



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
«Организация работ по проведению вакуумно-азотной осушки после гидроиспытаний технологических трубопроводов газоперекачивающего агрегата компрессорной станции»

УДК 622.691.4.052

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б91	Волков Александр Валерьевич		

Руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Брусник О.В	к.пед.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Рыжакина Т.Г.	к.э.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		

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 общеинженерные 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
2Б91	Волков Александр Валерьевич

Тема работы:

Организация работ по проведению вакуумно-азотной осушки после гидроиспытаний технологических трубопроводов газоперекачивающего агрегата 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	Разработать рекомендации по повышению эффективности процесса удаления остаточной влаги из трубопровода методом ВАК. Технологическая схема ГПА-16У, расположенного на КС-4 «Нимнырская» Нерюнгринское ЛПУМГ в республике Саха. Номинальный диаметр трубопроводов 108-1020 мм.
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Аналитический обзор состава и назначения компрессорных станций, изучение принципа действия газоперекачивающего агрегата и способов регулирования. 2. Выполнение анализа нормативно-технической документации в области проектирования, сооружения и эксплуатации компрессорных станций. 3. Обзор технологии вакуумно-азотной осушки. 4. Подбор оборудования, расчет времени на осушку отдельно взятой технологической обвязки ГПА-16У.
Перечень графического материала	– Схема технологической обвязки газоперекачивающего агрегата; – Технологическая схема компрессорного цеха; – Модель ГПА; – Рисунки, схемы; – Таблицы.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Рыжакина Татьяна Гавриловна Доцент (ОСГН, ШБИП), к.т.н.
«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	Брусник О.В	к.пед.н.		07.02.2023 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б91	Волков А. В.		07.02.2023 г.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Б91	Волков Александр Валерьевич

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»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Расчёт стоимости выполняемых работ, согласно применяемой технологии: – Материально-технические ресурсы: 16625 руб. – Затраты на специальное оборудование: 88000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Устанавливаются в соответствии с заданным уровнем нормы оплат труда: – 30 % премии к заработной плате – 20 % надбавки за профессиональное мастерство – 1,3 – районный коэффициент для расчета заработной платы.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Общая система налогообложения в том числе отчисления во внебюджетные фонды - 30%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности проведения вакуумно-азотной осушки с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определение потенциальных потребителей. Анализ конкурентных технических решений. Проведение SWOT-анализа.
2. Планирование и формирование бюджета	Планирование и выделение видов работ. Составление календарного плана проекта.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности работ по осушке.	Расчёт сметной стоимости работ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику 01.02.2023

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		01.02.2023

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б91	Волков Александр Валерьевич		01.02.2023

**ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Обучающемуся:

Группа	ФИО
2Б91	Волков Александр Валерьевич

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, рабочая зона) и области его применения. 	<p><i>Объект исследования:</i> организация работ по проведению вакуумно-азотной осушки после гидроиспытаний технологических трубопроводов газоперекачивающего агрегата компрессорной станции.</p> <p>Объект относится к технологическому сооружению повышенной опасности, требующему особых условий эксплуатации.</p> <p><i>Область применения:</i> компрессорные станции, единая газотранспортная система.</p> <p><i>Рабочая зона:</i> производственная площадка КС.</p>
<p align="center">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 вибрации и шума; – производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождение работника;

	<ul style="list-style-type: none"> – отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – пожаро- и взрывоопасность; – сосуды и аппараты под высоким давлением; – производственные факторы, связанные с электрическим током
3. Экологическая безопасность при эксплуатации:	<p>Воздействие на биосферу: загрязнение почвы и водных объектов горюче-смазочными материалами.</p> <p>Воздействие на литосферу: твёрдые и жидкие бытовые и промышленные отходы.</p> <p>Воздействие на гидросферу: загрязнение водоемов сточными водами от гидроиспытаний.</p> <p>Воздействие на атмосферу: загрязнение воздуха выхлопными газами.</p> <p>Воздействие на селитебную зону: тепловой взрыв с выбросом продуктов сгорания природного газа.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Возможные ЧС:</p> <p>Природные (наводнения, ураганы, землетрясения и др.);</p> <p>Техногенные (отказ систем оповещения и безопасности, нарушения в технологическом процессе, пожар, взрыв)</p> <p>Наиболее типичная ЧС: образование взрывоопасной смеси газа с воздухом, пожар, взрыв.</p>

Дата выдачи задания для раздела в соответствии с календарным учебным графиком	
---	--

Задание выдал консультант по разделу «Социальная ответственность»

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

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б91	Волков Александр Валерьевич		

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>Обзор литературы</i>	10
15.03.2023	<i>Общие сведения о составе КС</i>	5
18.03.2023	<i>Состав и назначение газоперекачивающего агрегата</i>	5
27.03.2023	<i>Анализ методов осушки газопроводов</i>	10
07.04.2023	<i>Обзор вакуумно-азотной осушки</i>	5
14.04.2023	<i>Расчет параметров вакуумно-азотной осушки</i>	15
05.05.2023	<i>Предложения по повышению эффективности процесса удаления остаточной влаги</i>	10
04.05.2023	<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
доцент ОНД	Брусник О.В.	к.пед.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

Реферат

Выпускная квалификационная работа 96 с., 18 рис., 28 табл., 34 источника, 1 приложение.

Ключевые слова: газ, транспортировка, осушка, компрессорная станция, вакуумирование, агрегат, гидроиспытания, азот, технологические трубопроводы.

Объектом исследования является обвязка газоперекачивающего агрегата ГПА-16У компрессорной станции КС-4 «Нимнырская».

Цель работы: разработка мероприятий по повышению эффективности процесса вакуумной осушки технологических трубопроводов газоперекачивающего агрегата компрессорной станции после гидроиспытаний.

Методология проведения работы: в работе проведены расчеты количества влаги в трубопроводах обвязки газоперекачивающего агрегата, времени этапов вакуумирования, общее время осушки методом ВАК.

Основные конструктивные решения: применение вакуумных насосов разной производительности для вакуумирования полости газопроводов.

Область применения: линейные части магистральных газопроводов, компрессорные станции.

Значимость работы: потенциальная эффективность рассмотренного технического решения предложенных мероприятий по удалению остаточной влаги после гидроиспытаний методом ВАК.

					<i>Организация работ по проведению вакуумно-азотной осушки после гидроиспытаний технологических трубопроводов газоперекачивающего агрегата компрессорной станции</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Волков А. В.</i>			<i>Реферат</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Брусник О.В</i>					10	96
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Чухарева Н.В.</i>				<i>Отделение нефтегазового дела</i>		
						<i>Группа 2Б91</i>		

Abstract

Graduate qualification work 96 p., 18 fig., 28 table., 34 sources, 1 appendix.

Key words: natural gas, main gas pipeline, compressor station, gas-compressor unit, vacuum pumping, nitrogen.

The object of research is the strapping of the gas pumping unit GPU-16U of the compressor station CS-4 "Nimnyrskaya".

The aim of the work development of measures to improve the efficiency of the process of vacuum drying of technological pipelines of the gas pumping unit of the compressor station.

Methodology of the work:

Calculations of the amount of moisture in the piping of the gas pumping unit, the time of the stages of vacuuming, the total drying time by V.G. Dubinsky were carried out in the work.

The main design solutions: the use of vacuum pumps of different capacities for vacuuming the cavity of gas pipelines.

Scope of application: main gas pipelines, compressor stations.

Significance of the work: potential effectiveness of the considered technical solution of the proposed measures to remove residual moisture after hydro-testing.

					<i>Организация работ по проведению вакуумно-азотной осушки после гидроиспытаний технологических трубопроводов газоперекачивающего агрегата компрессорной станции</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Волков А. В.</i>			<i>Abstract</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Брусник О.В</i>					11	96
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Чухарева Н.В.</i>				<i>Отделение нефтегазового дела Группа 2Б91</i>		

Определения, сокращения

Определения:

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Азотирование: заполнение полости газопровода азотом после осушки с целью удаления газовой смеси.

Вакуумирование: один из методов сушки и обезвоживания трубопровода перед его вводом в эксплуатацию.

Газоперекачивающий агрегат: устройство, предназначенное для сжатия природного газа на компрессорных станциях газопроводов и подземных хранилищ.

Гидравлические испытания: процесс проверки работоспособности и герметичности оборудования, используемого на станции и связанных с ним трубопроводах, путем нагнетания в них воды или другой жидкости.

Компрессорная станция: составная часть магистрального газопровода, которая предназначена для обеспечения его пропускной способности, посредством увеличения давления на выходе компрессорной станции при помощи газоперекачивающих агрегатов.

Компрессорный цех: сооружение в составе компрессорной станции, предназначенное для поддержания заданного давления в магистральном газопроводе и технологических параметров газ.

Компримирование: процесс повышения давления газа с помощью компрессора.

Магистральный газопровод: инженерный комплекс сооружений, который предназначен для доставки природного газа по трубопроводу к местам обработки, потребления.

					<i>Организация работ по проведению вакуумно-азотной осушки после гидроиспытаний технологических трубопроводов газоперекачивающего агрегата компрессорной станции</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Волков А.В.</i>			Определения, сокращения	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Брусник О.В.</i>					12	96
<i>Рук-ль ООО</i>		<i>Чухарева Н.В.</i>				<i>Отделение нефтегазового дела</i>		
						<i>Группа 2Б91</i>		

Осушка газопровода: технологический процесс удаления всех жидкостей из полости газопровода.

Природный газ: смесь углеводородов, преимущественно метана, с большими примесями других газов, добываемая из осадочных горных пород Земли.

Сухие газовые уплотнения: бесконтактные торцевые механические уплотнения сухого хода, состоящие из сопрягаемого (вращающегося) кольца и первичного (неподвижного) кольца.

Температура точки росы: температура, до которой должен охладиться воздух, чтобы содержащийся в нём водяной пар достиг состояния насыщения и начал конденсироваться в росу.

Эксплуатирующая организация: организация, осуществляющая эксплуатацию законченного строительством объекта (ООО «Газпром трансгаз Томск»).

Сокращения:

АВО – аппарат воздушного охлаждения;

БУ – блок управления;

ВАК – вакуумно-азотная осушка;

ВО – вакуумная осушка;

ВОУ – вакуумная осушительная установка;

ГДУ – газодинамические уплотнения;

ГПА – газоперекачивающий агрегат;

ГТУ – газотурбинная установка;

ДКУ – дожимная компрессорная установка;

ДЭГ – диэтиленгликоль;

КИП – контрольно-измерительный прибор;

КС – компрессорная станция;

КЦ – компрессорный цех;

МГ – магистральный газопровод;

МКУ – мобильная компрессорная установка;

					Определения, сокращения	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

НТИ – научно-технические исследования;
САУ – система автоматического управления;
СИЗ – средства индивидуальной защиты;
ТК – трудовой кодекс;
ТТР – температура точки росы;
ЦБК – центробежный компрессор;
ФЗ – федеральный закон;
ЧС – чрезвычайная ситуация.

					Определения, сокращения	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Оглавление

Введение	18
1 Обзор литературы	20
1.1 Общие сведения о МГ «Сила Сибири»	21
1.2 Геолого-географическая характеристика	22
2 Характеристика объекта.....	23
2.1 Общие сведения	23
2.2 Состав основного производства	24
2.4 Агрегат газоперекачивающий ГПА-16	25
2.5 Установка охлаждения газа	28
2.6 Площадка подготовки буферного газа	29
2.7 Азотная установка	30
3 Организация и технология производства работ вакуумно-азотной осушки	32
3.1 Порядок проведения гидравлический испытаний.....	32
3.2 Этапы и последовательность работ	34
3.3 Осушка и заполнение азотом участков линейной части МГ	35
3.4 Осушка и заполнение азотом трубопроводов-обвязок компрессорных станций	37
4 Расчетная часть	39
4.1 Проверка условия готовности обвязки ГПА-16У к вакуумированию	39
4.2 Расчет параметров ВАК обвязки ГПА-16У	41
4.3 Заполнение азотом.....	53
Вывод по разделу	54
5 Общие рекомендации по повышению эффективности процесса вакуумно-азотной осушки	55
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	57
6.1. Потенциальные потребители результатов исследования	57

					<i>Организация работ по проведению вакуумно-азотной осушки после гидроиспытаний технологических трубопроводов газоперекачивающего агрегата компрессорной станции</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		<i>Волков А. В.</i>			Оглавление		
<i>Руковод.</i>		<i>Брусник О.В</i>					
<i>Рук-ль ООО</i>		<i>Чухарева Н.В.</i>			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
						15	96
					<i>Отделение нефтегазового дела Группа 2Б91</i>		

6.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	58
6.3 SWOT-анализ	60
6.4 Планирование научно-исследовательских работ	62
6.4.1 Структура работ в рамках научного исследования	62
6.4.2 Определение трудоемкости работ.....	62
6.4.3 Разработка графика проведения научного исследования	63
6.5 Бюджет научно-технического исследования	66
6.5.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	66
6.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ	67
6.5.3 Основная заработная плата исполнителей работы	68
6.5.4 Дополнительная заработная плата исполнителей работы	69
6.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды.....	70
6.5.6 Накладные расходы	70
6.5.7 Формирование бюджета затрат научно–исследовательской работы	71
6.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	72
Вывод по разделу	75
7 Социальная ответственность	76
7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	77
7.2 Производственная безопасность	79
7.3 Анализ вредных факторов	80
7.3.1 Повышенный уровень шума.....	80
7.3.3 Факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами	82
7.3.4 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	82
7.4 Анализ опасных факторов	83

7.4.1 Сосуды и аппараты под высоким давлением.....	83
7.4.2 Взрывоопасность и пожароопасность	84
7.4.3 Производственные факторы, связанные с электрическим током	85
7.5 Экологическая безопасность	86
7.5.1 Защита селитебной зоны	86
7.5.2 Защита атмосферы	86
7.5.3 Защита гидросферы	87
7.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	88
Вывод по разделу	89
Заключение.....	90
Список используемых источников	91
Приложение А.....	96

Введение

В восточной части Российской Федерации активно создаются новые центры газодобычи и единая система транспортировки газа. Создание этих центров обеспечит потребителей в регионах Восточной Сибири и Дальнего Востока газом на долгосрочной основе. Будут созданы новые мощные каналы экспорта газа в Азиатско-Тихоокеанский регион.

Для обеспечения требуемых объемов поставок «голубого топлива» необходимо постоянно развивать и совершенствовать газотранспортную систему, а также строить компрессорные станции, которые обеспечат транспортировку газа на большие расстояния. Модернизация и развитие газоперекачивающей отрасли являются важным фактором для реализации данной программы.

При строительстве компрессорных станций важным этапом являются гидроиспытания и последующая осушка. После проведения гидравлических испытаний в технологической обвязке газоперекачивающего агрегата остается большое количество остаточной влаги и механических примесей. Это способствует коррозии, повреждению труб и оборудования, что наносит ущерб эксплуатационной надежности и безопасности работы компрессорной станции. Для решения данной проблемы применяются различные методы осушки трубопроводов, в том числе вакуумно-азотная осушка, которая позволяет эффективно удалять остаточную влагу после гидроиспытаний.

В данной дипломной работе будет рассмотрены технология ВАК, ее преимущества и недостатки, а также вопросы по организации процесса осушки и подготовки оборудования к данной процедуре [8].

Цель выпускной квалификационной работы: разработка мероприятий по повышению эффективности процесса вакуумной осушки технологических трубопроводов газоперекачивающего агрегата компрессорной станции.

					<i>Организация работ по проведению вакуумно-азотной осушки после гидроиспытаний технологических трубопроводов газоперекачивающего агрегата компрессорной станции</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Волков А. В.</i>			Введение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Брусник О.В.</i>					18	96
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Чухарева Н.В.</i>				<i>Отделение нефтегазового дела</i>		
						<i>Группа 2Б91</i>		

Для реализации поставленной цели необходимо выполнить следующие **задачи:**

- 1) Изучить нормативно-техническую документации по эксплуатации компрессорных станций.
- 2) Проанализировать состав и назначение основного и вспомогательного оборудования газоперекачивающего агрегата.
- 3) Рассчитать технические параметры процесса вакуумно-азотной осушки технологической обвязки газоперекачивающего агрегата.
- 4) Разработать мероприятия по повышению эффективности процесса удаления остаточной влаги после гидроиспытаний.

Объектом исследования является обвязка газоперекачивающего агрегата ГПА -16У компрессорной станции КС-4 «Нимнырская».

Предмет исследования: технология вакуумно-азотной осушки трубопроводов.

Область применения: обвязки газоперекачивающих агрегатов компрессорной станции.

Практическая значимость работы: потенциальное повышение эффективности процесса удаления остаточной влаги после гидроиспытаний.

					<i>Введение</i>	<i>Лист</i>
						19
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

1 Обзор литературы

Одной из основных проблем после проведенных гидроиспытаний технологической обвязки газоперекачивающего агрегата компрессорной станции, является наличие влаги и других загрязнений, которые могут привести к коррозии и повреждению труб. Вакуумно-азотная осушка позволяет удалить влагу и другие загрязнения из газопроводов, что повышает их надежность и продлевает срок службы. Существует множество исследований и публикаций, посвященных этой теме.

Исследования показывают, что вакуумно-азотная осушка является эффективным методом для удаления влаги и других загрязнений из газопроводов. Вакуум позволяет удалить воду из труб, а азот предотвращает образование коррозии.

В журнале «Газовая промышленность» выпуск №5 от 2020 года опубликована статья «Способ диагностирования режимов вакуумной осушки трубопроводов». В данной работе авторы описывают результаты исследований структуры потока и режимов течения паров влаги в секциях входного трубопровода вакуумного модуля при осушке полости трубопроводов. Также описан способ диагностирования режимов вакуумной осушки, позволяющий оценить динамику режимных параметров для управления процессом осушки линейной части газопроводов и технологических трубопроводов компрессорных станций [9].

Авторами В. Г. Дубинский, Б.Л Житомирский и др. издано учебное пособие «Теория и практика осушки полости газопроводов после испытаний». В книге содержится детальное изложение научных основ и методов проведения испытаний на прочность, осушку и заполнение природным газом газопроводов, описываются деформационные и газодинамические процессы, которые сопровождают испытания на прочность [34].

					<i>Организация работ по проведению вакуумно-азотной осушки после гидроиспытаний технологических трубопроводов газоперекачивающего агрегата компрессорной станции</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Волков А. В.</i>			Обзор литературы	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Брусник О.В.</i>					20	96
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Чухарева Н.В.</i>				<i>Отделение нефтегазового дела</i>		
						<i>Группа 2Б91</i>		

Также рассматривается кинетика и динамика переноса влаги и тепла в процессе осушки после испытаний на основе современной теории массообмена, термодинамики процессов и учения о формах связи влаги с осушаемой и осушающей средами, применительно к газопроводам.

В статье В. Г. Дубинского и Д. А. Кудрявцева «Совершенствование технологий и оборудования для осушки магистральных газопроводов после испытаний» описана разработанная технология и оборудование ВАК, которая использовались при осушке завершённым строительством компрессорных станций МГ «СРТО-Торжок» и МГ «Ямал-Европа» [10].

Стоит упомянуть работу под названием «Вакуумно-азотная осушка газопроводов, технология и перспективы» авторства А. А. Черняева, опубликованную в журнале «Нефтегазовое дело». В этой статье автор подробно описывает технологию ВАК, анализирует ее преимущества и недостатки, а также рассматривает перспективы ее применения в будущем.

Таким образом, существует множество исследований и публикаций на эту тему, которые могут быть полезны для специалистов в области эксплуатации газотранспортных систем. Исследования на эту тему продолжаются.

1.1 Общие сведения о МГ «Сила Сибири»

Магистральный газопровод «Сила Сибири» – это крупнейший проект в области транспортировки природного газа в России. Он был запущен в эксплуатацию в декабре 2019 года. Общая протяженность свыше 3000 км, от газовых месторождений в Якутии и Иркутской области. Проект был реализован совместно компаниями «Газпром» и «Китайской нефтегазовой корпорацией» [17].

Газопровод имеет важное значение для России и КНР, так как он способствует развитию экономической связей между странами, а также взаимодействию в сфере энергетики.

Благодаря развитию данного проекта Российская Федерация открывает новые рынки в Тихо-Азиатском регионе, а также развивает газотранспортную систему Дальнего Востока для поставок природного газа местным потребителям.

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

1.2 Геолого-географическая характеристика

В выпускной квалификационной работе рассматривается компрессорная станция КС-4 «Нимнырская», расположенная в Алданском районе Якутии. Республика Саха находится в Восточной Сибири и граничит с Красноярским краем на западе, Амурской областью на юге и омывается море Лаптевых на севере.

Алданский район Якутии находится в центральной части республики и занимает площадь более 200 тысяч квадратных километров. Климат района является суровым и континентальным, с холодной и продолжительной зимой и коротким летом. Средняя температура зимой может опускаться до -40°C , а летом подниматься до $+20^{\circ}\text{C}$. В районе часто бывают метели и сильные ветры.

Физико-географически Алданский район расположен на Восточно-Сибирском плато, который представляет собой высокогорный массив, покрытый лесами, тундрой и степью. В районе протекают несколько крупных рек, в том числе река Алдан, которая является одним из главных притоков реки Лена. В районе находятся также крупные месторождения полезных ископаемых, включая золото, серебро, олово, медь, уголь и другие ресурсы. На рисунке 1 представлено расположение республике Саха на карте России [13].



2 Характеристика объекта

2.1 Общие сведения

Компрессорная станция КС-4 «Нимнырская» расположена на 1027,3 км МГ «Сила Сибири». Объект введен в эксплуатацию в 2021 году.

Каждый цех КЦ № 1 и КЦ № 2 оснащается агрегатами ГПА-16У (4 шт.) и АВО поверхностью 16613 м² (5 шт. в модуле). Работу ГПА компрессорной станции определяет режим МГ «Сила Сибири». В каждом компрессорном цехе предусмотрены основные технологические установки, которые обеспечивают очистку, компримирование и охлаждение газа:

- установка очистки газа с 6-ю фильтрами-пылеуловителями;
- установка компримирования газа с газоперекачивающими агрегатами мощностью 16 МВт;
- установка охлаждения газа, в состав которой входят 20 аппаратов воздушного охлаждения [11].

Станция оснащена современным оборудованием и системами автоматизации, которые обеспечивают ее безопасную и эффективную работу. Кроме того, на станции работает высококвалифицированный персонал, который следит за техническим состоянием оборудования и обеспечивает его бесперебойную работу.



Рисунок 2 – КС-4 «Нимнырская»

					<i>Организация работ по проведению вакуумно-азотной осушки после гидроиспытаний технологических трубопроводов газоперекачивающего агрегата компрессорной станции</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Волков А. В.</i>			<i>Характеристика объекта</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Брусник О.В.</i>					23	96
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Чухарева Н.В.</i>				<i>Отделение нефтегазового дела Группа 2Б91</i>		

2.2 Состав основного производства

Здания и сооружения КС-4 «Нимнырская» КЦ № 1:

- Компрессорный цех;
- Агрегат газоперекачивающий ГПА-16;
- Установка охлаждения газа;
- Установка очистки газа;
- Площадка подготовки буферного газа;
- Дожимная компрессорная установка;
- Площадка азотной установки;
- Блок-бокс узла подключения КЦ № 1.

Компрессорная станция КС-4 «Нимнырская» расположена на 1027,3 км МГ «Сила Сибири». Объект введен в эксплуатацию в 2021 году. На станции применены газоперекачивающие агрегаты ГПА-16 МВт.

Газ из магистрального газопровода через узел подключения поступает на установку очистки газа, где проходит очистку от мехпримесей и жидкости, и по всасывающему коллектору поступает для компримирования на площадку компрессорного цеха.

После компримирования газ сначала охлаждается в модульных аппаратах воздушного охлаждения, затем через узел подключения поступает в магистральный газопровод.

Блок очистки газа «сухих» уплотнений предназначен для более тонкой очистки технологического газа для применения его в качестве буферного в системе «сухих» ГДУ нагнетателя [16].

2.3 Компрессорный цех

Для компримирования газа предусмотрен компрессорный цех. На площадке компрессорного цеха в технологической части проекта предусмотрена установка: четырех агрегатов ГПА-16У в блочно-контейнерном исполнении с автоматической системой управления, электрозапуском, агрегатными системами

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

подготовки газа топливного и газа «сухих» газодинамических уплотнений, модульной обвязкой (с индивидуальным охлаждением скомпримированного газа для каждого ГПА – в пяти аппаратах АВО газа). Подключение модулей параллельное.

Для дренажа масла и промывочной жидкости от ГПА в районе каждого ГПА предусмотрены три емкости $V = 3 \text{ м}^3$. Для реализации функций автоматизированного управления и антипомпажного регулирования ГПА предусмотрены: САУ ГПА в блоке управления (БУ) ГПА, АРМ ГПА и пульт резервного управления (ПРУ) в операторной ПЭБ на площадке.

Каждый ГПА оснащен системой технологического замера газа на собственные нужды с выводом информации на верхний уровень через САУ ГПА:

- расхода топливного газа на ГТУ;
- расхода газа «сухих» газодинамических уплотнений (ГДУ).

На ГПА применена система частотного регулирования вращения вентиляторов аппарата воздушного охлаждения масла с автоматическим поддержанием температуры масла. Управление и регулирование АВО маслосистемы предусмотрено из САУ ГПА.

К основным объектам автоматизации САУ ГПА относятся:

- газотурбинный двигатель;
- центробежный нагнетатель;
- система маслоснабжения двигателя;
- крановая обвязка нагнетателя;
- модульная АВО газа [16].

2.4 Агрегат газоперекачивающий ГПА-16У

ГПА-16У – это газоперекачивающий агрегат, единичной мощностью 16 МВт, который установлен на компрессорной станции КС-4 «Нимнырская» МГ «Сила Сибири». Данный агрегат имеет высокую производительность, обеспечивает надежную и эффективную работу. Благодаря своим характеристикам

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

он является важным компонентом инфраструктуры станции и поддерживает непрерывный процесс транспорта природного газа по газопроводу. Агрегат выполнен в блочно-модульном исполнении.

Транспортные модули выполнены в виде функциональных блоков максимальной заводской готовности, обеспечивающих размещение внутри основного оборудования (газотурбинный двигатель, газовый центробежный компрессор) и систем обеспечения его работы. Контейнеры блоков ГПА обеспечивают защиту оборудования от атмосферных осадков, снижение уровня излучаемого оборудованием шума до санитарных норм, они оснащены системами вентиляции и обогрева, которые обеспечивают требуемые параметры микроклимата в помещениях. Базовой сборочной единицей агрегата является турбоблок, состоящий из блока силового и блока центробежного газового компрессора. В блоке силовом размещены газотурбинный двигатель с газоотводом (улиткой) и отдельные узлы систем обеспечения ГТД, в блоке ЦБК – газовый центробежный компрессор с отдельными узлами систем обеспечения ЦБК. На рисунке 3 представлены основные составные части ГПА [18].

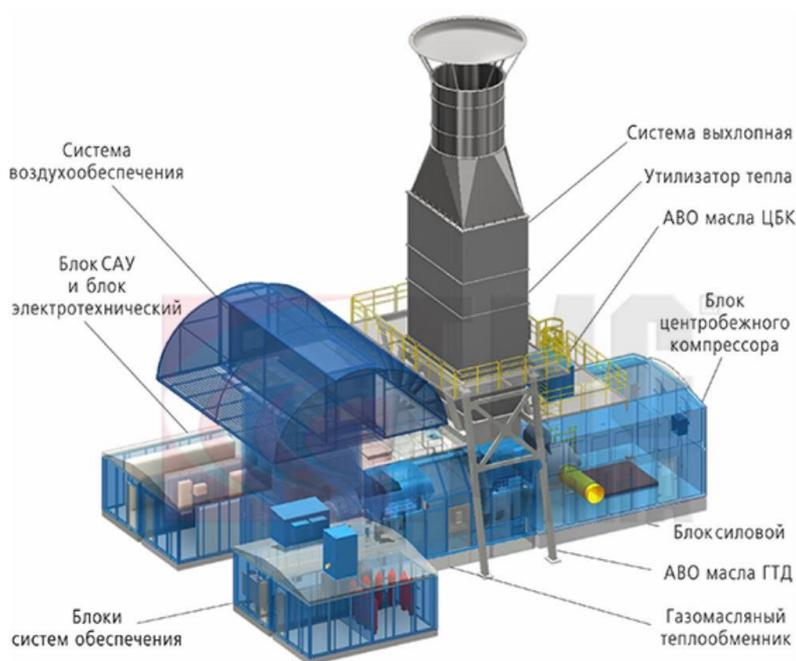


Рисунок 3 – Состав ГПА-16У

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

Агрегат имеет газотурбинный привод типа ПС-90ГП-2 мощностью 16 МВт, оснащен системой автоматического управления (САУ), центробежным газовым компрессором на конечное давление 9,81 МПа и отношением давлений 1,6, торцевыми газодинамическими уплотнениями.

Агрегат изготавливается в климатическом исполнении «УХЛ» категории размещения 1 по ГОСТ 15150 и обеспечивает нормальную работоспособность при следующих параметрах, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры работы ГПА

Абсолютно минимальная температура воздуха	минус 52 °С
Абсолютно максимальная температура воздуха	плюс 26 °С
Нормативное значение ветрового давления	30 кгс/м ²
Сейсмичность района	7 баллов

Турбоблок 1 представляет собой модульную конструкцию, состоящую из двух основных блоков – блока силового и блока ЦБК. Оба блока установлены на едином фундаменте. В блоке силовом размещен газотурбинный двигатель, а в блоке ЦБК – центробежный компрессор. Кроме того, блоки имеют системы освещения, вентиляции, обогрева, а также КИП и А. Управление режимами работы блока силового осуществляется через САУ газоперекачивающего агрегата в составе ГПА.

Передача крутящего момента от газотурбинного двигателя к центробежному газовому компрессору происходит благодаря трансмиссии. Трубопровод отводит протечки запирающего азота и буферного газа после второй ступени ГДУ.

Информация о конструкции и работе основного оборудования блока силового представлена в эксплуатационной документации, которая комплектуется с блоком. Описание работы основного оборудования блока силового в составе систем жизнеобеспечения ГПА можно найти в соответствующих разделах руководств по эксплуатации. На рисунке 4 представлена схема турбоблока.

					Характеристика объекта	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

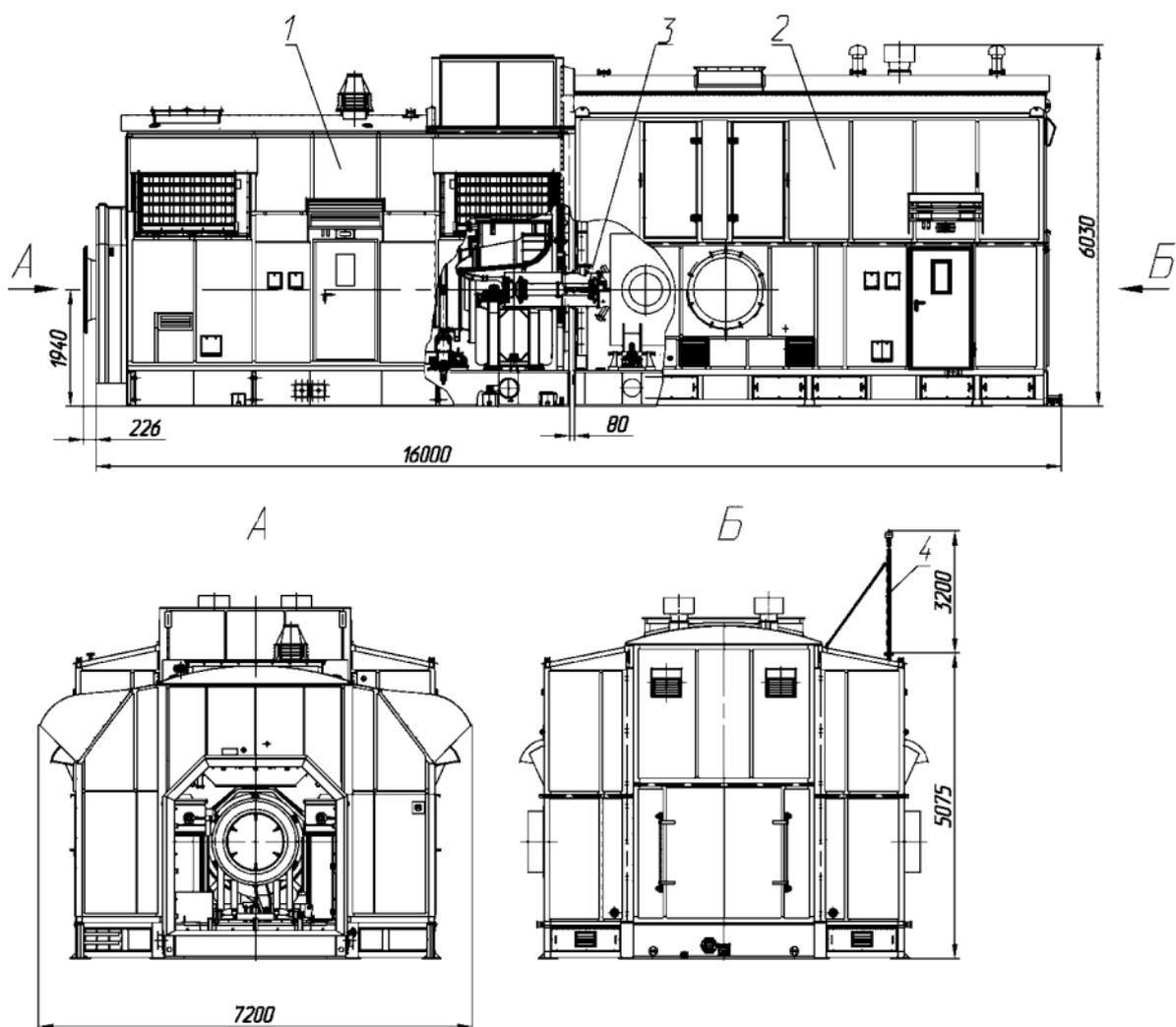


Рисунок 4 – Схема турбоблока ГПА

2.5 Установка охлаждения газа

Установка охлаждения предназначена для охлаждения природного газа на выходе из газоперекачивающего агрегата после компримирования. На компрессорной станции применяется стационарная система охлаждения, которая представлена аппаратами воздушного охлаждения (АВО газа).

Принцип работы данной установки заключается в следующем: нагретый газ проходит через большое количество трубок, между которыми предусмотрено пространство, куда с помощью вентиляторов прокачивается атмосферный воздух. Все это приводит к снижению температуры газа. АВО бывают нагнетательные и вытяжные в зависимости от способа подачи охлаждаемого воздуха.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Характеристика объекта

Лист

28

В зимний период аппараты подвержены меньшим нагрузкам из-за низкой температуры воздуха. Для повышения эффективности работы АВО необходимо регулярно чистить теплообменные секции паром, водой или сжатым воздухом не реже, чем два раза в год. На рисунке 5 представлен блок АВО газа.

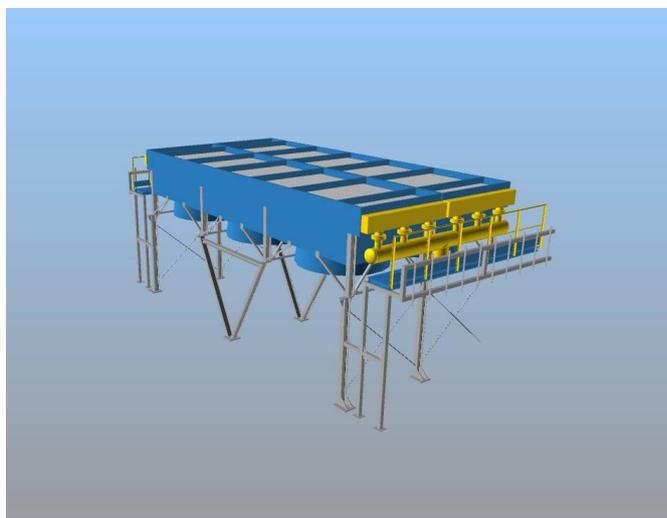


Рисунок 5 – Установка АВО

На ГПА применена система частотного регулирования вращения вентиляторов аппарата воздушного охлаждения масла с автоматическим поддержанием температуры масла. Управление и регулирование АВО маслосистемы предусмотрено из САУ ГПА [16].

2.6 Площадка подготовки буферного газа

В период первого пуска ГПА, для обеспечения положительного перепада давления на «сухие» уплотнения $P_{всac} + 0,5$ МПа и последующей подачей в фильтры-сепараторы ГПА, предусматривается компримирование газа ГДУ в блочной дожимной компрессорной установке (ДКУ) с последующей подачей в фильтры-сепараторы блока подготовки газа «сухих» уплотнений.

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. Параметры, которые измеряются дистанционно:

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

- давление газа на входном коллекторе ДКУ;
- давление газа на выходном коллекторе ДКУ;
- давление газа на входе компрессорной установки;
- давление газа на выходе компрессорной установки;
- компрессор: уровень масла в маслобаке;
- компрессор: частота вращения двигателя;
- компрессор: температура газа на входе;
- компрессор: измерение расхода газа.

Для обеспечения противоаварийной защиты предусмотрен сигнал «авария» от САУ ДКУ в УСО КЦ и сигнал «стоп» из УСО КЦ-1 в САУ ДКУ по физической линии связи. От САУ ДКУ предусмотрено управление и сигнализация состояния кранов на входе и выходе ДКУ, а также свечных кранов [16].

2.7 Азотная установка

Для обеспечения потребителей инертным газом в технологической части проекта предусмотрена стационарная азотная установка в блочно-контейнерном исполнении. Назначение установки – получение газообразного азота из атмосферного воздуха. Область применения азота – для использования в качестве импульсного газа в приводах при управлении регулирующими клапанами ГПА и КС ($P=2,5\text{МПа}$) и для обеспечения агрегатов газоперекачивающих барьерным и инструментальным газом для системы «сухих» уплотнений центробежного нагнетателя ($P=0,7-0,9\text{МПа}$).

Комплектация установки:

- блок-бокс, оборудованный системами отопления, вентиляции, освещения, электроснабжения, охранно-пожарной сигнализации;
- газоразделительный блок (периодические нужды);
- газоразделительный блок;
- воздушный компрессор (периодические нужды);

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

- воздушный компрессор;
- дожимной азотный компрессор;
- рефрижераторный осушитель;
- система подготовки воздуха;
- азотный ресивер 25 м³ – 2 штуки;
- азотный ресивер 3,2 м³ – 1 штука;
- системы контроля и управления установкой.

Азотная установка оснащена локальной САУ, выполненной на ПТС, однотипных с АСУ ТП КЦ-1. Установка блок-контейнера азотной установки предусмотрена на открытой площадке, на которой также предусмотрена установка двух ресиверов V=10 м³, P=2,5 МПа и двух ресиверов V=10 м³, P=1,0 МПа.

Для подачи азота в газопроводы и к приводам ЗРА предусмотрена стационарная разводка азота по площадкам. Параметры измеряемые дистанционно:

- давление на входе в мембранный модуль;
- давление азота низкого давления;
- давление азота высокого давления;
- давление в ресиверах азота;
- расход азота;
- концентрация кислорода;
- положение регуляторов азотной установки.



Рисунок 6 – Азотная установка

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

3 Организация и технология производства работ вакуумно-азотной осушки

3.1 Порядок проведения гидравлический испытаний

Гидроиспытания на компрессорной станции – это процесс проверки работоспособности и герметичности оборудования, используемого на станции и связанных с ним трубопроводах, путем нагнетания в них воды или другой жидкости. Гидроиспытания позволяют выявить возможные утечки и неисправности, исправить их заранее, и обеспечить надежную и безопасную работу станции в будущем.

Испытания трубопровода на прочность производятся путем нагружения трубопровода внутренним давлением с заданными скоростями подъема давления как в упругой зоне деформирования труб, так и с доведением материала труб вплоть до предела текучести (методом «стресс-теста») при достаточном запасе предела прочности и с учетом допустимой интегральной пластической деформации.

При гидравлических испытаниях на прочность трубопроводов необходимо обеспечить:

- по возможности безвоздушное заполнение водой участка трубопровода;
- контроль скорости подъема давления при испытании на прочность;
- контроль за подъемом давления до максимальных значений;
- контроль закачиваемого в трубопровод объема воды.

Последовательность проведения работ:

- 1) Промывка и заполнение испытываемого участка водой.
- 2) Подъем давления до величины 2 МПа (20,4 кгс/см²).
- 3) Осмотр трубопроводов.
- 4) Подъем давления до величины 12,26 МПа (125,05 кгс/см²).
- 5) Испытание на прочность в течение 24 часа.

					<i>Организация работ по проведению вакуумно-азотной осушки после гидроиспытаний технологических трубопроводов газоперекачивающего агрегата компрессорной станции</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Волков А. В.</i>			Организация и технология производства работ вакуумно-азотной осушки	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Брусник О.В.</i>					32	96
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Чухарева Н.В.</i>				<i>Отделение нефтегазового дела Группа 2Б91</i>		

- 6) Сброс давления до величины выдержки на герметичность 9,81 МПа (100,06 кгс/см²).
- 7) Проверка на герметичность должна быть достаточной для осмотра технологических трубопроводов и оборудования, но составлять не менее 12 часов.
- 8) Осмотр трубопроводов.
- 9) Сброс давления до атмосферного.
- 10) Вытеснение воды.

Во время подъема давления, испытания на прочность, снижения давления до $P_{\text{раб.}}$, проверке на герметичность необходимо построить график изменения давления при испытании. (рисунок 7).

Сначала осуществляется подъем давления до 2 МПа (участок 1) и производится осмотр трубопровода (участок 2). Затем давление повышается до 12,26 МПа (участок 3) и проводятся испытания на прочность в течение 24 часов (участок 4). После этого давление сбрасывается до значения, необходимого для проверки герметичности - 9,81 МПа (участок 5). Проверка на герметичность выполняется минимум 12 часов (участок 6), а затем проводится повторный осмотр трубопровода, сброс давления до атмосферного и вытеснение воды (участок 7) [20].

Рисунок 7 – График изменения давления при гидравлических испытаниях

					Организация и технология производства работ вакуумно-азотной осушки	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

3.2 Этапы и последовательность работ

Осушку и заполнение азотом полости газопровода производят с целью исключения гидратообразования и сохранения качества транспортируемого газа. Осушка полости производится с помощью технологию вакуумно-азотной осушки.

Вакуумно-азотная осушка газопроводов – это процесс удаления влаги и других газов, которые могут находиться в газопроводах. Он проводится с помощью специального оборудования, включающего вакуумную насосную установку и заглушки для газопроводов.

Суть осушки заключается в создании в газопроводе вакуума в сочетании с азотным наполнением. Сперва необходимо удалить остатки влаги после гидроиспытаний. Остаточные скопления влаги удаляют в атмосферу отдельно из каждого участка обвязки КС (всасывающий коллектор, нагнетательный коллектор, пылеуловители (ПУ), аппараты воздушного охлаждения (АВО) газа, установка подготовки топливного и импульсного газа (УПТИГ), трубопроводы топливного, импульсного, пускового газа, рециркуляционный коллектор, входной и выходной шлейфы) путем неоднократной продувки сжатым воздухом. При продувке в качестве ресивера воздуха используют смежные участки трубопроводов, содержащие наименьшее количество влаги, или участки трубопроводов, из полости которых уже было произведено удаление остатков воды воздух должен быть откачан из газопровода с помощью вакуумной насосной установки.

Далее воздух должен быть откачан из газопровода с помощью вакуумной насосной установки. Затем газопровод наполняется азотом, который вытесняет остатки воздуха и других газов, следом газопровод наполняется азотом, который вытесняет остатки воздуха и других газов.

На рисунке 8 представлена типовая технологическая обвязка КС с указанием площадки размещения оборудования для осушки, расположением люк лазов, перьевых врезок и продувочных свечей [14].

					Организация и технология производства работ вакуумно-азотной осушки	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

Рисунок 8 – Типовая технологическая схема КС

3.3 Осушка и заполнение азотом участков линейной части МГ

Вакуумно-азотная технология осушки и заполнения азотом участка МГ между двумя крановыми узлами. На рисунке 9 показана функциональная схема и технология осушки и заполнения азотом линейного участка МГ.

Рисунок 9 – Схема ВАК линейного участка

					Организация и технология производства работ вакуумно-азотной осушки	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

Диагностический блок-системы управления технологическим процессом осушки вычисляет следующие параметры, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры осушки

Наименование параметра	Единицы измерения	Расчетная формула
величина скорости снижения давления при вакуумировании полости участка	<i>Мбар/час</i>	$v_{cp}=(P_1-P_2)/t_1$
отношение производительности вакуумного модуля к величине изменения давления при вакуумировании полости осушаемого участка	-	dV/dp

По мере снижения скорости испарения воды регулируют производительность вакуумного модуля до величины, равной пропускной способности осушаемого участка. Дальнейшая осушка осуществляется продувкой осушаемого участка азотом одновременно с вакуумированием. При достижении требуемого качества осушки закрывают кран и выключают вакуумный модуль. Участок заполняют азотом до достижения нормативного давления азота и концентрации кислорода [34].

Первоначально из осушаемого трубопровода удаляют воду, оставшуюся после гидравлических испытаний, путем продувки трубопровода сжатым атмосферным воздухом с пропуском очистных и осушающих поршней. В осушаемый трубопровод компрессором нагнетают атмосферный воздух, под давлением которого последовательно пропускают по всей протяженности трубопровода очистной и осушающие поршни, например, в виде манжетных разделительных поршней и группы пенополиуретановых поршней, поочередно запасованных в камеру запуска очистных и осушающих устройств [10].

После завершения осушки первого участка трубопровода кран продувочного трубопровода закрывают и продолжают заполнение участка трубопровода инертным газом на основе азота. Заполнение первого участка трубопровода инертным газом на основе азота завершают при достижении заданной величины

давления и концентрации азота, образуя ресивер, объем которого ограничен отсечными кранами.

3.4 Осушка и заполнение азотом трубопроводов-обвязок компрессорных станций

Отличие процесса удаления остаточной влаги из технологических трубопроводов компрессорной станции от линейной части обуславливается в первую очередь сложной конфигурацией обвязок КС. Процесс вакуумно-азотной осушки можно разделить на два этапа.

Первый этап заключается в удалении большей части остатков воды, которая остается после проведения гидроиспытаний через дренажные краны или люки-лазы.

На втором этапе необходимо произвести системное вакуумирование обвязки газоперекачивающего агрегата. Для создания и поддержания необходимых условий вакуумирования производится перекрытие всех свечных и дренажных кранов, люков лазов, то есть всех возможных мест откуда способен поступить атмосферный воздух, тем самым нарушив герметичность [34].

Подключение вакуумной установки к одному из пылеуловителей через штатный переходной фланец позволяет произвести откачку воздуха и паров воды в трубопроводной обвязке КС до достижения нормативного значения абсолютного давления. Для контроля качества вакуумирования осушаемых трубопроводов КС, необходимо произвести краткосрочную остановку на 1-2 часа работы вакуумных насосов в момент достижения полости трубопроводной обвязки КС нормативного значения абсолютного давления. Полученные результаты позволят определить дальнейшие шаги по осушке.

Если в полостях трубопроводной обвязки КС величина абсолютного давления не превышает заданных норм, то можно приступить к следующему этапу - контролю качества вакуумирования с помощью суточной выдержки обвязки КС под нормативным абсолютным давлением [10].

					<i>Организация и технология производства работ вакуумно-азотной осушки</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		37

Если же нормативное значение превышено, то это может свидетельствовать о наличии скоплений влаги в трубопроводной обвязке, дистанционной от точки контроля абсолютного давления, и вакуумирование продолжается еще несколько часов. После этого производится предварительный этап контроля качества вакуумирования. Если результаты его положительны, можно приступать к основному этапу контроля качества, описанному выше [34].

Проверку абсолютного давления при вакуумировании производят на старте процесса в точке входа вакуумной установки с использованием технического преобразователя вакуумного давления, входящего в КИПиА. Для заполнения технологических трубопроводов и оборудования КС азотом используют гибкие трубопроводы, соединенные с азотной установкой через специальный переходной фланец на выходе. Для подачи воздуха в азотную установку используют сжатый компрессором воздух со давлением в диапазоне от 1,45 до 2,2 МПа. Заполнение азотом выполняют до избыточного давления 0,02 МПа и остаточной концентрации кислорода, не превышающей 2% по объему. Заполнение азотом производят по схеме осушки вакуумированием. На рисунке 10 представлена одна из возможных схем подключения ВАК на КС [16].

Рисунок – 10 Схема КС с оборудованием ВАК

					Организация и технология производства работ вакуумно-азотной осушки	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

Рассчитаем общее количество воды, слитое из трубы наружным диаметром D мм. и протяженностью метра через кран D мм.

Скорость потока воды Q можно рассчитать по формуле:

$$Q = \pi \cdot r^2 \cdot v, \quad (4.2)$$

где v – скорость истечения жидкости, м/с.

Скорость истечения жидкости определяется соотношением Торричелли:

$$v = \sqrt{2gh} \quad (4.3)$$

где h – средняя высота столба жидкости в трубопроводе, м.

Принимаем h равной половине внутреннего диаметре трубопровода:

$$d = D - 2\delta \quad (4.4)$$

Объем воды в трубе определяется по формуле:

$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l \quad (4.5)$$

Примем, что было слито процентов воды от общего объема трубы.

Время для удаления воды рассчитывается по формуле:

$$t = \frac{0,95 \cdot V}{Q} \quad (4.6)$$

Таким образом, для удаления процентов воды из рассматриваемого участка потребуется приблизительно минут.

					<i>Расчетная часть</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		40

4.2 Расчет параметров ВАК обвязки ГПА-16У

Набор входных данных приведен в таблице 4 В этой же таблице для каждого параметра указан диапазон его измерения и обозначение, используемое в дальнейшем тексте, в формулах и других таблицах.

Таблица 4 – Входные данные

Параметр	Единица измерения	Величина	Диапазон
Давление			
Всасывания установки осушки	бар	P_i	1,033 ÷ 0,001
$P_{кон}$		$P_{ос}$	1,033 ÷ 0,001
Упругость насыщенных паров воды при нуле градусов		$P_{нас}$	0,0061 ÷ 0,0123
Производительность вакуумной установки осушки			
Номинальная	нм ³ /час	$Q_{ном}$	1000 ÷ 16000
Объемная		$Q_{рт}$	
Температура			
Воздуха в трубопроводе	°С	t_v	0 ÷ 40
Температура окружающей среды		$t_{гр}$	0 ÷ 20
Геометрические параметры			
Длина	км	L	1 ÷ 10
Толщина стенки	мм	δ	8 ÷ 10
Наружный диаметр		D	720 ÷ 1020
Разовый набор данных			
Атмосферное давление	бар	P_0	1,033
Количество установок осушки	шт	N	1 ÷ 2
Плотность воздуха	кг/м ³	ρ_0	1,293

В таблице 5 представлены исходные данные участков обвязки ГПА.

Таблица 5 – Исходные данные

Участок	Длина L, м	Диаметр Dх δ , мм	Объем V, м ³
1)			
2)			
3)			
4)			
5)			
6)			
7)			
8)			

Количество влаги в трубопроводе в виде пленки после слива основного объема воды:

(4.7)

где: — протяженность участка трубопровода, м;

— количество воды на погонном метре трубопровода после слива основного объема воды определяется по рисунку 11.

Рисунок 11 – Зависимость количества воды, содержащейся в пленке воды на 1 погонном метре, от диаметра трубопровода

Рассчитаем количество влаги в трубопроводе для участков 1 – 8:

Участок 1:

$$m_{пл1} = 31,8 \text{ кг.}$$

Участок 2:

$$m_{пл2} = 22,8 \text{ кг.}$$

Участок 3:

$$m_{пл3} = 120 \text{ кг.}$$

Участок 4:

$$m_{пл4} = 9,8 \text{ кг.}$$

					<i>Расчетная часть</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		42

Участок 5:

$$m_{пл5} = 15,5 \text{ кг.}$$

Участок 6:

$$m_{пл6} = 4,5 \text{ кг.}$$

Участок 7:

$$m_{пл7} = 8,4 \text{ кг.}$$

Участок 8:

$$m_{пл8} = 3,9 \text{ кг.}$$

Для удобства данные по количеству влаги на отдельных участках сведены в таблице 6.

Таблица 6 – Количество влаги по участкам

<i>Участок</i>	<i>Количество влаги, кг</i>
1)	31,8
2)	22,8
3)	120
4)	9,8
5)	15,5
6)	4,5
7)	8,4
8)	3,9

Общее время осушки вакуумированием определяется соотношением:

(4.8)

Определим величины, входящие в формулу 4.8

(4.9)

Разделим первый этап вакуумирования (от атмосферного давления до _ бар) на _ интервалов (_ мбар) и определим продолжительность каждого из них. Данные для удобства сгруппируем в таблице 7.

В качестве вакуумного насоса для первой ступени был выбран насос пластинчато – роторный насос Pneumofore UV 16 производительностью 971 м³/час. На практике фактическая производительность насоса ниже заявленной. Примем производительность установки на 30% меньше заводской. Таким образом производительность будет равна 679,7 м³/час.

Основные характеристики насоса представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Характеристики насоса

Производитель	Pneumofore
Страна	Италия
Мощность, кВт	22
Тип	Пластинчато-роторный
Назначение	промышленный
Частота вращения, об/мин	1460

На рисунке 12 представлено изображение вакуумного насоса.



Рисунок 12 – насос Pneumofore UV 16

На рисунке 13 представлены зависимость давления насыщенных паров от температуры. Для заданной температуры $P_{\text{нас}}$ составит _кПа.

$t, ^\circ\text{C}$	p		$\rho, \text{г/м}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	p		$\rho, \text{г/м}^3$
	кПа	мм рт. ст.			кПа	мм рт. ст.	
0	0,611	4,58	4,84	17	1,94	14,53	14,5
1	0,656	4,92	5,22	18	2,06	15,48	15,4
2	0,705	5,29	5,60	19	2,19	16,48	16,3
3	0,757	5,68	5,98	20	2,34	17,54	17,3
4	0,813	6,10	6,40	21	2,48	18,6	18,3
5	0,872	6,54	6,84	22	2,64	19,8	19,4
6	0,934	7,01	7,3	23	2,81	21,1	20,6
7	1,01	7,57	7,8	24	2,99	22,4	21,8
8	1,07	8,05	8,3	25	3,17	23,8	23,0
9	1,15	8,61	8,8	30	4,24	31,8	30,3
10	1,23	9,21	9,4	40	7,37	55,3	51,2
11	1,31	9,84	10,0	50	12,3	92,5	83,0
12	1,40	10,52	10,7	60	19,9	149,4	130
13	1,50	11,23	11,4	70	31,0	233,7	198
14	1,59	11,99	12,1	80	47,3	355,1	293
15	1,70	12,79	12,8	90	70,1	525,8	424
16	1,81	13,63	13,6	100	101,3	760,0	598

Рисунок 13 – Давление насыщенных паров от температуры

Количество влаги, удаленной из полости осушаемого трубопровода, определяется формулой:

$$(4.12)$$

Количество влаги, оставшейся в полости осушаемого трубопровода после первого этапа вакуумирования (m_1) и подлежащее дальнейшей осушке определяется соотношением:

(4.13)

Плотность влажного воздуха перед вакуумной осушкой определяется формулой:

(4.14)

Влагосодержание воздуха перед вакуумной осушкой:

Для примера рассчитаем количество влаги, оставшейся в полости осушаемого трубопровода после первого этапа вакуумирования на первом участке:

Количество влаги, оставшейся в полости осушаемого трубопровода после первого этапа вакуумирования (m_1) для каждого участка представлено в таблице 9.

Таблица 9 – Количество влаги

Участок	m_1 , кг
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	

Определим время второго этапа вакуумирования:

(4.15)

Для второго этапа вакуумирования выберем установку Pneumofore UV50 производительностью 2700 м³/ч. На практике фактическая производительность насоса ниже заявленной. Примем производительность установки на 30% меньше заводской. Таким образом производительность будет равна 1890 м³/час.

Разделим второй этап вакуумирования на _ отрезка.

Время второго этапа вакуумирования для каждого участка представлено в таблице 10:

Таблица 10 – Время второго этапа

$\ln \frac{y}{x}$	№	1	2	3	4	5	6	7
τ_2^i , час								
τ_2 , час		7,100						

Суммарное время вакуумирования участка трубопровода до давления _ бар (второй этап вакуумирования) определяется формулой:

(4.16)

$$\tau_2 = 7,1 \text{ часов.}$$

Скорость выноса влаги из полости осушаемого трубопровода во время второго этапа определяется соотношением:

(4.17)

Количество влаги, удаленной из полости осушаемого трубопровода в течении второго этапа вакуумирования, определяется формулой:

(4.18)

Количество влаги в полости осушаемого трубопровода после второго этапа вакуумирования (m_2) и подлежащее осушке в ходе третьего этапа:

(4.20)

Для примера рассчитаем количество влаги после второго этапа вакуумирования на первом участке:

Данные для других участков сгруппируем в таблицу.

Количество влаги после второго этапа вакуумирования для каждого участка представлено в таблице 11:

Таблица 11 – Количество влаги после второго этапа вакуумирования

Участок	m_2 , кг
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	

Далее определим массовый расход ВУО:

(4.21)

где q_3 – производительность ВУО на третьем этапе вакуумирования, м³/ч;
 ρ – средняя плотность водяного пара, г/м³.

Средняя плотность водяного пара определяется по рисунку 14.

Рисунок 14 – Зависимость плотности насыщенного пара от величины абсолютного давления в полости осушаемого трубопровода

Продолжительность третьего этапа вакуумирования определяется формулой:

(4.22)

Объем насыщенного пара, находящегося в полости осушаемого трубопровода после второго этапа вакуумирования:

(4.23)

Рассчитаем объем насыщенного пара, находящегося в полости осушаемого трубопровода после второго этапа вакуумирования для каждого участка:

					<i>Расчетная часть</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		50

Рисунок 15 – Снижение абсолютного давления по времени

График работы ВОУ (рисунок 16).

Рисунок 16 – Работа ВОУ

					<i>Расчетная часть</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		52

4.3 Заполнение азотом

После проведения всех трех этапов вакуумирования и суточной выдержки проводится заполнение азотом для предотвращения возможного образования взрывоопасной смеси в газопроводе при заполнении его газом и для консервации до подачи газа, согласно требованиям СТО Газпром 2-3.5-354-2009, пункт 5.20. Участок газопровода после процедуры осушки должен быть заполнен инертным газом - сухим азотом, с концентрацией не менее 98% и ТТР минус 20,0 °С (20,5 °С с учетом погрешности прибора $\pm 0,5$ °С) до избыточного давления 0,02 МПа (0,2 кгс/см²). Заполнение производится с помощью мобильной азотной станции подрядчика или же эксплуатирующей организации через гибкие рукава или шланги. (рисунок 17)

Таким образом, заполнение трубопровода последовательно азотом, а затем природным газом, соответствуют физическим процессам замещения азотом воздуха, находящегося в полости трубопровода после его осушки, и процессу замещения азота природным газом [5].

Рисунок 17 – Мобильная азотная станция

					<i>Расчетная часть</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		53

Вывод по разделу

На основании полученной математической модели можно спрогнозировать примерное время для проведения вакуумно-азотной осушки обвязки газоперекачивающего агрегата ГПА-16У при заданным параметрах окружающей среды и выбранным оборудование комплекта ВАК.

Согласно полученным данным общее время осушки (без выдержки в 24 часа) составит:

$$\tau = 72,22 \text{ часа.}$$

Для учета всех нюансов, неучтенных при расчетах (например, дневных колебаний температуры, несовершенство оборудования, человеческий фактор) введем поправочный коэффициент:

$$\mu = 1,2.$$

С учетом данного коэффициента время осушки методом ВАК составит:

$$\tau' = 87 \text{ часов.}$$

На основании данных расчетов можно спланировать остальные этапы работ, тем самым ускорить ввод в эксплуатацию нового объекта, что позволяет сэкономить как материальные ресурсы, так и человеческие.

					<i>Расчетная часть</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		54

5 Общие рекомендации по повышению эффективности процесса вакуумно-азотной осушки

В данном разделе выпускной квалификационной работы будут предложены основные мероприятия по организации работ осушки методом ВАК, а также предложения по повышению их эффективности.

В работе рассматривается схема обвязки газоперекачивающего агрегата ГПА-16У, расположенного на компрессорной станции КС-4 «Нимнырская». На рисунке 18 представлено технологическая схема компрессорного цеха.

Рисунок 18 – Технологическая схема ГПА-16У

					<i>Организация работ по проведению вакуумно-азотной осушки после гидроиспытаний технологических трубопроводов газоперекачивающего агрегата компрессорной станции</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Волков А.В.</i>			Общие рекомендации по повышению эффективности процесса вакуумно-азотной осушки	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Брусник О.В.</i>					55	96
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Чухарева Н.В.</i>				<i>Отделение нефтегазового дела Группа 2Б91</i>		

Для определения количества влаги, подлежащих удалению из полости трубопроводов необходимо воспользоваться формулой (4.1) раздела 4 данной ВКР. Для расчета объема жидкости необходимо учитывать геометрические параметры обвязки, указанные в технологической схеме.

В качестве первой и третьей ступени вакуумирования предложено использовать вакуумный насос Pneumofore UV 16, в качестве второй Pneumofore UV 50, производительностью 971 м³/час и 2700 м³/час соответственно.

Чтобы осушить трубопроводы КС, используют вакуумную установку, подсоединенную к__.

Вакуумные насосы откачивают воздух и пары воды, пока не достигается нормативное значение абсолютного давления в полости трубопровода. Когда это происходит, вакуумные насосы останавливаются на 1-2 часа для контроля качества.

Абсолютное давление контролируется на входе вакуумной установки при помощи технического преобразователя вакуумного давления. После завершения процесса вакуумирования, трубопроводы и оборудование КС заполняют азотом.

Для прогнозирования необходимого времени осушки методом ВАК воспользоваться формулами, представленными в разделе 4.2 ВКР.

Для предотвращения образования льда в полости осушаемых газопроводов мероприятия по удалению остаточной влаги рекомендуется проводить при положительной температуре окружающей среды. Данный фактор необходимо учитывать при планировании работ по гидроиспытания и последующей осушки. В противном случае потребуются дополнительное оборудования для создания искусственного покрытия трубопровода и его подогрева, что повлечет за собой дополнительные затраты.

Для повышения эффективности процесса осушки методом ВАК необходимо усилить контроль за качеством слива воды после гидроиспытаний, как со стороны подрядной, так и эксплуатирующей организации.

					Общие рекомендации по повышению эффективности процесса вакуумно-азотной осушки	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Финансовый менеджмент является важным аспектом при выборе и эксплуатации оборудования для вакуумно-азотной осушки газопроводов. Выбор правильного оборудования может значительно снизить расходы на осушку газопроводов, а также обеспечить более эффективную работу всей компрессорной станции. В данном разделе будут рассмотрены различные виды оборудования для вакуумно-азотной осушки газопроводов, их преимущества и недостатки, а также основные финансовые аспекты, которые следует учитывать при выборе и эксплуатации данного оборудования.

Осушку и заполнение азотом полости газопровода производят с целью исключения гидратообразования и сохранения качества транспортируемого газа. Осушка полости производится с помощью технологию ВАК. Для осуществления данного процесса используются вакуумные насосы.

6.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Сегментирование представлено в таблице 13.

Продукт: вакуумные насосы.

Целевой рынок: предприятия газотранспортной отрасли.

					Организация работ по проведению вакуумно-азотной осушки после гидроиспытаний технологических трубопроводов газоперекачивающего агрегата компрессорной станции			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Волков А.В.			Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Брусник О.В.					57	96
Консульт.		Рыжакина Т.Г.				НИ ТПУ гр.2Б91		
Рук-ль ООП		Чухарева Н.В.						

Таблица 13 – Сегментирование рынка услуг по подбору насосов

Размер компании	Отрасль	
	Производители ВН	Потребители ВН
Крупные		
Средние		
Мелкие		

- WOOSUNG
- Leybold
- ООО «Газпром трансгаз Томск»
- ООО «Газпром трансгаз Сургут»
- ООО «Газпром трансгаз Самара»

По таблице можно сделать вывод, что основные сегменты рынка – крупные и средние компании. Это означает, что наиболее перспективным сегментом в отраслях газовой промышленности для формирования спроса является группа крупных и средних производителей ВН.

6.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентноспособных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для её будущего.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum_{i=1}^n B_i \cdot B_i, \quad (6.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единиц);

B_i – балл i -го показателя.

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений представлена в таблице 14.

Таблица 14 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентно-способность		
		B_{Φ}	B_{K1}	B_{K2}	K_{Φ}	K_{K1}	K_{K2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Срок службы	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
2. Ремонтопригодность	0,13	4	4	4	0,52	0,52	0,52
3. Надежность	0,1	5	4	3	0,3	0,4	0,3
4. Простота ремонта	0,12	4	4	4	0,48	0,48	0,48
5. Удобство в эксплуатации	0,11	3	2	2	0,33	0,22	0,22
6. Уровень шума	0,08	2	2	4	0,24	0,16	0,32
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,08	4	3	2	0,32	0,24	0,16
2. Уровень проникновения на рынок	0,03	4	5	3	0,09	0,15	0,06
3. Цена	0,07	2	3	3	0,21	0,21	0,21
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	4	3	4	0,4	0,3	0,4
5. Послепродажное обслуживание	0,02	4	4	3	0,08	0,08	0,08
6. Наличие сертификации	0,06	4	3	3	0,24	0,18	0,24
Итого	1	45	40	38	3,71	3,24	3,29

B_{Φ} – Pneumofore серии UV 50;

B_{K1} – Leybold GmbH DRYVAC»;

B_{K2} – Рутса RUVAC WS 2001.

По таблице 14 видно, что наиболее эффективно использовать вакуумный насос Pneumofore серии UV 50, так как он является наиболее надежным оборудованием по отношению к другим, имеющимся на рынке. Кроме того, Pneumofore серии UV 50 имеет ряд преимуществ, к которым относятся простота использования, а также небольшие выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, что немаловажно на рынке.

6.3 SWOT-анализ

SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) анализ является одним из основных инструментов стратегического планирования в бизнесе. Он позволяет компании оценить свои сильные и слабые стороны, а также найти возможности и угрозы внешней среды.

Для проведения SWOT анализа необходимо определить:

1. Strengths (сильные стороны) – что делает компанию успешной и конкурентоспособной на рынке, какие преимущества у нее перед конкурентами, как отличается от других компаний.
2. Weaknesses (слабые стороны) – какие проблемы у компании сейчас имеются, какие слабости есть у нее в сравнении с конкурентами и какие проблемы существуют внутри компании.
3. Opportunities (возможности) – какие возможности есть на рынке для компании, какие изменения происходят в отрасли и как их можно использовать в свою пользу.
4. Threats (угрозы) – какие угрозы стоят перед компанией, какие изменения происходят на рынке, какие риски, связанные с технологическими инновациями и какими изменениям

Результаты SWOT-анализа исследования, проведенного в рамках данной выпускной квалификационной работы, представлены в таблице 15.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 15 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны проекта: С1. Высокая энергоэффективность технологий. С2. Долгий срок службы.</p>	<p>Слабые стороны проекта: Сл1. Сложные климатические условия. Сл2. Нехватка квалифицированных специалистов.</p>
	<p>С3. Низкий уровень вредных выбросов. С4. Полученные теоретические эксплуатационные характеристики.</p>	<p>Сл3. Отсутствие информации от производителей о возможных проблемах при эксплуатации.</p>
<p>Возможности: В1. Использование инфраструктуры НИ ТПУ. В2. Проведение совместных исследований с потребителями. В3. Наличие потребителей. В4. Появление и применение нового оборудования</p>	<p>1. Наличие эксплуатационных характеристик в связке с использованием инфраструктуры ТПУ и совместными исследованиями с потребителями позволяет улучшить оборудование. 2. Применение нового оборудования улучшит эксплуатационные характеристики.</p>	<p>1. Переподготовка специалистов. 2. Привлечение молодых специалистов, в том числе выпускников ВУЗов. 3. Сложные климатические условия требуют дополнительных исследований, в том числе финансируемых потенциальными потребителями.</p>
<p>Угрозы: У1. Возможное появление более совершенных технологий производства. У2. Возможное дополнительное сертифицирование производства. У3. Рост стоимости импортных комплектующих.</p>	<p>1. Появление более совершенных технологий может помочь текущему проекту снизить число вредных выбросов. 2. Дополнительное сертифицирование производства может привести к ужесточению требований для эксплуатируемого оборудования и, увеличению срока службы.</p>	<p>1. Рост стоимости Импортных комплектующих может привести к удорожанию проекта. 2. Отсутствие информации от производителей может помешать исследованию, привести к ошибкам проектирования.</p>

6.4 Планирование научно-исследовательских работ

6.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 16.

Таблица 16 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр
Выбор направления исследований	2	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
	3	Подбор и изучение	Бакалавр
	4	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Поиск необходимых параметров для исследования	Бакалавр
	6	Расчет параметров вакуумно-азотной осушки	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка результатов исследования	Руководитель, бакалавр
Оформление отчета по исследовательской работе	8	Составление пояснительной записки	Руководитель, Бакалавр

6.4.2 Определение трудоемкости работ

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

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

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot t_{min_i} + 2 \cdot t_{max_i}}{5}, \quad (6.2)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;
 t_{min_i} – минимальная возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предложении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), человеко-дни;
 t_{max_i} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предложении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), человеко-дни.

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (6.3)$$

где T_{pi} – продолжительность i -ой работы, раб. дн.;
 $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на i -ом этапе, чел.

6.4.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

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

Диаграмма Ганта нужна, чтобы наглядно представить все этапы работы. Она показывает:

- задачи, включённые в проект;
- их продолжительность;
- даты начала и окончания проекта;
- время, которое занимает каждая задача;
- исполнителей, работающих над задачами;
- способы объединения задач.

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (6.4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях;
 $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых/пр}}}, \quad (6.5)$$

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

$T_{\text{вых/пр}}$ – количество выходных и праздничных дней в году;

В 2023 году: $T_{\text{кал}} = 365$ дней, $T_{\text{вых/пр}} = 118$. Подставим численные значения в формулу:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48.$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляются до целого числа. Все рассчитанные значения сведены в таблице 17.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

Таблица 17 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}	Длительность работ в календарных днях, T_{ki}
	t_{min} , чел.-дн.	t_{max} , чел.-дн.	$t_{ож}$, чел.-дн.			
Календарное планирование работ по теме	4	8	5,6	Руководитель и бакалавр	3	4
Постановка цели и задач исследования	4	8	5,6	Руководитель и бакалавр	3	4
Литературный обзор	13	19	15,4	Бакалавр	15	23
Составление и утверждение технического задания	8	13	10	Руководитель	10	15
Проведение теоретического анализа существующих технических решений	10	15	12	Бакалавр	12	18
Исполнение теоретических расчетов и выводы по ним	18	24	20,4	Бакалавр	20	30
Оценка результатов исследования	6	9	7,2	Руководитель и бакалавр	4	5
Составление пояснительной записки	10	15	12	Руководитель и бакалавр	6	9

На основе таблицы 17 строим план график, представленный в таблице 18.

Таблица 18 – Календарный план график проведения НИР по теме ВКР

№	Вид работ	Исполнители	T _{ki} , кал. дни	Продолжительность выполнения работ			
				Фев.	Март	Апрель	Май
1	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр	4	■			
2	Постановка цели и задач исследования	Руководитель, бакалавр	4	■			
3	Литературный обзор	Бакалавр	23		■		
4	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	15			■	
5	Проведение теоретического анализа существующих технических решений	Бакалавр	18				■
6	Исполнение теоретических расчетов и выводы по ним	Бакалавр	30				■
7	Оценка результатов исследования	Руководитель, бакалавр	5				■
8	Составление пояснительной записки	Руководитель, бакалавр	9				■



- Руководитель



- Бакалавр

6.5 Бюджет научно-технического исследования

6.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

Расчет материальных затрат НТР включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта.

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле:

$$Z_M = (1 + k_M) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх } i}, \quad (6.6)$$

где k_M – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы;

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

C_i – цена приобретения i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования, руб.;

$N_{\text{расх } i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.).

Результаты расчётов представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, З ^М , руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Программы Microsoft Office	шт.	3	1	5	5000	5000	5000	15000	5000	25000
Бумага для принтера	шт.	500	100	300	1	1	1	500	100	300
Электроэнергия	кВт/ч	250	200	270	4,5	4,5	4,5	1125	900	1215
Итого:								16625	6000	35386

6.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

Сюда включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (программного обеспечения), необходимого для проведения работ

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

по конкретной теме (таблица 20). Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Таблица 20 – Расчет затрат на оборудование

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, З ^м , руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Компьютер	шт.	1	1	1	80000	50000	20000	80000	50000	20000
Принтер	шт.	1	1	1	8000	6000	8000	8000	6000	8000
Итого:								88000	56000	28000

6.5.3 Основная заработная плата исполнителей работы

Расчет заработной платы произведен на основе тарифных ставок предприятия, которое занимается проектирование автоматизированных систем управления. Расчет осуществляется по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (6.7)$$

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

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником в рабочие дни.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (6.8)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дней $M=11,2$ месяцев, 5 – дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала в рабочие дни.

Месячный должностной оклад работника определяется по формуле:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (k_p + k_{пр} + k_d) + Z_{тс}, \quad (6.9)$$

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

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент ($k_{пр} = 0,3$, т. е. 30% от $Z_{тс}$);

k_d – коэффициент доплат и надбавок ($k_d = 0,2$, т. е. 20% от $Z_{тс}$);

k_p – районный коэффициент (для Томска $k_p = 0,3$, т. е. 30%).

Результаты расчётов представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	$Z_{тс}$, руб.	$k_{пр}$, %	k_d , %	k_p , %	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель проекта	35000	30	20	30	63000	7840	9,25	72520
Студент	4400	30	20	30	7920	986	27,5	27115
Итого, $Z_{осн}$:								99635

6.5.4 Дополнительная заработная плата исполнителей работы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (6.10)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, на стадии проектирования принимают равным 0,15.

Результаты расчётов представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	$k_{\text{доп}}$	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	0,15	72520	10878
Студент	0,15	27115	4067
Итого:		99635	14945

6.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органами государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется по формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (6.11)$$

где $k_{\text{внеб}}$ - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, принимается равным $k_{\text{внеб}} = 30\%$.

Результаты расчётов представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	72520	10878
Студент	27115	4067
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30%	
Итого:	34374	

6.5.6 Накладные расходы

В статью накладных расходов входят прочие затраты, не попавшие в предыдущие статьи расходов: оплата электроэнергии, печать и ксерокопирование, почтовые расходы и т.д.

Накладные расходы определяются по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (6.12)$$

где $k_{\text{нр}}$ - коэффициент, учитывающий накладные расходы, принимается равным $k_{\text{нр}} = 16\%$.

$$Z_{\text{накл1}} = (16625 + 88000 + 72520 + 27115 + 34374) \cdot 0,16 = 38181 \text{ руб};$$

$$Z_{\text{накл2}} = (6000 + 56000 + 72520 + 27115 + 34374) \cdot 0,16 = 31361 \text{ руб};$$

$$Z_{\text{накл3}} = (35386 + 28000 + 72520 + 27115 + 34374) \cdot 0,16 = 31583 \text{ руб}.$$

6.5.7 Формирование бюджета затрат научно–исследовательской работы

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции. Результаты расчётов представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	
1. Материальные затраты НИИ	16625	6000	35386	Табл. 7
2. Затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	88000	56000	28000	Табл. 8
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	99635			Табл. 9
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	14945			Табл. 10
5. Отчисления во внебюджетные фонды	34374			Табл. 11
6. Накладные расходы	38181	31361	31583	16% от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НИИ	291760	242317	243923	Сумма ст. 1-6

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

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают входе оценки бюджета затрат вариантов исполнения научного исследования.

Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения. Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (6.13)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно–исследовательского проекта (в том числе аналоги).

Для 1-го варианта исполнения:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}1} = \frac{291760}{291760} = 1.$$

Для 2-го варианта исполнения:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}2} = \frac{242317}{291760} = 0,83.$$

Для 3-го варианта исполнения:

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп3}} = \frac{243923}{291760} = 0,87.$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (6.14)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

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

Результаты расчётов представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии объекта исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1. Способствует росту производительности	0,1	5	4	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	5	4
3. Помехоустойчивость	0,15	4	4	4
4. Энергосбережение	0,20	3	3	2
5. Надежность	0,25	3	3	2
6. Материалоемкость	0,15	5	3	4
Итого	1	3,55	3,8	3,2

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

$$I_{\text{исп1}} = \frac{I_{\text{р-исп1}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп1}}} = \frac{3,55}{1} = 3,55;$$

$$I_{\text{исп2}} = \frac{I_{\text{р-исп2}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп1}}} = \frac{3,8}{0,83} = 4,57;$$

$$I_{\text{исп3}} = \frac{I_{\text{р-исп1}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп1}}} = \frac{3,2}{0,88} = 3,67.$$

Из расчетов видно, что наиболее целесообразный вариант проекта разработки НТИ произведен во первом исполнении.

Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{срi}}$):

$$\mathcal{E}_{\text{срi}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.2}}} \quad (6.15)$$

Результаты расчётов представлены в таблице 26.

Таблица 26 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,83	0,87
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,55	3,8	3,2
3	Интегральный показатель эффективности	3,55	4,57	3,67
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,77	1,24	1,03

Исходя из полученных данных, наиболее эффективным оказалась разработка под исполнением №2.

Вывод по разделу

В ходе выполнения данной части выпускной работы была доказана конкурентоспособность данного технического решения, был произведен SWOT-анализ. Также был посчитан бюджет НИИ, основная часть которого приходится на материальные затраты, связанные с приобретением оборудования и материалов.

Была посчитана ресурсная, финансовая, бюджетная, социальная и экономическая эффективность исследования. Был выбран лучший вариант разработки.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

7 Социальная ответственность

В настоящее время социальная ответственность и экологические требования становятся все более актуальными в различных сферах деятельности, в том числе и в производственной сфере. Одной из важных задач, стоящих перед предприятиями, является минимизация вредного воздействия на окружающую среду и создание комфортных условий труда для сотрудников. В рамках данного раздела дипломной работы будет рассмотрен вопрос о том, как технология вакуумно-азотной осушки, может быть реализована с учетом социальной ответственности и экологических требований, а также меры, которые могут быть приняты для минимизации воздействия на окружающую среду и обеспечения безопасных условий труда для рабочего персонала компрессорной станции.

Рабочее место при проведении вакуумно-азотной осушки трубопроводов компрессорной станции представляет собой специально оборудованную зону, где располагаются необходимые инструменты и оборудование для проведения процедуры. При работе в этой зоне должны быть предусмотрены средства индивидуальной защиты для рабочих.

Технологический процесс проведения вакуумно-азотной осушки трубопроводов компрессорной станции требует высокой точности и внимательности со стороны рабочих, использования специального оборудования и инструментов, строгого соблюдения должностных инструкций и правил техники безопасности. Для безопасности проведения работ на объектах МГ «Сила Сибири», в частности на компрессорной станции №4 «Нимнырская» необходимо руководствоваться Федеральным Законом №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.01.97 года, а также технологическим регламентами по эксплуатации.

					<i>Организация работ по проведению вакуумно-азотной осушки после гидроиспытаний технологических трубопроводов газоперекачивающего агрегата компрессорной станции</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Волков А. В.</i>			Социальная ответственность	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Брусник О.В.</i>					76	96
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Чухарева Н.В.</i>				<i>Отделение нефтегазового дела</i>		
						<i>Группа 2Б91</i>		

7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Работа компрессорной станции КС-4 «Нимнырская» организована вахтовым методом в течение 1 месяца с продолжительностью рабочего дня 12 часов и одним выходным днем. При вахтовом методе работы устанавливается суммированный учет рабочего времени за месяц, квартал или иной более длительный период, но не более чем за один год. Учетный период охватывает все рабочее время, время в пути от места нахождения работодателя или от пункта сбора до места выполнения работы и обратно, а также время отдыха, приходящееся на данный календарный отрезок времени. (ст. 301 ТК РФ).

По завершении работы в течение вахты, сотрудникам предоставляется межвахтовый отдых в местах постоянного проживания в соответствии с количеством отработанных часов установленного законодательством времени. Согласно последней редакции трудового кодекса Российской Федерации от 1.03.2023 работники, которые заняты на работах с вредными и/или опасными условиями труда имеют право на определенные гарантии и компенсации от работодателя:

- 1) ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск работникам с возможностью выплаты компенсации за часть такого отпуска, превышающую минимальную продолжительность (ст. 117 ТК РФ);
- 2) повышенная оплата труда работников (ст. 147 ТК РФ).

Работникам, выезжающим для выполнения работ вахтовым методом в районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности из других районов: устанавливается районный коэффициент и выплачиваются процентные надбавки к заработной плате в порядке и размерах, которые предусмотрены для лиц, постоянно работающих в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях. (ст. 302 ТК РФ). Персональные данные работников могут быть обработаны только в целях обеспечения законности и соблюдения нормативно-правовых актов, а также для поддержки работников в процессе трудоустройства, продвижения по службе и защиты личной безопасности.

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

Обработка согласно политике ООО «Газпром трансгаз Томск», осуществляется с учетом необходимости обеспечения защиты прав и свобод работников ООО «Газпром трансгаз Томск» и других субъектов персональных данных, в том числе защиты права на неприкосновенность частной жизни, личную и семейную тайну, на основе следующих принципов:

- обработка персональных данных осуществляется в ООО «Газпром трансгаз Томск» на законной и справедливой основе;
- обработка персональных данных ограничивается достижением конкретных, заранее определенных и законных целей;
- не допускается обработка персональных данных, не совместимая с целями сбора персональных данных.

Оплата труда базируется на должностных окладах и тарифных ставках, которые зависят от квалификации и профессиональных качеств сотрудников. Также предусматриваются текущие премирования за производительность работы, доплаты и надбавки в зависимости от условий труда и объема выполненных работ, а также вознаграждения по итогам работы.

Единые корпоративные стандарты по оплате труда определены в Типовом положении об оплате труда работников ПАО «Газпром» 15. Согласно статье 219 Трудового кодекса РФ, все трудящиеся вправе иметь место работы, которое соответствует требованиям безопасности труда и соответствующим стандартам (ГОСТам): 12.2.003, 12.3.002, 12.2.032, 12.2.033, 12.2.049.

Обработка персональных данных в ООО «Газпром трансгаз Томск» осуществляется следующими способами:

- неавтоматизированная обработка персональных данных;
- автоматизированная обработка персональных данных с передачей полученной информации по информационно-телекоммуникационным сетям или без таковой;
- смешанная обработка персональных данных.

Руководители компании обязаны контролировать правильную организацию рабочих мест, что не только обеспечивает безопасность сотрудников, но и позволяет рационально расходовать время.

Общие требования к организации рабочего места:

- 1) отсутствие лишних объектов;
- 2) остаточность места;
- 3) рабочее место должно хорошо освещаться и проветриваться.

7.2 Производственная безопасность

Согласно ФЗ № 116 от 21.07.1997 г., компрессорная считается опасным производственным объектом, а ее эксплуатация может представлять угрозу. Опасность для обслуживающего персонала КС-4 «Нимнырская» обусловлена следующими факторами:

- 1) необходимостью работы во взрыво- и пожароопасных помещениях и обслуживания запорной арматуры оборудования и трубопроводов, находящихся под высоким давлением и при высокой температуре;
- 2) наличием электрического оборудования и вращающихся частей механизмов;
- 3) повышенным уровнем шума в рабочей зоне КС-4 «Нимнырская»;
- 4) повышенным уровнем статического электричества;
- 5) применением в процессах токсичных, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, взрыво- и пожароопасных продуктов;
- 6) необходимостью круглосуточного обслуживания установок в неблагоприятных метеорологических условиях;
- 7) необходимостью проведения огневых и газоопасных работ вблизи действующего технологического оборудования. Потенциально вредные и опасные факторы приведены в таблице 27 [33].

Таблица 27 – Потенциально вредные и опасные производственные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Вредные факторы	
Повышенный уровень шума	ГОСТ 12.1.003-2014 [21]
Повышенный уровень локальной вибрации	СП 51.13330.2011 [25]
Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды	ГОСТ 12.4.011-89 СанПИН 1.2.3685-21 [24]
Недостаток необходимо искусственного освещения	СП 52.13330.2016
Опасные факторы	
Сосуды и аппараты под высоким давлением	ГОСТ 12.2.085-2002
Взрывоопасность и пожароопасность	ГОСТ 12.1.044-89 [27]
Производственные факторы, связанные с электрическим током	ГОСТ 12.4.124-83 [30] ГОСТ 12.1.019-2017

7.3 Анализ вредных факторов

Вредным производственным фактором называется фактор трудового процесса или среды, воздействие которого при определённых условиях на работника может вызвать профессиональное заболевание, снизить работоспособность или усугубить уже имеющиеся заболевания.

7.3.1 Повышенный уровень шума

Основными источниками шума на компрессорной станции являются: газо-перекачивающие агрегаты, аппараты воздушного охлаждения газа, запорная и регулирующая арматура.

Повышенные шумы на рабочих местах могут негативно сказываться на способности рабочих выполнять свои производственные задачи. В общем, человек способен нормально выполнять какие-либо простые, рутинные задания даже при таких уровнях шума, как 130 – 140 дБ (воздействие более

высоких уровней шумов может вызывать нарушения в работе опорно-двигательного аппарата и зрения человека). Выполнение квалифицированной работы высокой точности и концентрации может быть проблематичным даже при уровнях шумов 80 – 85 дБ. Санитарные нормы уровня шума на рабочих местах следующие – 80 дБА.

При организации работ, связанных с шумом, принимаются меры по снижению уровня шума в источнике его возникновения и на пути распространения:

- 1) применение звукоизолирующих материалов, кожухов;
- 2) расположение шумного оборудования в отдельных цехах/блоках со стенами из звукоизолирующих материалов;
- 3) внедрение дистанционного управления технологическими процессами;
- 4) использованием средств индивидуальной защиты (противошумные наушники, каски и костюмы и т.д.).

7.3.2 Повышенный уровень локальной вибрации

Причиной вибрации являются возникающие при работе насосов и агрегатов неуравновешенные силовые воздействия. Их источниками служат возвратно-поступательные движущиеся системы, неуравновешенные вращающиеся массы (теплообменник, сепаратор, циклонные пылеуловители), ударные процессы. Подобное оборудование располагается не во всех цехах, поэтому на рабочих может воздействовать локальная вибрация. Однако и данный фактор при длительном и постоянном воздействии на человека приводит к различным нарушениям здоровья человека, а в конечном счёте, к «вибрационной болезни».

Для защиты от вибрации следует применять СИЗ, согласно ГОСТ 12.4.002-97 «Средства индивидуальной защиты рук от вибрации» и ГОСТ 12.4.024-76 «Обувь специальная виброзащитная. Общие технические требования».

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		81

7.3.3 Факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами

Микроклимат производственных помещений - метеорологические условия внутренней среды помещений, которые определяются действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха. Это факторы, которые указывают влияние на тепловое состояние человека и определяющие работоспособность, здоровье и производительность труда. Для обеспечения безопасного производства работ необходимо соблюдать требования микроклимата рабочей зоны, определяемые ГОСТ 12.1.005-88. Показателями, характеризующими микроклимат, являются температура воздуха, относительная влажность, скорость движения воздуха, интенсивность теплового излучения. В таблице 28 представлены оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости воздуха в рабочей зоне производственных помещений.

Таблица 28 – Нормы микроклимата

Период года	Категория работ	Температура °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха
холодный	Средней тяжести	17 – 19	40 – 60	0,2
теплый		20 – 22		0,3

Для улучшения показателей микроклимата на компрессорной станции «Нимнырская» работники обеспечены спецодеждой и спецобувью. Особо нагревающиеся в процессе эксплуатации газотурбинные установки и рамы вспомогательных устройств находятся в шумотеплоизолирующем кожухе [28].

7.3.4 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы, возникающей в результате прилагаемых усилий для

нервной системы, возникающей в результате прилагаемых усилий для опознания четких или сомнительных сигналов. Для обеспечения комфортного освещения разработаны и выполнены следующие мероприятия: рабочие места объекты подходы к ним, проходы в темное время суток освещены, искусственное освещение выполняется в соответствии с требованиями правил устройства электроустановок ПУЭ и строительных норм и правил, уровень освещенности рабочих мест соответствует отраслевым нормам проектирования искусственного освещения объектов. В производственных помещениях предусмотрено аварийное и эвакуационное освещение. Освещенность помещения обеспечивает оптимальное зрительное восприятие объекта различения. Освещение обеспечивает равномерное распределение яркости на рабочей поверхности и окружающего пространства. Освещенность поверхности постоянна, без пульсаций. Освещение должно обеспечиваться коэффициентом естественного освещения не ниже 1,0 %. Естественное и искусственное освещение в 94 помещениях регламентируется нормами СанПиН 2.2.1/2.1.1.2585-10 в зависимости от характера зрительной работы. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. Освещение не должно давать блики, яркость светящихся поверхностей не должна быть более 200 кд/м². Для поддержания нормируемых значений освещенности необходимо своевременно проводить чистку стекол и светильников, замену перегоревших ламп [24].

7.4 Анализ опасных факторов

7.4.1 Сосуды и аппараты под высоким давлением

Особенность эксплуатации компрессорных станций – высокое давление перекачиваемой среды (природного газа). Рабочее давление газа составляет 9,8 МПа, а оборудование компрессорной станции способно выдержать давление до 12 МПа. Для защиты сосудов следует применять клапаны и их вспомогательные устройства, соответствующие требованиям ГОСТ 12.2.063.

Основная опасность для этих объектов заключается в вероятности частичного или полного разрушения под действием давления рабочей среды,

					Социальная ответственность	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		83

что приводит к физическому взрыву. Энергия, накопленная в сжатой среде, превращается в кинетическую энергию осколков разрушенной трубы или емкости и создает воздушную ударную волну. Осколки, разлетаясь в разные стороны, могут нанести ущерб другому оборудованию, вызвать пожар, взрыв, а также привести к ранению или гибели работников. Во избежания авария на оборудовании регулярно проводятся проверки и техническое обслуживание.

7.4.2 Взрывоопасность и пожароопасность

Согласно СП 12.13130.2009 компрессорная станция относится к помещениям категории А «повышенная взрывопожароопасность». К опасным факторам пожара, воздействующим на персонал, относятся: пламя и искры, тепловой поток, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода, снижение видимости в дыму.

На компрессорных станциях взрывы и пожары могут происходить по нескольким причинам:

1. Нарушение правил техники безопасности, таких как несоблюдение процедур обслуживания и эксплуатации, установки и проверки приборов безопасности и так далее.
2. Системные сбои, которые приводят к отказу оборудования, перегрузке, перегреву и прочим неисправностям.
3. Нарушение технических параметров оборудования, таких как чрезмерное давление в газопроводах, перегрузка компрессоров, использование неизолированных проводов и трубопроводов.
4. Нарушение требований безопасности при проведении работ на объекте, таких как сварка, резка, прокладка труб и другое.
5. Воздействие сторонних факторов, таких как погодные условия, землетрясения, грозы и так далее.

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		84

При возникновении пожара в компрессорном цехе персонал КС обязан вызвать пожарную команду и одновременно приступить к его тушению собственными силами с использованием огнетушителей, углекислотных установок, систем пенного пожаротушения и др. Одновременно необходимо перекрыть доступ газа или масла к месту пожара, остановить работающий агрегат, отключить подачу электроэнергии на агрегат, включить систему пожаротушения. При этом необходимо обращать внимание на то, чтобы огонь не распространялся в помещении нагнетателей и на крышу здания.

Для предотвращения и борьбы со случаями самовозгорания и горения природного газа на компрессорной станции используются системы контроля загазованности и системы пенного пожаротушения, которые включают резервуар с водой, насосную станцию и сеть пенных трубопроводов. Также на территории компрессорной станции обязательно должны находиться огнетушители.

7.4.3 Производственные факторы, связанные с электрическим током

В рабочей зоне к источникам электрической энергии относятся розетки, а также подключенные к ним электрические приборы номинальным напряжением 220 В, соответственным заземлением с сопротивлением 4 Ом.

Рабочее помещение относится к помещениям повышенной опасности поражения электрическим током, присутствует один из следующих факторов: повышенная влажность (60 %); вентиляция и отопление, покрытие пола не из диэлектрического материала, температура воздуха до 30 °С, выделение технологической пыли, в воздухе находятся химически активные вещества.

Согласно Приказу Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 декабря 2020 года № 903н об утверждении «Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» машинисты ТК должны иметь группу по электробезопасности не ниже II.

Принимаются следующие меры защиты от воздействия электрического тока:

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		85

- проверка состояния изоляции проводов и заземления электроустановок;
- использование предупредительных плакатов и знаков;
- установка молниеотводов;
- использованием средств индивидуальной защиты;
- проведение инструктажей и обучения по безопасным работам с электроприборами

7.5 Экологическая безопасность

Согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2020 года № 2398 КС относится к объектам II категории, поскольку осуществляется транспортировка природного газа.

7.5.1 Защита селитебной зоны

Вокруг территории компрессорной станции устанавливается санитарно-защитная зона шириной 100 метров, согласно СП 36.13330.2012 «Магистральные трубопроводы» для обеспечения безопасности и защиты населения. Для поддержания соответствующих требований:

- 1) территория КС располагается максимально удалённо от жилых зон, но с учётом рационального удаления;
- 2) станция огораживается по периметру и устанавливаются предупреждающие, запрещающие и информационные знаки;
- 3) на объекте применяется видеонаблюдение и охранная сигнализация.

7.5.2 Защита атмосферы

Основным источником загрязняющих атмосферу веществ при работе компрессорной станции являются ГПА. Поступление загрязняющих веществ в атмосферу происходит при пуске, в период эксплуатации и при остановке ГПА.

Помимо этого, проводятся плановые выбросы вредных веществ при стравливании газа из системы и технологического оборудования станции при проведении ТО и Р.

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		86

Таким образом, в атмосферу могут попасть такие вещества как: лёгкие углеводороды (метан, этан, пропан, бутан), относящиеся к четвёртому классу опасности, пары одоранта (соединения серы) (этилмеркаптан, метилмеркаптан), относящиеся ко второму классу опасности, согласно ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей среды». Для снижения выбросов в атмосферу необходимо регулярно проводить проверку и обслуживание оборудования, соблюдать технологический регламент [28].

7.5.3 Защита гидросферы

Основными веществами, способствующими загрязнению водоемов, являются:

нефтепродукты; метанол; диэтиленгликоль (ДЭГ); тяжелые металлы; хозяйственно-бытовые отходы.

Высокое содержание в сточной воде нефтепродуктов связано с наличием на компрессорной станции большого парка автотранспорта. Нефтепродукты оказывают вредное воздействие на многие живые организмы. Тяжелые металлы, попадающие в водоемы (ртуть, свинец, цинк, медь, кадмий), оказывают токсическое действие на живые организмы.

7.5.5 Защита литосферы

Можно выделить несколько основных направлений воздействия КС на литосферу. В первую очередь, это загрязнение почвы различными нефтепродуктами, такими как топливо, смазочные материалы, продукты очистки газа и другие. Кроме того, промышленные и бытовые отходы газотранспортного предприятия также загрязняют окружающую среду. Загрязнение почвы углеводородными смесями может быть связано с проведением различных работ, таких как очистка и осушка газа, очистка полости газопровода в ходе ремонта, удаление продуктов очистки газа из пылеуловителей и фильтров-сепараторов.

Тяжелые металлы могут поступать в окружающую среду из различных источников, таких как котельные, участки сварки и резки металла, аккумуляторные

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		87

отделения, автотранспортные средства, а также места складирования и хранения отходов.

7.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

На компрессорных станциях могут возникать различные чрезвычайные ситуации, которые могут привести к авариям или несчастным случаям. Основные причины возникновения таких ситуаций могут включать в себя:

1. Нарушение технологического процесса: это может быть вызвано неправильной настройкой оборудования, неправильным обслуживанием или неправильной эксплуатацией оборудования

2. Нарушение правил безопасности: это может включать в себя неправильное хранение и использование опасных веществ, неправильное обращение с оборудованием, неправильное использование инструментов и т.д.

3. Природные катастрофы: это может включать в себя землетрясения, наводнения, ураганы и другие природные явления.

4. Технические сбои: это может быть вызвано неисправностью оборудования, неправильным подключением или неправильной настройкой.

5. Человеческий фактор: это может включать в себя ошибки операторов, нарушение правил безопасности, неправильное обслуживание оборудования и т.д.

Для предотвращения чрезвычайных ситуаций на компрессорных станциях необходимо соблюдать правила безопасности, проводить регулярное обслуживание и проверку оборудования, а также обучать персонал правильной эксплуатации оборудования. Наиболее типичной аварией на компрессорной станции является разгерметизация обвязочных газопроводов компрессорного цеха. Большинство аварий, связанных с разгерметизацией трубопроводов на КС, происходит в результате повышенной вибрации.

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

Вывод по разделу

В данном разделе были рассмотрены вопросы правового регулирования в сфере производственной и экологической безопасности, выявлены вредные и опасные производственные факторы, с которыми могут столкнуться работники компрессорной станции, при организации работ вакуумно-азотной осушки, а также при эксплуатации оборудования и технологических трубопроводов. Также приведены способы защиты работников от воздействия различных факторов. Были затронуты вопросы экологической безопасности предприятия и мер безопасности при ЧС.

Таким образом, основной задачей социальной ответственности служит снижение негативного воздействия вредных и опасных производственных факторов на человека, обеспечение охраны труда и защиты экологии. Соблюдение всех норм, технологических регламентов, правил охраны труда, позволяют обеспечить безопасную и надежную работу.

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		89

Заключение

В выпускной квалификационной работе были изучены устройство и назначение компрессорной станции, особенности ее эксплуатации, состав и назначение основного и вспомогательного оборудования, а также принцип действия газоперекачивающего агрегата ГПА-16У на примере КС-4 «Нимнырская» МГ «Сила Сибири».

На основании рабочих инструкций, нормативной документации, методических пособий были изучены особенности проведения гидроиспытания, а также рассмотрен метод вакуумно-азотной осушки линейной части газопровода и технологических трубопроводов компрессорной станции.

Были рассчитаны технические параметры процесса осушки методом ВАК технологических трубопроводов газоперекачивающего агрегата:

- временные интервалы этапов вакуумирования;
- количество влаги в трубопроводах;
- общее время осушки.

Согласно приведенным расчетам общее время на удаление остаточной влаги методом ВАК составит 87 часов основных работ и 24 часовая выдержка.

Подобрано оборудование для каждого этапа вакуумирования, в качестве первой и третьей ступени предложено использовать вакуумный насос Pneumofore UV 16, в качестве второй Pneumofore UV 50, производительностью 971 м³/час и 2700 м³/час соответственно.

Также в ходе ВКР был рассчитан бюджет НТИ и рассмотрены вопросы социальной и экологической безопасности.

Итогом всей проделанной работы являются рекомендации по повышению эффективности процесса вакуумно-азотной осушки технологических трубопроводов обвязки газоперекачивающего агрегата ГПА-16У.

					<i>Организация работ по проведению вакуумно-азотной осушки после гидроиспытаний технологических трубопроводов газоперекачивающего агрегата компрессорной станции</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Волков А.В.</i>			Заклучение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Брусник О.В.</i>					90	96
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Чухарева Н.В.</i>				Отделение нефтегазового дела Группа 2Б91		

7. СТО Газпром 2-3.5-1048-2016. Осушка полости магистральных газопроводов в различных природно-климатических условиях: дата введения 25.06.2016. – URL:http://webirbis.spsl.nsc.ru/irbis64r_01/cgi/cgiirbis_64.exe?C21COM=S&I21DBN=NTD&P21DBN=NTD&S21FMT=fullweb&S21ALL=%3C%3ЕК%3Dгазопроводы%20магистральные%3C.%3E&Z21ID=&S21SRW=AVHEAD&S21SRD=&S21STN=1&S21REF=10&S21CNR=20(дата обращения: 08.12.2022). – Текст: электронный.
8. Восточная газовая программа // gazprom.ru URL: <https://www.gazprom.ru/projects/east-program/> (дата обращения: 7.12.2022).
9. Способ диагностирования режимов вакуумной осушки трубопроводов// elibrary URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43814451> (дата обращения: 15.12.2022).
10. Совершенствование технологий и оборудования для осушки магистральных газопроводов после испытаний // elibrary URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13078762> (дата обращения: 25.12.2022).
11. Компрессорная станция КС-4 // Gazprom.ru URL: <https://new.gsprom.ru/media/news/korporativnye-novosti/v-obektive-ks-4-nimnyrskaya-mg-sila-sibiri/>(дата обращения: 5.01.2023).
12. Кудрявцев, Д. А. Методы совершенствования технологии вакуумной осушки газопроводов: специальность 25.00.19 "Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кудрявцев Дмитрий Алексеевич. – Москва, 2013. – 129 с. – EDN SUZVPP.
13. Климат и времена года в Якутии // сезоны-года.рф URL: <https://сезоны-года.рф/климат%20Якутии.html>(дата обращения: 15.02.2023).
14. Испытания, осушка полости и заполнение природный газом газопровода// elib.gubkin.ru URL: <https://elib.gubkin.ru/content/22549> (дата обращения: 10.03.2023).

					Список используемых источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

15. Испытания, осушка газопроводов // elib.gubkin.ru URL: <https://elib.gubkin.ru/content/23133> (дата обращения: 10.04.2023).
16. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ по эксплуатации компрессорной станции КС-4 «Нимнырская» магистрального газопровода «Сила Сибири»: Технологический регламент: [Утвержден главным инженером 2022 г.]. - Томск, 2022. - 63 с.
17. Сила Сибири // gazprom.ru URL: <https://www.gazprom.ru/projects/power-of-siberia/> (дата обращения: 10.02.2023).
18. Руководство по эксплуатации «Агрегат газоперекачивающий ГПА-16У-П/120-2,0-04».
19. О повышении технологического уровня работ по испытаниям на прочность, осушке полости и вводу в действие газопроводов / Б. Л. Житомирский, Д. Ю. Маясов, В. Г. Дубинский, А. С. Лопатин // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2016. – № 4. – С. 30-32. – EDN YRҮHJN.
20. ГСП-ГИ-МГСС-КС-2 СПЕЦИАЛЬНАЯ РАБОЧАЯ ИНСТРУКЦИЯ по проведению гидравлических испытаний технологических трубопроводов компрессорной станции КС-2 "Олекминская" объекта: "Магистральный газопровод "Сила Сибири" Этап 5.1.
21. ГОСТ 12.1.003-2014 «Шум. Общие технические требования».
22. СП 51.13330.2011 «Защита от шума».
23. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*.
24. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». 44.ГОСТ Р 55710-2013 «Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений».
25. ГОСТ 12.1.012-2004 «Вибрационная безопасность. Общие требования». 46.ГОСТ 12.4.011.-89 «Средства защиты рабочих. Общие требования и классификация».

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

26. Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда». 48. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15 декабря 2020 года № 536 об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением».
27. ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования».
28. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
29. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15 декабря 2020 года № 531 об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности сетей газораспределения и газопотребления».
30. ГОСТ 12.4.124-83 «Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования».
31. ГОСТ 12.1.019-2017 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».
32. ГОСТ 31610.20-1-2020 (ISO/IEC 80079-20-1:2017) «Взрывоопасные среды. Часть 20-1. Характеристики веществ для классификации газа и пара. Методы испытаний и данные».
33. Федеральный закон "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21.07.1997 N 116-ФЗ (последняя редакция)// consultant URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/ (дата обращения: 10.04.2023).
34. Теория и практика осушки полости газопроводов после испытаний: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки магистров 131000 «Нефтегазовое

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

дело» / В. Г. Дубинский, В. М. Пономарев, А. А. Филатов [и др.]; Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) им. И.М. Губкина. – Москва: ООО "МАКС Пресс", 2012. – 416 с. – ISBN 978-5-317-04191-5. – EDN WDBZUD.

					<i>Список используемых источников</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		95

Приложение А