен немедленно сообщить о ней диспетчеру и принять меры к локализации аварии.

До подъезда аварийно-ремонтной бригады, к месту аварии для взятия проб воздуха и выяснения обстановки, пешком должна направляться бригада из трех человек. Транспорт движется вслед за бригадой с интервалом не менее 100 м.

Продвижение возможно до тех пор, пока бригада не обнаружит в воздухе углеводородные пары, содержание которых превышает 20% от нижнего предела взрываемости.

После этого средства транспорта должны быть остановлены (по сигналу старшего бригады). Если ветер от загазованной зоны направлен в сторону транспортных средств, они должны быть отведены назад.

Бригада путем замеров должна определить границы загазованной зоны и установить на ней соответствующие знаки.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

В загазованную зону персонал должен входить только в надетых изолирующих противогазах.

Вывод по разделу. В разделе рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, проанализированы потенциальные вредные и опасные факторы при транспортировке газа на компрессорной станции, вопросы по обеспечению экологической безопасности и безопасности в ЧС. Стоит отметить, что соблюдения правил и требований производственной и экологической безопасности является неотъемлемой частью процесса любого производства. Обеспечение охраны окружающей среды позволит нивелировать большинство проблем экологического и экономического характера, минимизировать отрицательное влияние человека на здоровую флору и фауну. Ответственное отношение работников к охране труда способно понизить число несчастных случаев и чрезвычайных ситуаций.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы получены следующие результаты:

1. проведен обзор нормативно-технической документации и научной литературы в области эксплуатации современных компрессорных станций, а также вспомогательного оборудования;

2. приведена характеристика объекта исследования, в качестве которого представлена компрессорная станция КС [REDACTED], рассмотрены природно-климатические условия района расположения объекта исследования, технические решения и особенности объекта, описан технологический процесс;

3. реализовано техническое решение по повышению надёжности КС, описана значимость проекта, представлено расчетное обоснование и натурные эксперименты, выполнен расчет технологического азотопровода;

4. сформирована структура расходной части, в которую включены необходимые данные для оценки экономической эффективности проекта;

5. проанализированы вопросы производственной безопасности для машиниста технологических компрессоров, определены вредные и опасные факторы в месте производства работ и обоснованы мероприятия по уменьшению их воздействия.

					Разработка мероприятий по внедрению резервной системы обеспечения азотом оборудования компрессорной станции			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Михайлин Ю.Ю.			Заключение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Чухарева Н.В.					90	95
<i>Рук-ль ООП</i>		Чухарева Н.В.				Отделение нефтегазового дела Группа 3-2Б8А2		

Список использованных источников

1. Михайлин Ю.Ю., Синяков С.А., Чухарева Н.В. Внедрение резервной системы обеспечения азотом оборудования компрессорной станции. Трубопроводный транспорт углеводородов, 2022. 87-91 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49882338> (дата обращения: 05.02.2023).

2. Законы РФ. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: редакция федерального закона от 04 ноября 2022 г., № 116-ФЗ.

3. ГОСТ 34867-2022 «Газ природный, подготовленный к транспортированию по магистральным газопроводам. Технические условия».

4. СТО Газпром 2-2.3-523-2010 Методические указания по прогнозированию и оценке технического состояния компрессорной станции как единого объекта.

5. СТО Газпром 2-2.2-457-2010: Магистральные газопроводы. Правила производства и приемки работ переходов газопроводов через водные преграды.

6. СТО Газпром 2-3.5-051-2006: Нормы технологического проектирования магистральных газопроводов.

7. АО «РЭП Холдинг» // URL: <https://www.reph.ru/about/> (дата обращения: 05.02.2023).

8. АО «ОДК-Авиадвигатель» // URL: <https://perm-motors.ru/> (дата обращения: 05.02.2023).

9. АО «Казанский завод компрессорного машиностроения» // URL: <https://compressormash.ru/> (дата обращения: 05.02.2023).

10. СТО Газпром 2-3.5-454-2010: Правила эксплуатации магистральных газопроводов: утв. ОАО «Газпром» 24.05.2010: ввод в действие с 24.05.2010.

11. «Сила Сибири»: взгляд изнутри // URL: <https://www.gazprom.ru/press/news/reports/2020/power-of-siberia-inside/> (дата обращения: 10.03.2023).

					Разработка мероприятий по внедрению резервной системы обеспечения азотом оборудования компрессорной станции					
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>						
<i>Разраб.</i>		Михайлин Ю.Ю.			Список использованных источников			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Чухарева Н.В.							91	95
<i>Рук-ль ООП</i>		Чухарева Н.В.						Отделение нефтегазового дела Группа 3-2Б8А2		

12. СНиП 23-01-99 Строительные нормы и правила Российской Федерации. Строительная климатология.
13. СТО Газпром 2-2.1-249-2008. Магистральные газопроводы.
14. СТО Газпром 2-3.5-051-2006: Нормы технологического проектирования магистральных газопроводов.
15. ТУ 5914-001-98247382-2006 Технические условия на теплоизоляционные плиты.
16. ВРД 39-1.8-055-2002. Типовые технические требования на проектирование КС, ДКС и ПХГ.
17. СТО Газпром 2-2.1-249-2008. Магистральные газопроводы. п.8.2.8.
18. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности».
19. Восточная газовая программа // Gazprom.ru URL: <https://www.gazprom.ru/projects/east-program/> (дата обращения: 14.03.2023).
20. ГОСТ 9293-74. Азот газообразный и жидкий. Технические условия. – Введ. 1976-01-01. М.: Стандартиформ, 2007.
21. Азотные установки и станции для флегматизации: развитие и опыт использования // Cyberleninka.ru: Пожаровзрывобезопасность. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/azotnye-ustanovki-i-stantsii-dlya-flegmatizatsii-razvitiie-i-opyt-ispolzovaniya> (дата обращения: 09.12.2022).
22. Газообразный азот для опрессовки и продувки трубопроводов. Территория Нефтегаз, 2012. 40 с. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gazoobraznyy-azot-dlya-opressovki-i-produvki-truboprovodov/viewer> (дата обращения: 02.04.2023).
23. Син С.А., Портола В.А., Игишев В.Г. Повышение эффективности применения азота для борьбы с самовозгоранием угля в шахтах. Уголь, 2018. 56 с. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-primeneniya-azota-dlya-borby-s-samovozgoraniem-uglya-v-shahtah/viewer> (дата обращения: 02.04.2023).

24. Передвижные азотные компрессорные станции // Cyberleninka.ru: Экспозиция Нефть Газ. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/peredvizhnye-azotnye-kompressornye-stantsii> (дата обращения: 09.12.2022).

25. Ворошилов И.В., Юрьев А.В., Владыкин Д.В. Азотные станции ТГА: использование в технологии колтюбинга. Территория Нефтегаз, 2013. 32 с. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/azotnye-stantsii-tga-ispolzovanie-v-tehnologii-koltyubinga/viewer> (дата обращения: 02.03.2023).

26. Син С.А., Портола В.А., Игишев В.Г. Повышение эффективности применения азота для борьбы с самовозгоранием в выработанном пространстве шахт. Уголь, 2019. 13 с. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-bezopasnosti-i-effektivnosti-ispolzovaniya-azota-dlya-borby-s-samovozgoraniem-uglya-v-vyrabotannom-prostranstve-shaht/viewer> (дата обращения: 03.10.2022).

27. ГОСТ 9293-74. Азот газообразный и жидкий. Технические условия. – Введ. 1976-01-01. М.: Стандартинформ, 2007.

28. Руководство по эксплуатации «Агрегат газоперекачивающий ГПА-32-07 «Ладога» ГПА-32-07.0000-00РЭ».

29. ГОСТ Р 27.102-2021. Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения. Введ. 2021-01-01. База ГОСТов, 2021. 2 с.

30. Юрьев А.В., Владыкин Д.В. Передвижные азотные компрессорные станции. Экспозиция Нефть Газ, 2013. 52 с. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/peredvizhnye-azotnye-kompressornye-stantsii> (дата обращения: 09.04.2023).

31. Ворошилов И.В. Передвижные азотные компрессорные станции ТГА – оперативное обеспечение труднодоступных объектов сжатым воздухом. Экспозиция Нефть Газ, 2013. 74 с. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/peredvizhnye-azotnye-kompressornye-stantsii-tga-operativnoe-obespechenie-trudnodostupnyh-obektov-szhatym-azotom/viewer> (дата обращения: 10.04.2023).

32. Ворошилов И.В., Юрьев А.В. Компрессорное оборудование и техника на его основе. Экспозиция Нефть Газ, 2013. 68 с. URL:

					Список использованных источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

<https://cyberleninka.ru/article/n/kompressornoe-oborudovanie-i-tehnika-na-ego-osnove/viewer> (дата обращения: 02.12.2022).

33. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. от 25.02.2022).

34. Федеральный закон "О специальной оценке условий труда" от 23.12.2013 N 426-ФЗ.

35. ГОСТ 12.0.004.2015. ССБТ. Организация обучения безопасности труда. Общие положения. – Введ. 2017-03-01 / ООО "Экожилсервис".

36. ГОСТ 12.2.061-81. ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам. – Введ. 1982-07-01. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002.

37. ГОСТ 12.0.003-2015. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – Введ. 2017-03-01 / ООО "Экожилсервис".

38. ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. – Введ. 2015-11-01 / АО "НИЦ КД". М.: Стандартинформ, 2019.

39. СП 51.13330.2011. Защита от шума. – Введ. 2011-05-20.

40. ГОСТ 24346-80. Вибрация. Термины и определения. – Введ. 1981-01-01. М.: Стандартинформ, 2010.

41. ГОСТ 12.1.012-2004. Вибрационная безопасность. Общие требования. – Введ. 2008-07-01 / ОАО "Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем". М.: Стандартинформ, 2010.

42. ГЭСН 81-02-01-2020. Государственные сметные нормативы. Государственные элементные сметные нормы на строительные и специальные строительные работы. Часть 1. Земляные работы. – Введ. 2020-03-31.

43. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – Введ. 1989-01-01. М.: Стандартинформ, 2008.

44. СанПиН 1.2.3685-21. "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".

					Список использованных источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

45. ГОСТ Р 12.1.019-2009. ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – Введ. 2011-01-01 / Федеральное государственное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт охраны и экономики труда" Росздрава. М.: Стандартинформ, 2010.

46. ГОСТ 12.4.125-83. ССБТ. Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация. – Введ. 1984-01-01. М.: ИПК Издательство стандартов, 2003.

47. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. – Введ. 1992-07-01. М.: Стандартинформ, 2006.

48. ГОСТ 12.1.010-76. ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования. – Введ. 1978-01-01. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002.

49. ГОСТ 17.1.3.13-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения. – Введ. 1986-07-01. М.: Стандартинформ, 2010.

50. ГОСТ 17.4.3.04-85. Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения. – Введ. 1986-07-01. М.: Стандартинформ, 2008

					Список использованных источников	Лист
						95
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		