

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

Институт природных ресурсов
Направление: 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
Профиль подготовки: «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»
Кафедра теоретической и прикладной механики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Анализ проблемы быстрого износа уплотнений торцевых крышек на второй ступени компрессора корпорации Ariel

УДК 621.51-75-044.952

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е31	Костиков Алексей Валерьевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой ТПМ	Пашков Е.Н.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антонова И.С.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Невский Е.В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТПМ	Пашков Е.Н	к.т.н.		

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

Институт природных ресурсов

Направление подготовки: 15.03.02 Технологические машины и оборудование, профиль:

Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов

Уровень образования: бакалавриат

Кафедра теоретической и прикладной механики

Период выполнения: (весенний семестр 2016/2017 учебного года)

Форма представления работы:

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2017
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
1.05.2017	<i>Теоретическая часть работы</i>	50
15.05.2017	<i>Выполнение расчетной части работы</i>	40
25.05.2017	<i>Устранение недочетов в работе</i>	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой ТПМ	Пашков Е.Н.	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТПМ	Пашков Е.Н.	К.Т.Н.		

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Общекультурные компетенции		
Р1	Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук для обеспечения полноценной инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-1; ОК- 9; ОК-10)1, Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий	Требования ФГОС (ОК-7; ОК- 11; ОК -13; ОК-14, ОК-15), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.2, п. 5.2.8 , п. 5.2.10), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.	Требования ФГОС (ОК -5; ОК -6; ОК -8), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.16), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, уметь проявлять личную ответственность	Требования ФГОС (ОК-4; ПК- 9; ПК-10), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.11), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на нефтегазовых производствах	Требования ФГОС (ОК-2; ОК- 3; ОК-5; ПК-5), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.12; п. 5.2.14, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях машиностроительного, нефтегазового комплекса и в отраслевых научных организациях	Требования ФГОС (ОК-14; ОК-15; ОК-16), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.13), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Профессиональные компетенции		
Р7	Умение использовать методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в нефтегазовой отрасли, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной продукции	Требования ФГОС (ПК-7; ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1; п. 5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р8	Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий, их узлов, деталей и конструкций	Требования ФГОС (ПК-1; ПК- 3; ПК-26) , Критерий 5 АИОР (п. 5.2.5; п. 5.2.7; п. 5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р9	Способность осваивать вводимое новое оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования, в случае необходимости обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия	Требования ФГОС (ПК-2; ПК- 4; ПК-16), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.7, п. 5.2.8), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р10	Умение проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов, применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий	Требования ФГОС (ПК-18), Критерий 5 АИОР (п.5.2.4, п. 5.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р11	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий нефтегазового производства	Требования ФГОС (ПК-6; ПК- 12; ПК-14; ПК-15; ПК-24), Критерий 5 АИОР (п.5.2.3; п. 5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р12	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования.	Требования ФГОС (ПК-21; ПК- 22; ПК-23), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1; п. 5.2.9), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

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

Институт природных ресурсов

Направление: 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Профиль подготовки: «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»

Кафедра теоретической и прикладной механики

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
4Е31	Костиков Алексей Валерьевич

Тема работы:

Анализ проблемы быстрого износа уплотнений торцевых крышек на второй ступени компрессора корпорации Ariel	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	07.03.2017, №2305/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2017
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования – уплотнения торцевых крышек на поршневых компрессорах корпорации Ariel. Казанское НГКМ; режим работы компрессорной установки.
---------------------------------	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений науки и техники в рассматриваемой области. 2. Анализ причин быстрого износа уплотнений, а также анализ эксперимента по подбору режима для отделения жидкости в сепараторе. 3. Финансовый менеджмент. 4. Социальная ответственность. 5. Выводы по работе.
---	---

Перечень графического материала	
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Антонова И.С., доцент, к.э.н.
Социальная ответственность	Невский Е.В., ассистент

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

...

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	6.02.2017
---	-----------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой ТПМ	Пашков Е.Н.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е31	Костиков Алексей Валерьевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 85 с., 8 рисунков, 27 таблиц, 19 источников.

Ключевые слова: газоперекачивающий агрегат, газокompрессорная станция, компрессорная станция, компрессорная установка, уплотнения, поршневой компрессор.

Объект исследования: уплотнения торцевых крышек на поршневых компрессорах корпорации Ariel.

Цель работы: проанализировать проблему быстрого износа уплотнений торцевых крышек на второй ступени компрессора корпорации Ariel.

В дипломной работе рассмотрена компрессорная установка с поршневым компрессор корпорации Ariel, а также уплотнения, использующиеся на торцевых крышках цилиндров. Также был проанализирован эксперимент, по подбору режима для отделения жидкости в сепараторе.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

«Нормативные ссылки»

ГОСТ 12.0.004-90 «Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения».

ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности».

ГОСТ 12.1.018-9 «Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования».

ГОСТ 12.1.029-80 «Средства и методы защиты от шума. Классификация».

ГОСТ 12.2.062-81 «Оборудование производственное. Ограждения защитные».

ГОСТ 26568-85 «Вибрация. Методы и средства защиты. Классификация».

ПБ 1-368-00 «Правила безопасности в газовом хозяйстве».

СанПиНом 2.1.7.722-98 «Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов».

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов».

«Обозначения и сокращения»

ГПА – газоперекачивающий агрегат

КС – компрессорная станция

ПГПА – поршневой газоперекачивающий агрегат

ГМК – газомотокомпрессор

ПК – поршневой компрессор

ГТ – газотурбинный привод

ГКС – газоконпрессорная станция

ГТУ – газотурбинная установка

АВО – аппарат воздушного охлаждения

НГКМ – нефтегазоконденсатное месторождение

Оглавление

Введение.....	10
1. Обзор литературы.....	12
2. Объект и границы исследования.....	16
2.1 Основное оборудование компрессорных станций.....	18
2.2 Компрессорная станция с поршневым ГПА.....	18
2.3 Компрессорная установка Казанского НГКМ.....	21
3. Расчеты и аналитика.....	34
3.1 Тепловой расчет поршневого компрессора.....	34
3.2 Расчет газового сепаратора.....	42
4. Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение...44	
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований.....	46
4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	54
4.3 Определение ресурсоэффективности проекта	68
5. Социальная ответственность.....	70
5.1 Описание рабочего места на предмет возникновения опасных и вредных факторов, а также негативного воздействия на окружающую среду.74	
5.2 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды.....	76
5.3 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды.....	77
5.4 Охрана окружающей среды.....	78
5.5 Защита в чрезвычайных ситуациях.....	80
5.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ..81	
Заключение.....	83
Список использованных источников.....	84

Введение

Газовая промышленность относится к наиболее развивающимся отраслям. С каждым годом доля природного газа в топливном энергетическом балансе страны увеличивается. Природный газ направляется как в различные отрасли промышленности, так и на бытовые нужды. Кроме того, с каждым годом растёт его доля в экспорте.

В настоящее время около 23% мировой добычи газа осуществляется ОАО «Газпром» РФ. В 2016 году добыча газа в России составила 640 млрд. кубических метров, из которых около 94% приходится на долю Газпрома. Поддержание и дальнейшее развитие инфраструктуры газовой промышленности требуют большого количества газоперекачивающих агрегатов (ГПА). По плану в ближайшие 5 лет необходимо реконструировать 114 компрессорных станций (КС) общей мощностью около 15 млн кВт. В период до 2016 года намечено строительство примерно 240 новых КС.

Переход экономики на рыночные условия обусловил необходимость пересмотреть доминировавшее в советское время пренебрежительное отношение к поршневым газоперекачивающим агрегатам (ПГПА). Этому способствовало так же бурное развитие за рубежом (США и др.) нового поколения ПГПА – комбинированных ГПА вместо газомотокомпрессоров (ГМК). Специфика развития российской экономики делает актуальным широкое внедрение в РФ достаточно редкой разновидности ПГПА – поршневых компрессоров (ПК) с газотурбинным приводом (ГТ).

В России сейчас активно растёт количество газомотокомпрессорных станций (ГКС) с применением поршневых компрессоров. Поршневые компрессоры имеют ряд преимуществ таких как: эффективность работы, простота конструкции и эксплуатации, работа в сложных условиях и др.

Лидером среди поршневых компрессоров является «Ariel corporation». Компания занимается производством оппозитных поршневых компрессоров с мощностью от 35 кВт до 8000 кВт, с давлением всасывания и нагнетания до 690 Бар. В отличии от отечественных и многих западных производителей,

имеющих фиксированную номенклатуру серийной продукции, компрессоры Ariel производят из серийно производимых компонентов под любые заданные условия.

В современных условиях и развитии газовой промышленности требования к технологическому оборудованию с каждым годом увеличивается. Компании стараются закупать и устанавливать современное надежное оборудование в тех случаях где оно экономически целесообразно, с целью ликвидации простоев оборудования и затрат, связанных с обслуживанием данного оборудования.

В значительной степени правильность выбора оборудования позволит в недалеком будущем получить большую прибыль при прочих равных.

1. Обзор литературы

Торцовые уплотнения вращающихся валов являются наиболее распространенными. Это объясняется их преимуществами по сравнению с уплотнениями других видов: герметичностью, износостойкостью, универсальностью. Торцовые уплотнения применяют практически во всех областях техники, где требуется герметизация валов машин и механизмов для предотвращения утечки жидкостей или газов из их рабочего объема. [1]

На торцевых крышках цилиндров, применяются только металлические уплотнения, чаще всего из меди, алюминия или мягкого железа. Уплотняющее действие прокладок обусловлено их деформацией (обычно пластической деформацией), в результате которой уплотняющий материал заполняет свободное пространство между соединяемыми поверхностями. Металлические уплотнения применяются там, где другие материалы неприемлемы. Они представлены широким диапазоном размеров, имеют безграничный срок хранения, долго сохраняют свои уплотняющие характеристики и не имеют пористости. Они могут выдерживать температуру от $-423\text{ }^{\circ}\text{F}$ до $+2200\text{ }^{\circ}\text{F}$ (от -252 до $+1204\text{ }^{\circ}\text{C}$) как в глубоком вакууме, так и при высоком давлении. [2]

Торцовые уплотнения применяются в различных отраслях промышленности и быту:

- в транспортной технике повсеместно используются в автомобилях и тепловозах, в судовых двигателях и экскаваторах;
- в бытовой технике – в стиральных машинах и моечно-сушильных агрегатах, топливных и циркуляционных насосах систем теплоснабжения;
- в энергетике – в конденсатных и питательных насосах котельных агрегатов и паровых турбинах, в насосах транспорта сжиженных газов, в компрессорах, холодильных установках и вакуумных насосах;
- в химической и нефтегазовой промышленности – для герметизации валов перемешивающих устройств, испарителей и смесителей, реакторов,

каландров, насосов транспорта нефти и асфальта, вентиляторов, центрифуг, компрессоров;

- в авиационной и космической технике – в самолетах и ракетных двигателях для герметизации валов газовых турбин, турбокомпрессоров, турбонасосов подачи компонентов топлива, в том числе жидкого кислорода и водорода.

Развитие техники торцевых уплотнений за последние десятилетия мало отразилось на содержании используемых в практике классификаций, связанных с конструкциями торцевых уплотнений.

Торцевые уплотнения классифицируют на основе трех групп признаков:

1. внутривидовых конструктивных признаков общего характера;
2. конструктивных признаков, связанных с эксплуатационными условиями;
3. конструктивных признаков, связанных с фазовым состоянием уплотняемой среды. [3]

Герметичность разъемного соединения обеспечивается уплотнительным элементом, размещенным между уплотняемыми деталями соединения: фланцами – в неподвижных соединениях, штоком (шпинделем) или валом и корпусом – в подвижных контактных соединениях. Материал уплотнительного элемента – прокладки для неподвижного соединения или сальника для контактного подвижного – должен обладать определенными физико-механическими и физико-химическими свойствами, обеспечивающими нормальную работу узла уплотнения. Общие требования к уплотнительному материалу и для неподвижных, и для подвижных соединений: материал должен быть достаточно пластичным, чтобы при сборке соединения в процессе предварительного его нагружения он заполнял микро- и макрозазоры, обусловленные шероховатостью уплотняемых поверхностей и неточностью их выполнения и сборки. Но материал должен также обладать определенной упругостью формы, чтобы сохранять в рабочих условиях силовой контакт с уплотняемыми деталями соединения. Материал

уплотнительного элемента должен быть устойчив против агрессивного воздействия уплотняемой среды. Желательно, чтобы материалы уплотняемых деталей и уплотнительного элемента имели близкие значения коэффициента температурного расширения.

Материал для уплотнения подвижных соединений должен иметь низкий коэффициент трения в зоне сопряжения его с подвижной уплотняемой деталью, а также повышенную износостойкость. Для неподвижного соединения увеличение силы трения между прокладкой и поверхностью фланцев в ряде случаев повышает его надежность.

В предлагаемой работе ставилась цель раскрытия механизма герметизации разъёмных герметичных соединений и оценки факторов, влияющих на величину протечки уплотняемой среды. Рассматриваются неподвижные разъёмные соединения и уплотнения подвижных соединений сальниками с мягкой набивкой. [4]

В книге [5] рассматриваются уплотнительные устройства для устранения утечек жидкости и сжатого газа, находящихся под давлением в гидравлических и пневматических агрегатах, применяемых в общем и химическом машиностроении. Излагаются основы конструирования и расчета уплотнений штоков, поршней и валов, а также неподвижных соединений. Уплотнения изучаются с точки зрения надежности герметизации отдельных соединений, долговечности, определения потерь энергии и нагрева гидравлического агрегата при работе. В издании расширены сведения о применении уплотнений, в частности рассматриваются такие уплотнения, как малогабаритные фторопластовые сальники, щелевые торцовые уплотнения. Расширен материал по теории уплотнений, рассмотрены методы расчета утечек в уплотнениях на основе контактно-гидродинамической теории смазки, вопросы теории трения применительно к уплотнительным устройствам, методы определения долговечности уплотнений, расчеты динамики щелевых и других гидродинамических уплотнений. [5]

Книга “Торцевые уплотнения” является одним из лучших руководств по механическим торцевым уплотнениям. В ней подробно рассмотрены различные конструкции торцевых уплотнений, факторы, влияющие на герметичность, вопросы повышения надежности уплотнений, применения прогрессивных материалов, а также описаны современные методы исследования и испытания уплотнений. [6]

В справочнике “Уплотнения и уплотнительная техника” изложены основы проектирования и расчета уплотнений различных типов, рассмотрены конструкции уплотнений массового применения, даны рекомендации по выбору материалов для их изготовления. [7]

В сборнике статей [8] представлен обширный материал по уплотнениям, применяемым в машиностроении зарубежными фирмами. В статьях сборника описаны почти все основные типы подвижных и неподвижных уплотнений, указаны области использования их и даны соответствующие расчетные формулы. [8]

2. Объект и границы исследования

Газокомпрессорная станция - комплекс оборудования и сооружений, предназначенных для сжатия попутного нефтяного газа, который поступает от установки подготовки нефти, для дальнейшего его транспортирования по межпромысловому газопроводу на установку комплексной подготовки газа и конденсата.

Компрессорные станции на магистральных газопроводах сооружают с целью достижения проектной или плановой производительности повышением давления транспортируемого газа, при этом осуществляют следующие основные технологические процессы: очистку газа от жидких и твердых примесей; компримирование газа; охлаждение газа.

На компрессорных станциях газопроводов транспортируемый газ компримируют до давления, обеспечивающего его подачу от источников газа до газораспределительных станций потребителей. На компрессорных станциях существует три основных контролируемых параметра – количество газа, транспортированного в магистральный трубопровод, его давление на входе и выходе, а также температура.

По технологическому принципу КС делят на головные компрессорные станции (ГКС), размещаемые обычно в непосредственной близости от месторождений газа, и на промежуточные, располагаемые по трассе газопровода, в соответствии с его гидравлическим расчетом, на площадках, выбранных в процессе изысканий.

На ГКС газ не только компримируют, но и подготавливают для транспорта. Для обеспечения требований, предъявляемых к транспортируемому газу, на головных станциях газопровода производят сепарацию, осушку, очистку, удаление сероводорода и углекислоты, охлаждение и замер количества газа. На промежуточных КС обязательно производится очистка газа от механических примесей и, при необходимости, охлаждение газа.

Технические решения, которые обеспечивают ГКС:

- непрерывность процесса компримирования, подготовки и транспорта газа;
- возможность работы в условиях изменения количества поступающего газа;
- обеспечение чистым маслом компрессорные установки;
- слив отработанного масла с компрессорных установок;
- применение дистанционно и автоматически управляемой арматуры с пневмоприводами, работающими на воздухе;
- применение высокопроизводительного оборудования, автоматизированных систем управления технологическими процессами;
- безопасность производства;
- сравнительно низкую экологическую опасность производства;
- оптимизацию режимов работы оборудования;
- рациональное расходование топливно-энергетических ресурсов и материалов.

В состав основных технологических сооружений ГКС входят следующие сооружения и системы:

- узел подключения;
- установки компрессорные;
- площадка фильтр-сепараторов;
- блок замера;
- установка подготовки топливного газа;
- площадка емкостей, в составе: разделитель жидкости и буферная емкость;
- площадка факельного сепаратора, в составе: сепаратор факельный и дренажная ёмкость факельной системы;
- станция воздушно-азотная;
- емкость для слива масла.

2.1 Основное оборудование компрессорных станций

Основным оборудованием на КС являются ГПА, которые могут быть поршневого или центробежного типа. Приводом поршневых компрессоров являются газовые двигатели, выполненные, как правило, в одном блоке с компрессором. Такой агрегат получил название газомотокомпрессора. Центробежные машины для перекачки газа – нагнетатели – могут иметь привод от газотурбинных установок (ГТУ) или от электродвигателей. [17]

При малых подачах газа (до 5000 млн. м³/год) в свое время наиболее широкое применение нашли компрессоры поршневого типа, мощность которых достигала 7500 кВт. При больших подачах газа используют центробежные нагнетатели с приводом от электродвигателя или ГТУ, мощность которых достигает 12500 и 25000 кВт соответственно.

При выборе типа ГПА учитывают их технико-экономические показатели в зависимости от типа нагнетателей и характеристики привода. Многочисленные исследования эффективности применения различных видов привода центробежных нагнетателей показали наибольшую экономичность газотурбинного привода. Однако в некоторых случаях, например, при небольших расстояниях между КС и источником электроэнергии (30-50 км), электропривод является конкурентоспособным. Так, достаточно большое количество КС в Европейской части России оборудовано электроприводом. Однако большинство КС в России (и практически на всей территории бывшего Советского Союза), с учетом их удаленности от линий электропередач, оборудуют ГПА, состоящим из центробежных нагнетателей с приводом ГТУ.

2.2 Компрессорная станция с поршневым ГПА

При проектировании КС с поршневыми компрессорами в первую очередь определяют тип и количество агрегатов, необходимых для транспорта заданного объёма газа. При выборе типа машин предпочтение отдают агрегатам, количество которых составляет 6-10, что обеспечивает

достаточную гибкость работы КС при изменениях режима подачи газа и не влечет за собой усложнение компрессорного цеха.

Поршневой газоперекачивающий агрегат представляет собой агрегат, состоящий из газового двигателя и поршневого компрессора, соединенных общим коленчатым валом или муфтой.

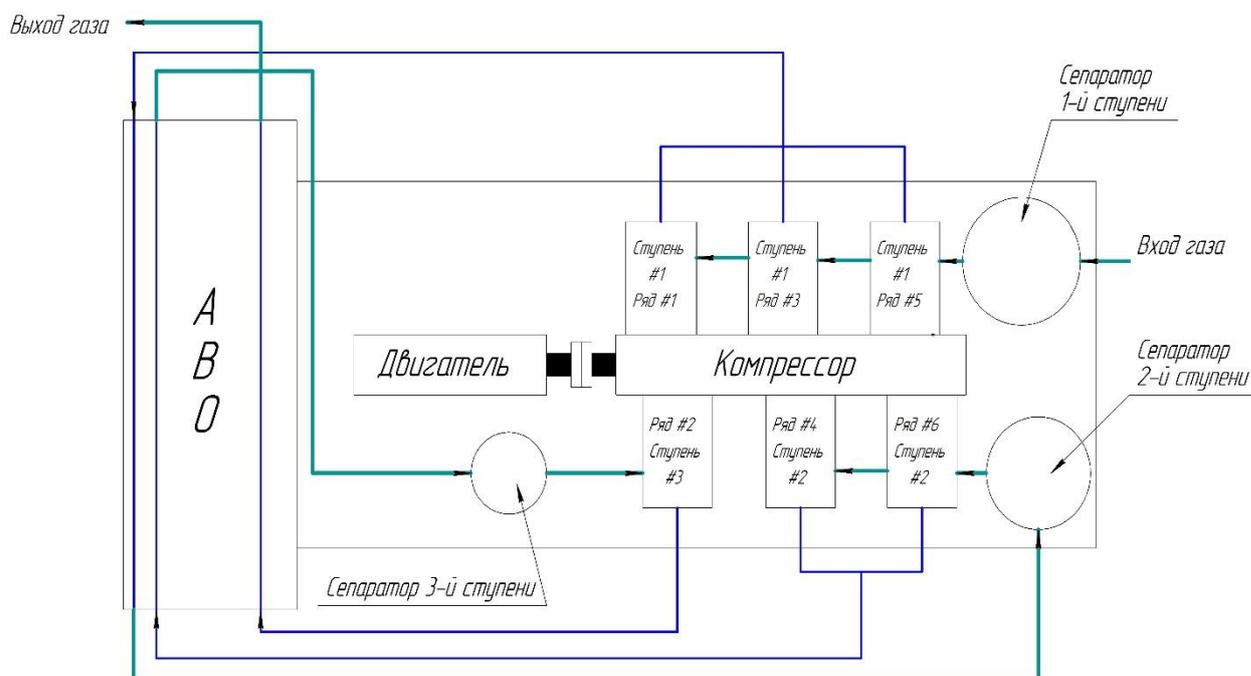


Рисунок 2.1 – Устройство компрессорной установки с поршневым ГПА

Современные ПГПА имеют ряд особенностей, обеспечивающих целесообразное их использование в различных областях газовой, нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности. В указанных агрегатах степень повышения давления можно изменять от 1,15 до 3,0 и более при 100%-ной загрузки привода и практически неизменном КПД. Эта особенность ПГПА делает их весьма эффективными не только при наиболее экономичных для современных магистральных газопроводов степенях повышения давления 1,35 – 1,5, но и на КС, работающих при изменении степени повышения давления в более широких пределах, - дожимных и головных КС, узлов КС перед газопроводами – отводами с большой неравномерностью газопотребления и др. Кроме того, при использовании этих агрегатов обеспечивается возможность в широких пределах изменить шаг между КС на магистральных газопроводах. [9]

Эксплуатация ПГПА характеризуется высокой эффективностью: адиабатический КПД современных поршневых компрессоров ПГПА составляет 86 – 88 %. Приводной двигатель ПГПА имеет высокий КПД значительно превышающий КПД остальных применяемых на газопроводах агрегатов. КПД современных газовых поршневых двигателей при работе на номинальном режиме составляет 0,37 – 0,38 и в отдельных моделях достигает до 0,40 – 0,42. ПГПА позволяют обеспечить значительную экономию топливного газа при их использовании на КС вместо других типов ГПА. Газовые двигатели современных ПГПА при низких температурах окружающего воздуха могут неограниченное время развивать мощность, превышающую на 20 – 25 % значения, соответствующие летнему периоду с высокими температурами наружного воздуха; компрессорная часть агрегатов позволяет без каких - либо переделок реализовать это повышение мощности и увеличить производительность агрегатов.

Как и все поршневые компрессоры, ПГПА обеспечивает степень повышения давления в одной ступени до 3 и более, что позволяет достигать требуемого повышения давления с минимальным числом ступеней сжатия. Соответственно упрощается технологическая обвязка ГПА, системы управления и регулирования и др.

На большинстве объектов газовой промышленности необходимое повышение давления при использовании ПГПА может быть обеспечено сжатием газа в одной ступени. На КС газопроводов ПГПА работают параллельно, что позволяет наращивать мощность КС в соответствии с необходимым увеличением пропускной способности газопровода и повышает надёжность работы. Так же ПГПА может работать при последовательной схеме. [9]

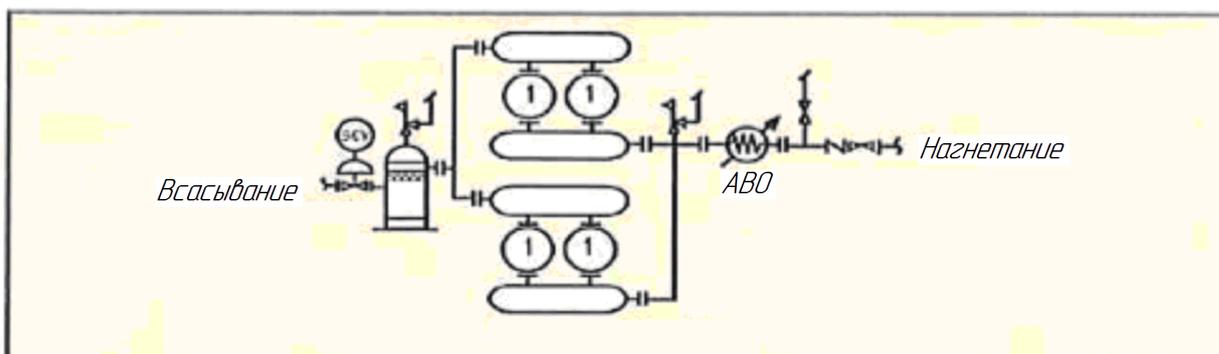


Рисунок 2.2 – Схема параллельного соединения (одна ступень)

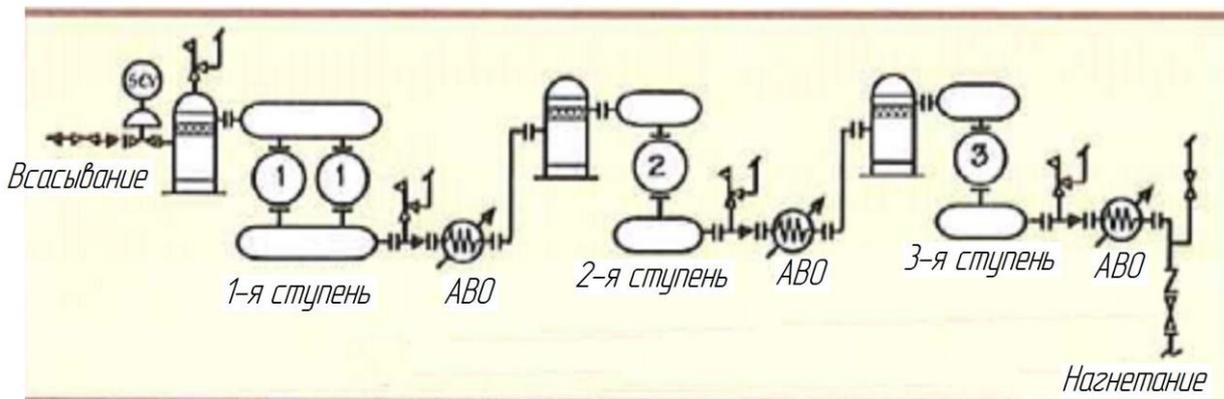


Рисунок 2.3 – Схема последовательного соединения (3 ступени)

2.3 Компрессорная установка Казанского НГКМ

Подключение компрессорной установки к технологическим коммуникациям выполнено во внутриплощадочных сетях.

На ГКС установлены компрессорные установки с поршневыми компрессорами Ariel JGZ-6/3 с газопоршневыми двигателями Caterpillar G3616. КУ представлена на рисунке 2.4.



Рисунок 2.4 – Состав компрессорной установки

Технологические показатели компрессорной установки:

1. Производительность: 27000 м³/час
2. Температура газа на входе: 4-20 °С
3. Температура газа на выходе: 25-30 °С
4. Давление газа на входе: 4-5 кгс/см²
5. Давление газа на выходе: 90 кгс/см²

В состав компрессорной установки входят следующие основные блоки и оборудование:

- поршневой компрессор Ariel JGZ-6/3 с буферными емкостями (депульсаторами) всасывания и нагнетания;
- газопоршневой двигатель Caterpillar G3616 с пневматическим стартером, с системой смазки, включающей масляные насосы, подогреватель масла, фильтры, индикатор уровня масла в картере компрессора;
- входные сепараторы на каждую ступень сжатия, концевой сепаратор, оснащённые системой автоматического контроля уровня жидкости, пневматическим сбросным клапаном, выключателем по превышению предельного уровня жидкости;
- аппараты воздушного охлаждения (АВО-1,2) газа (АВО-1 – охлаждение газа первой ступени компримирования и вспомогательных систем двигателя; АВО-2 – охлаждение газа второй и третьей ступеней компримирования газа);
- система управления и мониторинга;
- запорная и регулирующая арматура с пневматическим и ручным приводами: отключающие краны на входе и выходе КУ, предохранительные клапаны на нагнетательной линии после каждой ступени сжатия, автоматический байпасный пусковой клапан, продувочный клапан, обратный клапан на линии нагнетания;
- быстровозводимое здание ангарного типа с системами отопления, вентиляции, контроля загазованности, пожаробнаружения, грузоподъёмным устройством.

Аппараты воздушного охлаждения (АВО-1,2) установлены на отдельном фундаменте за пределами укрытия, рядом с компрессорным агрегатом.

Регулирование производительности КУ от 75 до 100 % осуществляется следующими способами:

- частотой вращения двигателя;
- уменьшением «мёртвого» пространства цилиндров компрессора.

Мёртвое пространство – это объём в цилиндре, дополнительный к объёму, вытесняемому поршнем.

- 1) Собственный мертвый объём.
- 2) Добавленный мертвый объём.

На рисунке 2.5 показан собственный и добавленный мертвый объём в цилиндре поршневого компрессора Ariel JGZ-6/3.

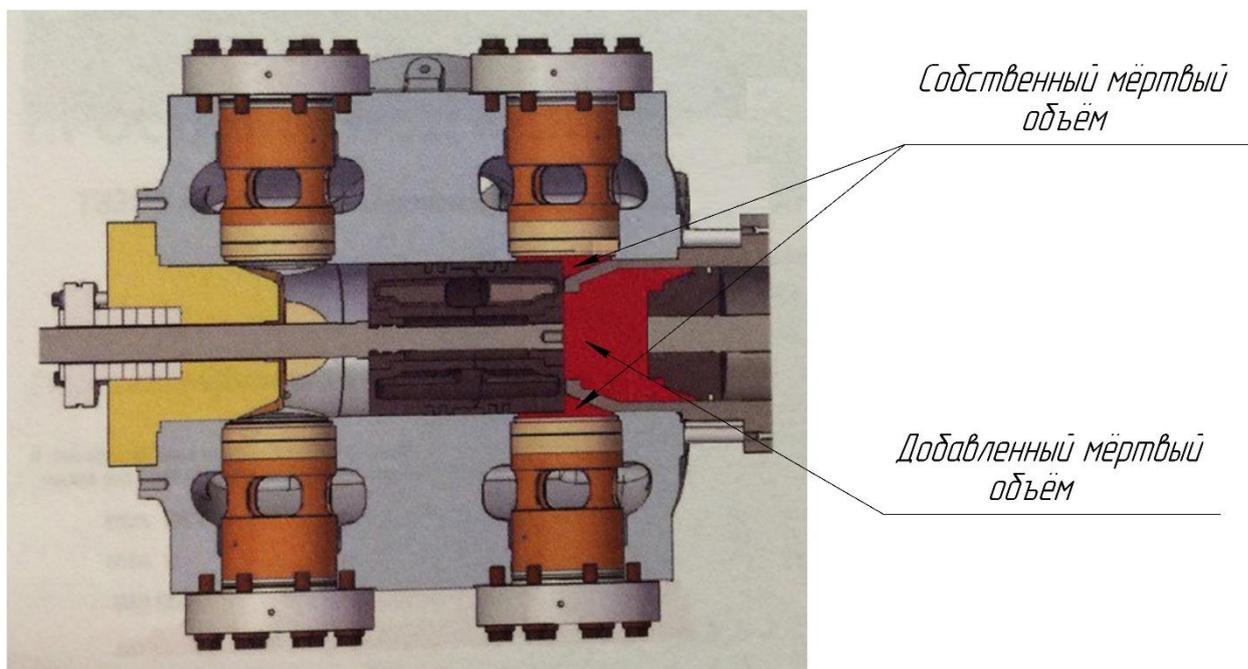


Рисунок 2.5 – Мёртвый объём в цилиндре

Так же мертвый объем включает в себя:

- пространство между клапанами и зеркалом цилиндра;
- пространство между поршнем и крышками цилиндра;

- пространство между внутренним диаметром цилиндра и внешним диаметром поршня, начиная с торца поршня и заканчивая поршневыми кольцами;

- пространство между штоком и уплотнением штока. [16]

Поршневой компрессор Ariel JGZ-6/3

Корпорация Ариель – крупнейший в мире производитель поршневых компрессоров для нефтяной и газовой отраслей промышленности. В производственную линейку оборудования Ариель входят поршневые оппозитные компрессоры с диапазоном мощности от 35 до 8000 кВт.

Преимущества поршневых компрессоров Ариель:

- имеет до 7 ступеней сжатия с давлением от 1 до 690 Бар;
- привод от газового двигателя, электродвигателя, газовой турбины и др.;
- компрессорные цилиндры без водяного охлаждения;
- бесшмазочные модификации – уменьшенная скорость поршней (до 3,5 м/с) и др. особенности;
- удобство обслуживания.

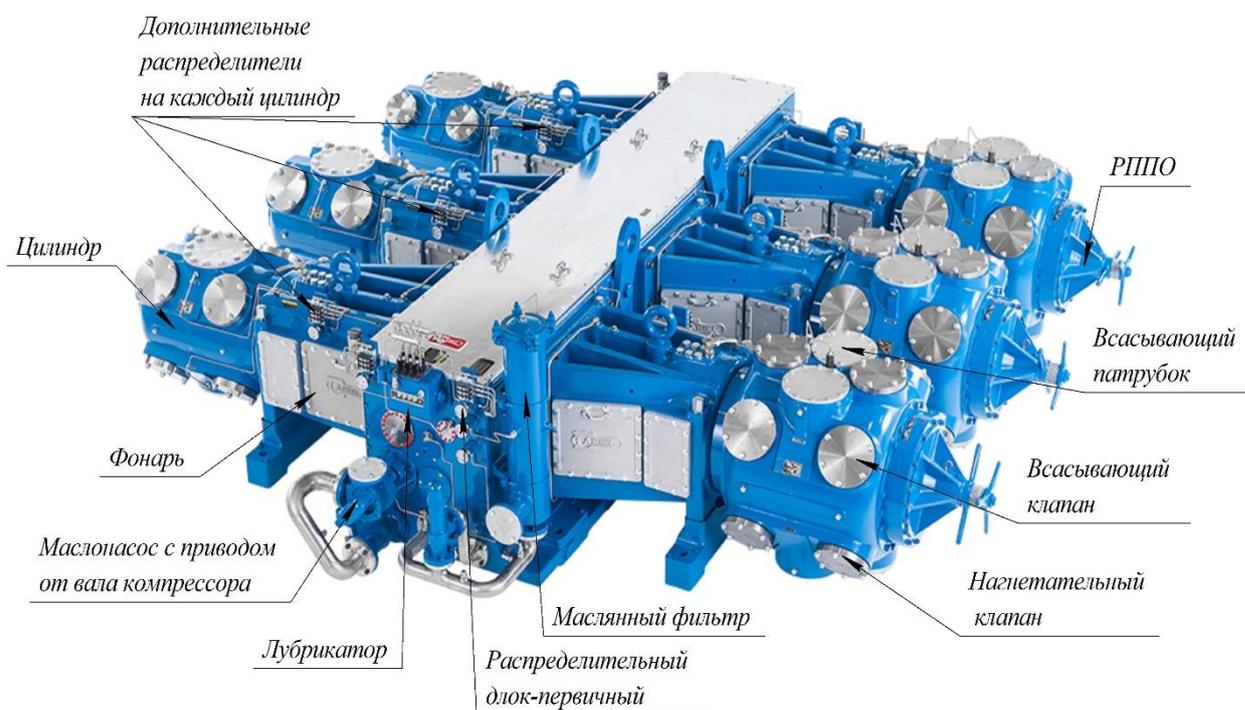


Рисунок 2.6 – Поршневой компрессор Ariel JGZ-6/3

Основные компоненты компрессора:

- станина, в которой устанавливается коленвал и шатуны;
- фонари с направляющими крейцкопфа и крейцкопф;
- поршневые штоки и поршни;
- цилиндры;
- клапаны;
- разгрузочные устройства. [16]

Поршневой компрессор серии JGZ, модель JGZ-6/3 – шести рядный поршневой компрессор двойного действия с оппозитным расположением поршней с тремя ступенями сжатия (1-ая ступень имеет 3 цилиндра, 2-ая ступень 2 цилиндра, 3-я ступень сжатия имеет 1 цилиндр). Основные технические характеристики приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Технические характеристики

Номинальная мощность, л. с. (кВт)	до 7800 (5816)
Количество рядов	6
Ход поршня, мм	171
Максимальная частота вращения, об/мин	1000
Скорость поршня (м/с)	5,71
Суммарная нагрузка на шток (Н)	667233
Нагрузка на шток при растяжении (Н)	333617
Нагрузка на шток при сжатии (Н)	355857
Средняя масса без цилиндров (кг)	18098
Масса с цилиндрами (кг)	30 500
Максимальная длина (мм)	4648
Номинальная ширина (мм)	4877
Высота оси коленчатого вала (мм)	609,6
Диаметр штока, мм	73,03
Давление нагнетания, кгс/см ²	до 99

Газопоршневой двигатель Caterpillar G3616

В течение многих десятилетий, Caterpillar производит газовые двигатели, включая ставшие легендарными семейства двигатели G3500 и G3600 для применения в областях промышленности, где требуется сжатие газа. Созданные с применением проверенных конструкций дизельных двигателей, газовые двигатели Caterpillar работают в условиях с самыми жесткими требованиями.

Предложения Caterpillar для нефтегазовой индустрии не перестают совершенствоваться в целях удовлетворения требованиям заказчиков и в дополнение к известной надёжности двигателей Cat.

КУ на базе двигателей большой мощности (как правило, G3600), применяемые в газопереработке или очистки газа создают и поддерживают высокое давление газа как перед его очисткой (на входе), так и после очистки (на выходе), а также для охлаждения и циркуляции пропана, используемого в качестве хладагента в различных процессах. Ввиду необходимости поддержания давлений большой величины, в технологии применяются, как правило, поршневые компрессоры Agiel серий JGC/JGZ и KBU/KBZ.

На компрессорных установках Казанского НГКМ используют газопоршневые двигатели Caterpillar G3616, который представлен на рисунке 2.7.

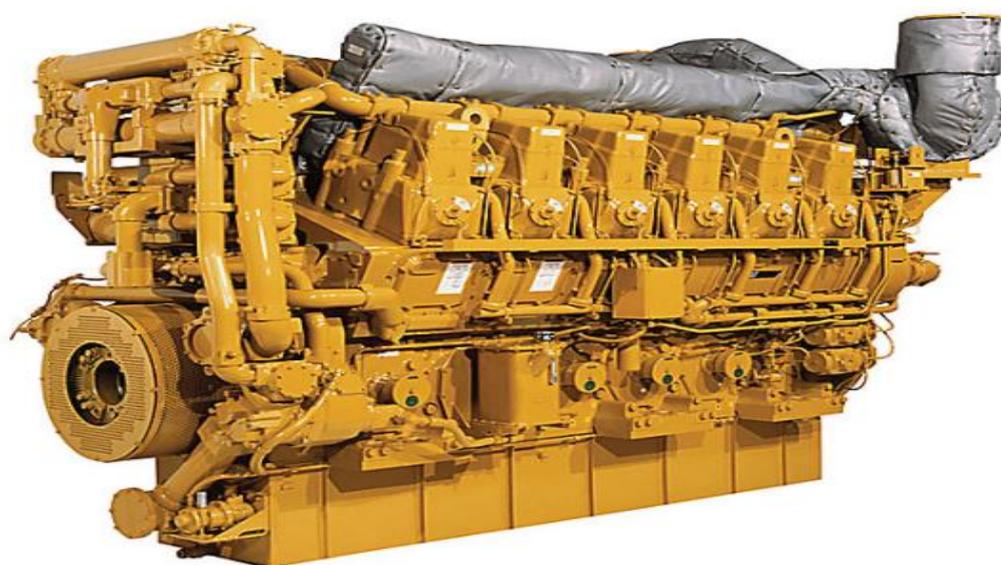


Рисунок 2.7 – Газопоршневой двигатель Caterpillar G3616

Двигатели семейства G3600 предназначены для использования в качестве силового агрегата для:

- электрогенераторных установок;
- газокompрессорных станций;
- воздушных компрессоров промышленного назначения;
- нефтеперерабатывающих предприятий.

В этих двигателях использованы элементы передовой технологии, способствующие обеспечению высокой выходной мощности, низкого уровня токсичности выхлопа и высокого теплового КПД.

Точная установка параметров двигателя обеспечивает работу двигателя в оптимальном режиме. Эти двигатели способны работать на различных видах топлива и при различных условиях окружающей среды. В таблице 2.2 представлены технические характеристики двигателя.

Таблица 2.2 – Технические характеристики двигателя Caterpillar G3616

Рабочая частота вращения коленчатого вала двигателя (об/мин)	750 - 1000
Малая частота вращения холостого хода (об/мин)	550
Расположение и количество цилиндров	V – образное, под углом 50 градусов, 16
Диаметр расточки цилиндров (мм)	300
Рабочий ход (мм)	300
Наличие наддува	С турбонаддувом
Степень сжатия	9:1 10,5:1
Рабочий объём цилиндра (л)	21,2
Полный рабочий объём (л)	339,2
Средняя скорость движения поршня при частоте вращения 1000 об/мин	10 м/с

Направление вращения коленчатого вала (стандартное)	Против часовой стрелки
Способ пуска	С помощью пневмостартеров
Максимально допустимое обратное давление в выхлопной системе	3 кПа
Максимально допустимое сопротивление на впуске воздуха	3,7 кПа
Воздухоочистители	Выносные

Таблица 2.3 – Масса основных агрегатов и узлов

Двигатель (кг)	29892
Генератор (кг)	15855
Модуль (кг)	1650
Монтажное основание (кг)	12700
Соединительная муфта (кг)	977
Общий вес (кг)	61074

Работа газопоршневых установок компании Caterpillar осуществляется за счет действия двигателя внутреннего сгорания, в котором химическая энергия газообразного топлива, сгорающего в рабочей камере, преобразуется в механическую работу, провоцирующую выработку переменного тока в генераторе. Эти установки обеспечивают выработку не только электрической энергии, но и тепловой по принципу когенерации. Комбинированное использование электрической и тепловой энергии существенно повышает эффективность использования топлива вплоть до 90 %. [19]

Преимущества:

- прочная конструкция, созданная на основе надежного дизельного двигателя, обеспечивает длительный срок службы и низкие эксплуатационные расходы;

- обеспечивает достижение максимальных эксплуатационных показателей при работе на природном газе низкого давления, подаваемом из трубопровода;

- простая система с открытой камерой сгорания обеспечивает надежность и позволяет использовать различные виды газообразного топлива;

- использование самых передовых технологий в системах зажигания и регулирования соотношения количества воздуха и топлива в топливной смеси снижает выбросы вредных веществ и повышает КПД двигателя;

- единый электронный блок управляет всеми функциями и системами двигателя: зажиганием, числом оборотов, регулированием соотношения количества воздуха и топлива в топливной смеси, системой защиты двигателя.

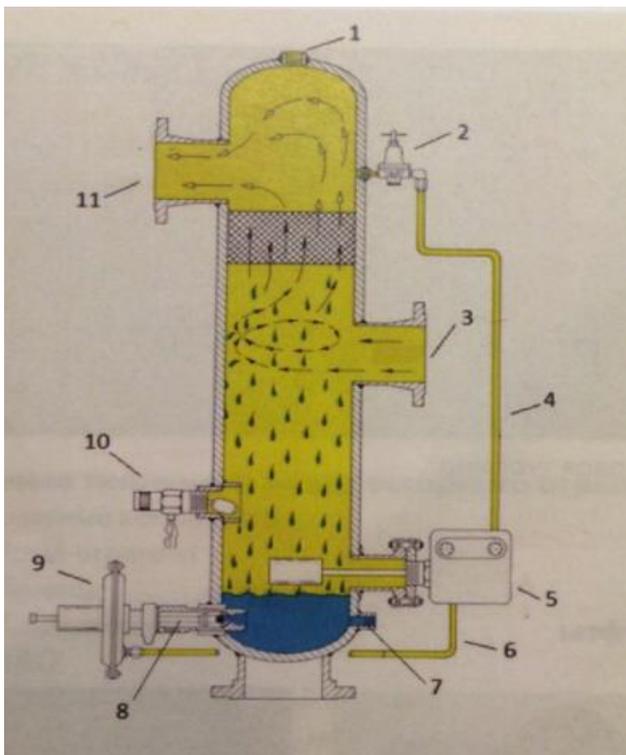
Газовый сепаратор

Газовый сепаратор – аппарат для очистки продукции газовых и газоконденсатных скважин, а также защиты запорно-регулирующей арматуры и газоперекачивающего оборудования от капельной влаги, углеводородного конденсата и механических примесей. Входит в состав установок комплексной подготовки газа; устанавливается на компрессорных станциях, сборных и газораспределительных пунктах. Сепараторы разделяются:

- по характеру действующих сил (гравитационные, инерционные, центробежные и смешанного типа);

- по геометрической форме и положению в пространстве (вертикальные, горизонтальные и наклонные). [10]

На компрессорных установках Казанского НГКМ используют гравитационные вертикальные сепараторы, для удаления любых жидкостей и механических примесей из потока газа перед тем, как он попадает в цилиндр компрессора. Данные сепараторы имеют автоматический сливной клапан, который используется для удаления жидкости из сепаратора. Аварийный останов по высокому уровню жидкости в сепараторе используется для защиты компрессора, если не сработал автоматический сливной клапан.



а)



б)

Рисунок 2.8 – Типовое устройство сепаратора (а) и сепаратор в разрезе (б)

Типовое устройство сепаратора:

1. Место установки предохранительного клапана.
2. Регулятор.
3. Входной фланец сепаратора.
4. Линия отбора управляющего газа.
5. Контроллер.
6. Управляющая давление.
7. Место подсоединения ручного слива.
8. Дренажный патрубок.
9. Клапан.
10. Датчик уровня жидкости поплавкового типа.
11. Выходной фланец сепаратора.

Достоинством вертикального сепаратора является относительная простота регулирования уровня жидкости, а также очистки от отложения механических примесей и воды. Они занимают относительно небольшую

площадь. Однако вертикальные сепараторы имеют и существенные недостатки: меньшую производительность, по сравнению с горизонтальными при одном и том же диаметре аппарата; меньшую эффективность сепарации. [11]

В настоящее время на компрессорных установках ГКС КНГКМ замечена следующая тенденция: очень часто происходит разгерметизация с утечкой газа через металлическое уплотнение торцевых крышек 4 и 6 цилиндров (2 ступень компримирования). После замены металлической прокладки торцевой крышки 4 и 6 цилиндра и затяжки болтов крепления до требуемого момента, приблизительно через 1000-2000 моточасов выявляется утечка газа. К такой проблеме может привести неправильный режим работы КУ, так как при данном режиме в сепараторе перед второй ступенью не происходит отбивание жидкости. В следствие чего, в цилиндры вместе с газом поступает жидкость. Это приводит к гидроударам в цилиндре, и быстрому износу уплотнения.

Для решения данной проблемы было проведено два эксперимента по подбору режима для отделения жидкости в сепараторе.

Цель первого эксперимента подобрать режим, при котором начнется отделение жидкости в сепараторе. При снижении расхода с 27000 до 21200 н. м³/ч и температуры газа после АВО 1 ступени до 9-10 С⁰, начала отбиваться жидкость в сепараторе, интервал набора уровня от 0 до 50% по уровнемерному стеклу составил 6-7 минут. Объем жидкости в сепараторе соответствующий уровню 0 до 50% уровнемерного стекла составляет примерно 69,2 литра, соответственно расход жидкости с сепаратора на данном режиме составил приблизительно 593-692 л/ч.

При повышении температуры газа после АВО 1 ступени до 14-15 С⁰ интервал набора уровня составил 20-30 минут, расход составил 277-296,5 л/ч.

Цель второго эксперимента подобрать режим, при котором начнется отделение жидкости в сепараторе при максимально возможном расходе газа через КУ.

При расходе 27000 н. м³/ч температура газа после АВО 1 ступени была ступенчато снижена с 27 до 9 С⁰, отделение жидкости не зафиксировано.

Далее произведено ступенчатое снижение расхода газа через КУ с шагом 1000 н. м³/ч с 27000 до 23200 н. м³/ч с задержкой по времени на каждом шаге при постоянной температуре газа после АВО 1 ступени 9-10 С⁰, появление жидкости в уровнемерном стекле сепаратора зафиксировано при расходе газа 23200 н. м³/ч и температуре 9 С⁰, интервал набора уровня по уровнемерному стеклу составил 11-15 минут, расход приблизительно 277-377 л/ч.

При расходе газа 23200 н. м³/ч и температуре 10 С⁰, интервал набора уровня по уровнемерному стеклу составил 24-30 минут, расход приблизительно 138-173 л/ч.

При расходе газа 23200 н. м³/ч и температуре 11 С⁰, интервал набора уровня прекратился.

По результатам проведенного эксперимента было выбрано два режима работы КУ и один нормальный режим на максимальном расходе газа.

Таблица 2.4 - Параметры режимов

Параметры	Тех. Режим эксперимент №1	Тех. Режим эксперимент №2	Реальный режим КУ
Qгаза, н.м ³ /ч	20300	23300	26700
P всаса, МПа	0,39	0,39	0,38
P нагн.3ст, МПа	8,83	9,05	9,32
Tг всасе 1ст, С ⁰	12	12	10,5
Tг после 1ст, С ⁰	10	9	20
Tг после 2ст, С ⁰	40	41	42
Tг после 3ст, С ⁰	40	35	44

Результаты проведенного эксперимента на КУ показывают, что при максимальной производительности КУ по газу 27000-29000 н. м³/ч, даже при снижении температуры сепарации до 9 С⁰ на входе в сепаратор не позволяет получить отделение жидкости в сепараторе по причине высокой скорости

потока газа, снижении расхода газа через КУ и температуры сепарации до 9-10 С° на входе в сепаратор позволяет добиться отделения жидкости.

3 Расчет и аналитика

3.1 Тепловой расчет поршневого компрессора

Тепловой расчёт поршневого компрессора включает в себя определение коэффициентов подачи и описанных объёмов ступеней; определение температурных режимов ступеней и подбор смазочных материалов; подбор стандартизированных клапанов или расчёт клапанов; определение индикаторных мощностей ступеней и мощности на валу компрессора; подбор приводного двигателя. [12]

В качестве исходных данных заданы: производительность по нормальным условиям (450 м³/мин); давление всасывания (0,39 МПа); давление нагнетания (9,05 МПа); температура всасывания (282 К).

Выбор конструктивной схемы:

Общее номинальное относительное повышение давления в компрессоре подсчитывают по следующему уравнению:

$$\varepsilon_k = \frac{p_{н3}}{p_{вс1}} = \frac{9,05}{0,39} = 23. \quad (3.1)$$

В существующих компрессорах значения относительного повышения давления в компрессоре зависит от числа ступеней:

Таблица 3.1 – Зависимость давления от числа ступеней

Одна	4...7	Пять	150...1000
Две	6...30	Шесть	200...1100
Три	14...150	Семь	600...1500
Четыре	36...400		

Исходя из вышесказанного, принимаем число ступеней сжатия $z = 3$.

Номинальное относительное повышение давления во всех ступенях принимаем одинаковым:

$$\varepsilon_{ст1} = \varepsilon_{ст2} = \varepsilon_{ст3} = \sqrt[z]{\varepsilon_k}; \quad (3.2)$$

$$\varepsilon_{ст1} = \sqrt[3]{23} = 2,84.$$

Номинальное давление всасывания во II и III ступени определяем по формулам:

$$p_{вс2} = p_{н1} = p_{вс1} \times \varepsilon_{ст1}; \quad (3.3)$$

$$p_{вс3} = p_{н2} = p_{вс2} \times \varepsilon_{ст1}. \quad (3.4)$$

где $p_{н1}$, $p_{н2}$ – давления нагнетания I и II ступени.

$$p_{вс2} = p_{н1} = 0,39 \times 2,84 = 1,1 \text{ МПа};$$

$$p_{вс3} = p_{н2} = 1,1 \times 2,84 = 3,1 \text{ МПа}.$$

Относительные потери давления на всасывании I, II и III ступеней определим из формулы:

$$\delta_{вс1} = 0,3 \times \frac{2,66}{(0,39 \times 10^6)^{0,25}} = 0,032;$$

$$\delta_{вс2} = 0,3 \times \frac{2,66}{(1,1 \times 10^6)^{0,25}} = 0,025;$$

$$\delta_{вс3} = 0,3 \times \frac{2,66}{(3,1 \times 10^6)^{0,25}} = 0,019.$$

где A – коэффициент, учитывающий совершенство компрессора, принимаем $A = 2,66$.

Относительные потери давления на нагнетании (в нагнетательных клапанах и межступенчатом охладителе воздуха) I, II и III ступени определим по формуле:

$$\delta_{н1} = 0,7 \times \frac{2,66}{(1,1 \times 10^6)^{0,25}} = 0,057;$$

$$\delta_{н2} = 0,7 \times \frac{2,66}{(3,1 \times 10^6)^{0,25}} = 0,044;$$

$$\delta_{н3} = 0,7 \times \frac{2,66}{(9,05 \times 10^6)^{0,25}} = 0,034.$$

Осредненные давления p_1 , p_2 и p_3 определим по следующим формулам:

$$p_{11} = (1 - \delta_{вс1}) \times p_{вс1}; \quad p_{21} = (1 + \delta_{н1}) \times p_{н1}; \quad (3.5)$$

$$p_{12} = (1 - \delta_{вс2}) \times p_{вс2}; \quad p_{22} = (1 + \delta_{н2}) \times p_{н2}; \quad (3.6)$$

$$p_{13} = (1 - \delta_{вс3}) \times p_{вс3}; \quad p_{33} = (1 + \delta_{н3}) \times p_{н3}; \quad (3.7)$$

$$p_{11} = (1 - 0,032) \times 0,39 = 0,3775 \text{ МПа};$$

$$p_{21} = (1 + 0,057) \times 1,1 = 1,1627 \text{ МПа};$$

$$p_{12} = (1 - 0,025) \times 1,1 = 1,0725 \text{ МПа};$$

$$p_{22} = (1 + 0,044) \times 3,1 = 3,2364 \text{ МПа};$$

$$p_{13} = (1 - 0,019) \times 3,1 = 3,0411 \text{ МПа};$$

$$p_{33} = (1 + 0,034) \times 9,05 = 9,3577 \text{ МПа}.$$

Сведём результаты расчетов в таблицу 3.2

Таблица 3.2 – Результаты расчетов

Параметр	I-я ступень	II-я ступень	III-я ступень
Номинальное давление, МПа			
Всасывания $p_{всi}$	0,39	1,1	3,1
Нагнетания $p_{ни}$	1,1	3,1	9,05
Осредненное давление в цилиндре, МПа			
Всасывания p_{1i}	0,3775	1,0725	3,0411
Нагнетания p_{2i}	1,1627	3,2364	9,3577
Относительное повышение давления в цилиндре			
$\varepsilon_{ци} = p_{2i} / p_{1i}$	3,08	3,01	3,07

Определим коэффициенты подачи:

Коэффициент подачи определяем по следующей формуле:

$$\lambda_i = \lambda_{0i} \cdot \lambda_{дрi} \cdot \lambda_{тi} \cdot \lambda_{плi} \cdot \lambda_{влi}, \quad (3.8)$$

где $\lambda_{др}$ – коэффициент дросселирования, учитывающий уменьшение производительности из-за падения давления при протекании газа через

всасывающие клапаны. Его значения находятся в пределах $\lambda_{др} = 0,95 \div 0,98$ [13]. Принимаем $\lambda_{др1} = 0,96$; $\lambda_{др2} = 0,97$; $\lambda_{др3} = 0,98$.

λ_m – коэффициент подогрева, который учитывает уменьшение производительности из-за подогрева всасываемого газа во время процесса всасывания, т. е. за счет того, что в цилиндре в конце всасывания температура будет выше, чем в СТВ. Его значение определяем по формуле:

$$\lambda_{mi} = 1 - 0,01(\varepsilon_{ци} - 1), \quad (3.9)$$

После подстановки получаем:

$$\lambda_{T1} = 1 - 0,01(3,08 - 1) = 0,979;$$

$$\lambda_{T2} = 1 - 0,01(3,01 - 1) = 0,977;$$

$$\lambda_{T3} = 1 - 0,01(3,07 - 1) = 0,9793.$$

$\lambda_{пл}$ – коэффициент плотности, который учитывает уменьшение производительности из-за не плотностей рабочей полости. Его значения находятся в пределах $\lambda_{пл} = 0,96 \div 0,98$ [11]. Принимаем: $\lambda_{пл1} = 0,98$; $\lambda_{пл2} = 0,97$; $\lambda_{пл3} = 0,96$.

λ_0 – объемный коэффициент, который учитывает уменьшение производительности действительного компрессора из-за расширения газа, остающегося после нагнетания в мертвом пространстве. Его значение определяем по формуле:

$$\lambda_{0i} = 1 - a_M \left[\left(\frac{p_{2i}}{p_{всi}} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right], \quad (3.10)$$

где a_M – значение относительного мертвого объема. Принимаем $a_M = 0,1$ [13], m – показатель политропы. Его значение принимаем одинаковым во всех ступенях: $m = 1,2$.

Тогда:

$$\lambda_{01} = 1 - 0,1 \left[\left(\frac{1,1627}{0,39} \right)^{\frac{1}{1,2}} - 1 \right] = 0,851;$$

$$\lambda_{02} = 1 - 0,1 \left[\left(\frac{3,2364}{1,1} \right)^{1,2} - 1 \right] = 0,854;$$

$$\lambda_{03} = 1 - 0,1 \left[\left(\frac{9,3577}{3,1} \right)^{1,2} - 1 \right] = 0,849.$$

$\lambda_{вл}$ – коэффициент влажности, который учитывает уменьшение производительности из-за наличия водяных паров во всасываемом газе. Его значение определяем по формуле $\lambda_{влi} = 1 - v_{ki}$, где v_{ki} – относительная доля потери производительности, вызываемая конденсацией водяных паров в холодильнике. Величину v_{ki} определяем по формуле:

$$v_{ki} = \frac{\psi p_{нп} R_{\Gamma}}{(p_{всi} - \psi p_{нп}) R_{вп}}, \quad (3.11)$$

где $\psi = 0,8$ – относительная влажность воздуха при условиях всасывания (дана в задании); $p_{нп} = 2332$ – давление насыщенных паров при температуре всасывания в первую ступень, Па; $R_{\Gamma} = 287,2$; $R_{вп} = 462$ – универсальные газовые постоянные соответственно сжимаемого воздуха и водяного пара, Дж/кгК.

Получаем:

$$v_{k1} = \frac{0,8 \cdot 2332 \cdot 287,2}{(0,39 \times 10^6 - 0,8 \cdot 2332) \cdot 462} = 0,0029; \lambda_{вл1} = 1 - 0,0029 = 0,9971;$$

Так как ψ – величина переменная, то оценивать влияние влажности можно только приближенно. Однако ошибка не будет больше 3 % от производительности компрессора. Выпадением влаги после второй ступени можно пренебречь, так как оно слишком мало ($\lambda_{вл2}, \lambda_{вл3} = 1$) [14].

Подставим значения всех коэффициентов в формулу для расчета коэффициента подачи:

$$\lambda_1 = 0,851 \cdot 0,96 \cdot 0,979 \cdot 0,98 \cdot 0,9971 = 0,7815;$$

$$\lambda_2 = 0,854 \cdot 0,97 \cdot 0,977 \cdot 0,97 \cdot 1 = 0,785;$$

$$\lambda_3 = 0,849 \cdot 0,98 \cdot 0,9793 \cdot 1 = 0,7822.$$

Сведём все полученные результаты в таблицу 3.3

Таблица 3.3 – Результаты расчетов

Коэффициент подачи и его составляющие	I ступень	II ступень	III ступень
$\lambda_{\partial pi}$	0,96	0,97	0,98
λ_{mi}	0,979	0,977	0,9793
λ_{nli}	0,98	0,97	0,96
λ_{oi}	0,851	0,854	0,849
$\lambda_{\omega li}$	0,9971	1	1
λ_i	0,7815	0,785	0,7822

Определение основных размеров и параметров ступеней

Объем описываемый поршнем I ступени определяем по формуле:

$$V_{h1} = \frac{V_e}{\lambda_1}, \quad (3.12)$$

где V_e – производительность компрессора. Ее значение дано в задании.

Тогда

$$V_{h1} = \frac{7,5}{0,7815} = 9,59 \text{ м}^3/\text{с}.$$

При переходе из одной ступени сжатия в другую газ охлаждается не полностью.

Температуру всасывания во II и III ступени определяем по формулам:

$$T_{\text{вс}2} = T_{\text{вс}1} + \Delta T; \quad (3.13)$$

$$T_{\text{вс}3} = T_{\text{вс}2} + \Delta T. \quad (3.14)$$

где ΔT – недоохлаждение перед II и III ступенью (принимая $\Delta T = 10 \text{ К}$).

Тогда

$$T_{\text{вс}2} = 282 + 10 = 292 \text{ К};$$

$$T_{вс3} = 292 + 10 = 302 \text{ К.}$$

Объем описанный поршнем II и III ступени определяем из формул:

$$V_{h2} = \frac{V_e p_{вс1}}{\lambda_2 p_{вс2}} \frac{T_{вс2}}{T_{вс1}}; \quad (3.15)$$

$$V_{h3} = \frac{V_e p_{вс1}}{\lambda_2 p_{вс2}} \frac{T_{вс2}}{T_{вс1}} \frac{p_{вс2}}{p_{вс3}} \frac{T_{вс3}}{T_{вс2}}; \quad (3.16)$$

$$V_{h2} = \frac{7,5}{0,7815} \cdot \frac{0,39}{1,1} \cdot \frac{292}{282} = 3,523 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$V_{h3} = \frac{7,5}{0,7815} \frac{0,39}{1,1} \frac{292}{282} \frac{1,1}{3,1} \frac{302}{292} = 1,293 \text{ м}^3/\text{с}.$$

По заданным параметрам в качестве ближайшего аналога и прототипа выбираем оппозитный компрессор Ariel JGZ-6/3, который имеет следующие характеристики (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Характеристики компрессора

Индекс	Поршневая сила, кН	Ход поршня, мм	Число рядов	Обозначение модификаций	Расстояние между рядами, мм	Масса, кг	Частота вращения, 1/с	Средняя скорость поршня, м/с	Максимальная мощность в ряду, кВт	Масса поступательно движущихся частей, кг			
										Предельно допустимая суммарная	Крейцкофа и 0,3 шатуна	Поршневого штока	Предельно допустимая для поршня
JGZ-6/3	356	171	6	JGZ-6/3	1060	30500	16,6	5,72	969	640	170	103	400

Активные площади поршней I и III ступеней определяем из уравнения:

$$F_{Pi} = \frac{V_{hi}}{C_m}, \quad (3.17)$$

где C_m – средняя скорость поршня

$$F_{Pi1} = \frac{2 \times 9,59}{5,72} = 1,116 \text{ м}^2;$$

$$F_{Pi2} = \frac{3,523}{5,72} = 0,615 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{ПЗ}} = \frac{2 \times 1,293}{5,72} = 0,452 \text{ м}^2.$$

В ступенях двойного действия со штоком с одной стороны поршня (что соответствует выбранной схеме компрессора) диаметры цилиндров находятся по формуле:

$$D_i = \sqrt{\frac{(F_{\text{П}i} + f_{\text{ШТ}})2}{\pi}}, \quad (3.18)$$

где $f_{\text{ШТ}}$ – площадь штока, она равна $f_{\text{ШТ}} = \frac{0,05\pi D_1^2}{4}$.

Тогда получим выражение для расчета диаметра цилиндра в следующем виде:

$$D_1 = \sqrt{\frac{4F_{\text{П1}}}{1,95\pi}}, \quad (3.19)$$

$$D_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,116}{1,95\pi}} = 0,883 \text{ м};$$

$$f_{\text{ШТ}} = \frac{0,05\pi 0,883^2}{4} = 0,028 \text{ м}^2$$

Рассчитаем значение D_2, D_3 :

$$D_2 = \sqrt{\frac{(0,615 + 0,028)2}{\pi}} = 0,639 \text{ м};$$

$$D_3 = \sqrt{\frac{(0,452 + 0,03)2}{\pi}} = 0,552 \text{ м}.$$

Значения и округляем до ближайшего стандартного размера диаметра цилиндра по ГОСТ 9515–81 [6]: $D_1 = 0,900 \text{ м}$; $D_2 = 0,650 \text{ м}$; $D_3 = 0,560 \text{ м}$.

Рассчитаем геометрические площади поршней:

$$F'_{\text{П1}} = \pi \frac{0,900^2}{4} = 0,635 \text{ м}^2;$$

$$F'_{\text{П2}} = \pi \frac{0,650^2}{4} = 0,331 \text{ м}^2;$$

$$F'_{\text{ПЗ}} = \pi \frac{0,560^2}{4} = 0,246 \text{ м}^2.$$

Уточним описанные поршнями объемы после округления диаметров цилиндров и хода поршня по формуле:

$$V_{hi} = \frac{1,95C_m \pi D_i^2}{4}, \quad (3.20)$$

$$V_{h1} = \frac{1,95 \cdot 5,72 \cdot \pi \cdot 0,900^2}{4} = 7,1 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$V_{h2} = \frac{1,95 \cdot 5,72 \cdot \pi \cdot 0,650^2}{4} = 3,69 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$V_{h3} = \frac{1,95 \cdot 5,72 \cdot \pi \cdot 0,560^2}{4} = 2,74 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Основные размеры и параметры ступеней компрессора сводим в таблицу 3.5

Таблица 3.5 – Основные размеры и параметры ступеней компрессора

Параметр	I ступень	II ступень	III ступень
Число цилиндров	3	2	1
Диаметр цилиндров D_i , м	0,900	0,650	0,560
Площадь поршня F'_{Pi} , м ²	0,635	0,331	0,246
Объем описываемый поршнями V_{hi} , м ³ /с.	7,1	3,69	3,69

3.2 Расчет вертикального гравитационного сепаратора

Расчет данного вида аппарата ведется для газовой и жидкой фаз.

Исходные данные:

диаметр сепаратора $D_c = 1,2$ м;

давление в сепараторе $P_c = 1,6$ МПа;

температура в сепараторе $T_c = 293$ К;

вязкость нефти $\mu_n = 8$ мПа·с;

плотность нефти $\rho_n = 865 \text{ кг/м}^3$;

плотность газа в нормальных условиях $\rho_r = 1,35 \text{ кг/м}^3$;

вязкость газа в условиях сепаратора $\mu_r = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$;

коэффициент сжимаемости газа $Z = 1$;

диаметр капли жидкости $d_{ж} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ м}$;

диаметр пузырьков газа $d_r = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Для газовой фазы рассчитывается пропускная способность сепаратора V_r при известном диаметре сепаратора D_c , термобарических условиях в нем (P_c , T_c) и свойствах фаз (μ_n , ρ_n , μ_r , ρ_r).

Исходя из осаждения в газовом потоке жидких и твердых частиц в поле силы тяжести, максимальная пропускная способность по газу, $\text{м}^3/\text{сут}$.

$$V_{r\max} = 841 \frac{D_c^2 \cdot P_c^2 \cdot d_{ж}^2 (\rho_n - \rho_r)}{T_c \cdot \mu_r \cdot Z} = 0,07 \text{ м}^3/\text{сут}. \quad (3.21)$$

Где $V_{r\max}$ - максимальная пропускная способность сепаратора по газу, расход которого приведен к нормальным условиям, $\text{м}^3/\text{сут}$.

Исходя из условий всплытия пузырьков газа в движущейся в сепараторе нефти за счет подъема ее уровня, максимальная пропускная способность сепаратора, $\text{м}^3/\text{сут}$. [18]

$$Q_{ж\max} = 36964 \cdot D_c^2 \frac{d_r^2 (\rho_n - \rho_r)}{\mu_n} = 57,463 \text{ м}^3/\text{сут}. \quad (3.22)$$

$$\text{Где } \rho_r = \frac{P_c \cdot T_0}{P_0 \cdot T_c \cdot Z}.$$

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Е31	Костикову Алексею Валерьевичу

Институт	ИПР	Кафедра	ТПМ
Уровень образования	бакалавриат	Направление/профиль	15.03.02 «Технологические машины и оборудование» / «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	1. Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску. 2. Стоимость электроэнергии - 5,8 руб. кВт*ч – для юр. лиц. 3. Стоимость интернета – 360 руб. в месяц.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	30 % премии. 20 % надбавки. 1,3 - районный коэффициент.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Система налогообложения, принятая для образовательных учреждений (27,1% отчисления на социальные нужды).

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования. 2. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований. 3. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	1. Расчет основной заработной платы исполнителей темы. 2. Расчет отчислений на социальные нужды. 3. Расчет электроэнергии и прочих расходов. 4. Формирование бюджета затрат научно – исследовательского проекта.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений. 2. Матрица SWOT. 3. Календарный график проведения НИ. 4. Бюджет проект.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	5.05.2017
---	-----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антонова И.С.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е31	Костиков Алексей Валерьевич		

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данной работе была рассмотрена компрессорная установка с предприятия “Томскгазпром”, на которой используется поршневой компрессор корпорации Ariel. На данном компрессоре существует проблема быстрого износа уплотнения на торцевой крышке цилиндра, в следствие чего происходит незначительная утечка газа. Для решения этой проблемы был подобран новый режим работы компрессорной установки. Данное решение может быть коммерциализовано в виде научной разработки.

В последние десятилетия основное количество научных разработок связано с инженерной, а не с фундаментальной сферой. Для инженерной разработки очень важным параметром является её коммерческая ценность, которая объединяет в себя множество факторов и позволяет инвесторам оценить перспективность разработки, не углубляясь в её суть. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценить коммерческой потенциал и перспективность проведения научных исследований;

- определить возможные альтернативы проведению научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- спланировать научно-исследовательскую работу.

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований

Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

В данном случае сегментирования целесообразно провести по критерию стоимости, т.к. необходимо обеспечить конкурентоспособность между выбором уплотнения или настройкой нового режима работы компрессорной установки.

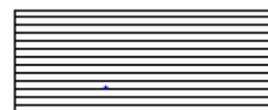
Таблица 4.1- Карта сегментирования рынка

		Уплотнения с прямоугольным сечением	Уплотнение с другим сечением	Новый режим работы компрессорной установки
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

Фирма А



Фирма В



Результаты сегментирования:

- основными сегментами рынка являются все размеры компаний для уплотнений с прямоугольным сечением и уплотнений с другим сечением;

- наиболее привлекательными сегментами рынка являются крупные и средние компании, связанные с применением нового режима работы компрессорной установки.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

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

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие прототипа и т.п.);
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты.

Таблица 4.2 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Эксплуатационные характеристики	0,11	2	4	2	0,22	0,44	0,22
2. Срок службы	0,1	2	4	3	0,2	0,3	0,4
3. Ремонтопригодность	0,09	3	2	3	0,27	0,18	0,27
4. Возможность интеграции в другие механизмы	0,1	3	3	2	0,3	0,3	0,2
5. Надежность	0,07	3	4	3	0,21	0,28	0,21
6. Простота монтажа	0,09	4	4	3	0,36	0,36	0,27
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,03	4	4	3	0,12	0,12	0,09
2. Уровень проникновения на рынок	0,09	2	3	3	0,18	0,27	0,27
3. Цена	0,08	3	4	3	0,24	0,32	0,24
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,11	4	4	5	0,44	0,44	0,55
5. Обслуживание	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
6. Финансирование	0,03	3	3	2	0,09	0,09	0,06
Итого	1	37	42	38	3,03	3,53	3,25

- Б_ф - применение уплотнения с прямоугольным сечением;
- Б_{к1} - новый режим работы компрессорной установки;
- Б_{к2} - применение другого уплотнения.

Анализ конкурентных технических решений показал, что целесообразно использовать новый режим работы компрессорной установки, так как она обладает рядом преимуществ по отношению к уплотнениям. Наивысший вклад несут такие характеристики как: цена, надёжность, срок службы и эксплуатационные характеристики.

SWOT-анализ

SWOT-анализ представляет собой комплексный анализ инженерного проекта. Его применяют для того, чтобы перед организацией или менеджером проекта появилась отчетливая картина, состоящая из лучшей возможной информации и данных, а также сложилось понимание внешних сил, тенденций и подводных камней, в условиях которых научно-исследовательский проект будет реализовываться.

В первом этапе обычно описываются сильные и слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в табличной форме (таблица 4.3).

Таблица 4.3 - Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	<p>С1. Не требует переквалификации существующих кадров;</p> <p>С2. Отсутствие необходимости закупки материалов и комплектующих;</p> <p>С3. Повышенный ресурс изделия;</p>	<p>Сл1. Остановка компрессорной установки в процессе монтажа;</p> <p>Сл2. Уменьшение производительности компрессорной установки;</p> <p>Сл3. Отсутствие возможности проверки результата</p>

	<p>С4. Определение возможных опасных проявлений при работе уплотнения до его производства;</p> <p>С5. Наличие финансирования компании.</p>	<p>тов исследования с помощью практических опытов;</p> <p>Сл4. Не испытан в работе;</p> <p>Сл5. Возможные ошибки в расчетной части программного комплекса.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ;</p> <p>В2. Существование потенциального спроса на данную разработку со стороны газодобывающих компаний;</p> <p>В3. Снижение стоимости на материалы, используемые при научных исследованиях;</p> <p>В4. Развитие технологий в данной отрасли;</p> <p>В5. Повышение стоимости конкурентных исследований.</p>		
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на данные исследования;</p> <p>У2. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции;</p> <p>У3. Снижение бюджета на исследование, со стороны инвестора;</p> <p>У4. Появление новых конкурентных разработок.</p>		

После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 4.4, таблице 4.5, таблице 4.6, таблице 4.7.

Таблица 4.4 - Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	-	-	0	0
	B2	-	-	0	-	-
	B3	-	-	+	0	0
	B4	+	-	+	-	0
	B5	-	+	-	-	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и сильные стороны проекта: B1C1, B3C3, B4C1C3, B5C2.

Таблица 4.5 - Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	0	-	-	-
	B2	-	-	+	-	-
	B3	-	-	0	+	-
	B4	-	-	-	+	-
	B5	-	-	-	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и слабые стороны проекта: В2Сл3, В3Сл4, В4Сл4.

Таблица 4.6 - Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

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

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У2С1, У3С2, У4С4.

Таблица 4.7 - Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

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

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У1Сл3Сл5, У4Сл3Сл5.

В рамках третьего этапа составляем итоговую матрицу SWOT-анализа (таблица 4.8).

Таблица 4.8 - Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Не требует переквалификации существующих кадров;</p> <p>С2. Отсутствие необходимости закупки материалов и комплектующих;</p> <p>С3. Повышенный ресурс изделия;</p> <p>С4. Определение возможных опасных проявлений при работе уплотнения до его производства;</p> <p>С5. Наличие финансирования компании.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Остановка компрессорной установки в процессе монтажа;</p> <p>Сл2. Уменьшение производительности компрессорной установки;</p> <p>Сл3. Отсутствие возможности проверки результатов исследования с помощью практических опытов;</p> <p>Сл4. Не испытан в работе;</p> <p>Сл5. Возможные ошибки в расчетной части программного комплекса.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ;</p> <p>В2. Существование потенциального спроса на данную разработку со стороны газодобывающих компаний;</p> <p>В3. Снижение стоимости на материалы, используемые при научных исследованиях;</p> <p>В4. Развитие технологий в данной отрасли;</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»:</p> <p>В1С1 - для исследования проекта необходимы лаборатории ТПУ, допуск к которым имеет квалифицированный персонал.</p> <p>В3С3 - повышенный ресурс изделия приведет к уменьшению вероятности аварийного останова.</p> <p>В5С2 - удорожание проектов конкурентов, вследствие того, что нам не надо</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»:</p> <p>В2Сл3 - возможно появление дополнительного спроса на исследование в случае практического подтверждения полученных результатов.</p>

В5. Повышение стоимости конкурентных исследований.	производить закупки материалов.	
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на данные исследования;</p> <p>У2. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции;</p> <p>У3. Снижение бюджета на исследование, со стороны инвестора;</p> <p>У4. Появление новых конкурентных разработок.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»:</p> <p>У2С1 - возможно развитие новых государственных требований к сертификации продукта, если при их создании участвует квалифицированный персонал.</p> <p>У3С2 - возможно урезание бюджета, т.к. в основном смета затрат состоит из начисления зарплаты ввиду отсутствия необходимости закупки оборудования и материалов для исследования.</p> <p>У4С4 – существует вероятность появления погрешностей в расчетах, т.к. при исследовании используется не практические испытания, а моделирование процессов.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»</p> <p>У1Сл3Сл5 - возможно отсутствие спроса на данное исследование вследствие наличия некоторых погрешностей при отсутствии возможности проверки результатов.</p> <p>У4Сл3Сл5 – на неточность результатов исследования напрямую влияет наличие программных ошибок в сочетании с отсутствием практических опытов могут допустить наличие неточных расчетов при исследовании.</p>

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;

- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе составим список этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведем распределение исполнителей по категориям работ.

Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 4.9.

Таблица 4.9 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания, выбор направления исследований	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель проекта
	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Проведение патентных исследований	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель проекта, инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	6	Построение модели цилиндра поршневого компрессора и проведение исследования	Инженер
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка результатов исследования	Руководитель проекта, инженер
Оформления отчета по исследовательской работе	8	Составление пояснительной записки	Руководитель проекта, инженер

Определение трудоемкости выполнения работ

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

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (4.1)$$

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

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

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (4.2)$$

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

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

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4.3)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4.4)$$

где $T_{\text{кал}} = 365$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 53$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 14$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 53 - 14} = 1,22$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляем до целого числа.

Все рассчитанные значения сведены в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работы			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}	Длительность работ в календарных днях, T_{ki}
	t_{min} , Чел-дни	t_{max} , Чел-дни	$t_{ож}$, Чел-дни			
Составление и утверждение технического задания	2	5	3,2	Руководитель проекта	3	4
Подбор и изучение материалов по теме	11	15	12,6	Инженер	13	16
Проведение патентных исследований	3	5	3,8	Инженер	4	5
Календарное планирование работ по теме	1	3	1,8	Руководитель проекта, инженер	1	2
Проведение теоретических расчетов и обоснований	8	14	10,4	Инженер	10	13
Построение модели цилиндра поршневого компрессора и проведение исследования	11	22	15,4	Инженер	15	19
Оценка результатов исследования	6	8	6,8	Руководитель проекта, инженер	4	5
Составление пояснительной записки	8	15	10,8	Руководитель проекта, инженер	6	8

На основе таблицы 4.10 строим план график, представленный в таблице 4.11.

Таблица 4.11 - Календарный план график проведения НИР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	Т _{кi} , кал. дни	Продолжительность выполнения работ												
				Фев.		Март			Апрель			Май				
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение технического задания	Руков.	5	■												
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	20		□											
3	Проведение патентных исследований	Инженер	6				□									
4	Календарное планирование работ по теме	Руков. инж.	2						■							
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер	15													
6	Построение модели цилиндра поршневого компрессора и проведение исследования	Инженер	22													
7	Оценка результатов исследования	Руков. инж.	6													■
8	Составление пояснительной записки	Руков. инж.	9													■

■
руководитель проекта

□
инженер

Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований).

В материальные затраты, помимо вышеуказанных, включаются дополнительно затраты на канцелярские принадлежности, диски, картриджи и т.п. Однако их учет ведется в данной статье только в том случае, если в научной организации их не включают в расходы на использование

оборудования или накладные расходы. В первом случае на них определяются соответствующие нормы расхода от установленной базы. Во втором случае их величина учитывается как некая доля в коэффициенте накладных расходов.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расч\ i} = 563,5 \text{ руб.} \quad (4.5)$$

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

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

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 4.12 – Прочие затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед. руб.	Затраты на материалы, (Z_m), руб.
Шариковая ручка	Шт.	3	50	172,5
Бумага формата А4	Шт.	100	2	230
Корректор	Шт.	2	70	161

Итого:	563,5
--------	-------

Затраты на электроэнергию: тариф на энергию для юридических лиц составляет 5,8 руб. кВт*ч. Ежемесячный расход электроэнергии составлял 100 кВт. Итого за период выполнения работы, затраты на электроэнергию составили 1740 руб.

Затраты на интернет: тариф за месяц пользования составляет 360 руб. Итого за период выполнения работы, затраты на интернет составили 1080 руб.

Затраты на аренду компьютера: за месяц пользования составляет 10000 руб. Период выполнения работы 3 месяца. Итого за период выполнения работы затраты за аренду составили 30000 руб.

Основная заработная плата исполнителей темы

В данную статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, а также рабочих опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется на основе трудоемкости выполняемых работ и действующей системы тарифных ставок и окладов. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Таблица 4.13 - Расчет основной заработной платы

№	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу(окладам), тыс. руб.
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель проекта	3,2	1127	3606

2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	12,6	583	7345
3	Проведение патентных исследований	Инженер	3,8	583	2215
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель проекта, инженер	1,8	1710	3078
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер	10,4	583	6063
6	Построение модели цилиндра поршневого компрессора и проведение исследования	Инженер	15,4	583	8745
7	Оценка результатов исследования	Руководитель проекта, инженер	6,8	1710	11628
8	Составление пояснительной записки	Руководитель проекта, инженер	10,8	1710	18868
Итого:					61148

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

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (4.6)$$

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

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

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

$$Z_{\text{осн}} = T_p \cdot Z_{\text{дн}}, \quad (4.7)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{62308 \cdot 10,4}{224} = 2839 \text{ руб.} \quad (4.8)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

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

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

Таблица 4.14 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель проекта	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:		
- выходные	53	53
- праздничные	26	26
Потери рабочего времени:		
- отпуск	48	72
- невыходы по болезни	14	14
Действительный годовой фонд рабочего времени	224	200

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p, \quad (4.10)$$

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p = 28194 \cdot (1 + 0,3 + 0,4) \cdot 1,3 = 62308 \text{ руб.}$$

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

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

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

$k_{р}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Тарифная заработная плата $Z_{тс}$ находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{сi} = 600$ руб. на тарифный коэффициент k_t и учитывается по единой для бюджетной организации тарифной сетке. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии.

Таблица 4.15 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$, тыс. руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$, тыс. руб.	$Z_{дн}$, тыс. руб.	$T_{р}$, раб. дн.	$Z_{осн}$, тыс. руб.
Руководитель проекта	28194	0,3	0,4	1,3	62308	2839	14	39746
Инженер	14584	0,3	0,4	1,3	32230	1496	53	79288
Итого:								119034

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

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 (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (4.11)$$

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,13 \cdot 39746 = 5166 \text{ руб};$$

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,13 \cdot 79288 = 10307 \text{ руб}.$$

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

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.12)$$

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,271 \cdot (39746 + 5166) = 12171 \text{ руб}.$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%

Таблица 4.16 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, тыс. руб	Дополнительная заработная плата, тыс. руб
	Исп. 1	
Руководитель проекта	39746	5166
Инженер	79288	10307

Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271
Итого	
Исполнение 1	36451

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Расчитанная 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.

Таблица 4.17 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	119034	Пункт 4.2
2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	15473	Пункт 4.2
3. Отчисления во внебюджетные фонды	36451	Пункт 4.2
4. Прочие затраты	563,5	Пункт 4.2
5. Затраты на электроэнергию и интернет	2820	Пункт 4.2
6. Затраты на аренду компьютера	30000	Пункт 4.2
7. Затраты на оформление патент	1602	Пункт 4.2
8. Бюджет затрат НТИ	205943	Сумма ст. 1-7

4.3 Определение ресурсоэффективности проекта

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 в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) 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:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{205943}{205943} = 1, \quad (4.13)$$

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 т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (4.14)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

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

Таблица 4.18 - Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэф.	Уплотнения с прямоугольным сечением	Уплотнение с другим сечением	Новый режим работы компрессорной установки
1. Безопасность	0,1	4	4	5
2. Удобство в эксплуатации	0,15	3	4	4
3. Срок службы	0,15	3	3	5
4. Ремонтопригодность	0,20	3	5	5
5. Надёжность	0,25	4	4	4
6. Материалоёмкость	0,15	4	3	5
Итого:	1	3,5	3,9	4,6

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p = 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 = 4,6.$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет высокое значение, что говорит об эффективности использования технического проекта.

Таким образом, новый режим работы компрессорной установки на данный момент остается эффективным и сохраняет конкурентоспособность.

В ходе выполнения данной части выпускной работы была доказана конкурентоспособность данного технического решения, был произведен SWOT-анализ. Также был посчитан бюджет НИИ равный 205943 руб. основная часть которого приходится на зарплаты сотрудников.

Данный раздел выполнялся на основе рекомендаций [15].

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4ЕЗ1	Костикову Алексею Валерьевичу

Институт	ИПР	Кафедра	ТПМ
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	15.03.02 «Технологические машины и оборудование» / «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, используемого оборудования) на предмет возникновения:

- вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шум, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения и т.д.);
- опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной природы);
- негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу);
- чрезвычайных ситуаций социального характера.

Рабочее место – машинный зал компрессорной установки.

Оборудование: поршневой компрессор.

Вредные факторы:

- повышенный уровень шума на рабочем месте;

- повышенный уровень вибрации.

Опасные факторы:

- повышенная температура маслосистемы;

- пожароопасность;

- наличие быстродвижущихся элементов.

Воздействие на окружающую среду:

- загрязнение атмосферы;

- загрязнение гидросферы;

- загрязнение литосферы.

Возникновение чрезвычайных ситуаций:

- нарушение рабочего режима маслосистемы;

- аварийная остановка при превышении уровня вибрации;

- пожар при повреждении системы подачи газа;

- обрыв штока поршня, как следствие разрушение компрессора;

- нарушение герметичности газовых систем;

- попадание жидкости в цилиндры поршневого компрессор.

2. Список законодательных и нормативных документов по теме.

ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования.

ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Общие требования.

	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; - действие фактора на организм человека; - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); - предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 	<p>Физико-химическая природа вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - повышенные уровни шума; - повышенные уровни вибрации. <p>Действие факторов на организм человека:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ухудшение слуха; - влияние на нервную систему; - раздражение человека; - нарушение работы сердечно-сосудистой системы; - головные боли; - тошнота. <p>Средства коллективной защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> - шумопоглощающая изоляция; - звукоизолирующие кожухи; - активные средства виброзащиты. <p>Средства индивидуальной защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> - противошумные наушники; - противошумные вкладыши; - вибродемпфирующие перчатки; - рукавицы, нагрудники, специальные костюмы.
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - механические опасности (источники, средства защиты); - термические опасности (источники, средства защиты); - электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); - пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<p>Источник опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - быстродвижущиеся элементы; - патрубков подачи топлива; - маслосистема; - камера сжатия. <p>Средства защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> - защитные экраны; - термостойкие перчатки; - системы пожаротушения. <p>Причины проявления опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - критическая температура компрессора; - накопление деформаций в штоке поршня; - нарушение герметичности системы. <p>Причины пожаров:</p> <ul style="list-style-type: none"> - механическое повреждение топливного патрубка; - утечка газа. <p>Профилактические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> - обучение пожарной ТБ; - контроль оборудования. <p>Первичные средства пожаротушения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - огнетушитель; - песок.
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> - защита селитебной зоны; - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); 	<p>Защита селитебной зоны:</p> <p>Учет санитарно-защитной зоны при строительстве газокompрессорных станций.</p> <p>Воздействие на атмосферу:</p>

<p>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</p>	<p>Выбросы продуктов сгорания топлива, содержащие:</p> <ul style="list-style-type: none"> – продукты полного сгорания горючих компонентов топлива; – компоненты неполного сгорания топлива. <p>Воздействие на гидросферу: возможный разлив смазочно-охлаждающих жидкостей.</p> <p>Воздействие на литосферу: твердые бытовые отходы при техническом обслуживании и ремонте газокomppressorных установок.</p> <p>Решения по обеспечению экологической безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - соблюдение инструкций при операциях по наливу и сливу смазочно-охлаждающих жидкостей; - Все работники должны быть обучены безопасности труда в соответствии с ГОСТ 12.0.004-90; - применение индивидуальных средств защиты по типовым отраслевым нормам при работе с нефтепродуктами.
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>Возможные ЧС на объекте:</p> <ul style="list-style-type: none"> - нарушение рабочего режима маслосистемы; - аварийная остановка при превышении уровня вибрации; - пожар при повреждении системы подачи газа; - обрыв штока поршня, как следствие разрушение компрессора; - нарушение герметичности газовых систем; - попадание жидкости в цилиндры поршневого компрессор. <p>Превентивные меры по предупреждению ЧС: проведение эмпирических испытаний после получения результатов при моделировании процессов в программном комплексе является наиболее важной мерой на пути предупреждения чрезвычайной ситуации.</p> <p>Для повышения устойчивости поршневого компрессора к возможной ЧС необходимо перед изготовлением штоков провести ряд исследований с помощью ЭВМ.</p> <p>Также при применении иных материалов при изготовлении штока, следует произвести эмпирические исследования, выявляющие прочность тела из данного материала в процессе эксплуатации.</p> <p>В случае возникновения данной аварийной ситуации необходимо действовать согласно инструкции, предписанной данному предприятию на случай возникновения ЧС.</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p>	<p>Правила безопасного ведения работ регламентируются ПБ 12-368-00</p>

<ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>"Правила безопасности в газовом хозяйстве".</p> <p>Допуск к работе имеют лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование в установленном порядке и не имеющие противопоказаний к выполнению данного вида работ, обученные безопасным методам и приемам работы, применению средств индивидуальной защиты, правилам и приемам оказания первой медицинской помощи пострадавшим и прошедшие проверку знаний в установленном порядке.</p> <p>К выполнению работ допускаются руководители, специалисты и рабочие, обученные и сдавшие экзамены на знание правил безопасности и техники безопасности, умеющие пользоваться средствами индивидуальной защиты и знающие способы оказания первой (доврачебной) помощи.</p> <p>Действующая с 1 января 2014 г. редакция ТК РФ определяет, что работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, положены следующие гарантии и компенсации:</p> <p>1) сокращенная продолжительность рабочего времени с возможностью выплаты денежной компенсации за работу в пределах общеустановленной 40-часовой рабочей недели (ст. 92 ТК РФ);</p> <p>2) ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск работникам с возможностью выплаты компенсации за часть такого отпуска, превышающую минимальную продолжительность (ст. 117 ТК РФ);</p> <p>3) повышенная оплата труда работников (ст. 147 ТК РФ).</p>
---	---

Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров).	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	5.05.2017
---	-----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры	Невский Е.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е31	Костиков Алексей Валерьевич		

5 Социальная ответственность

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена исследованию проблемы быстрого износа уплотнений торцевых крышек на второй ступени компрессора корпорации Arjal. В связи с этим данный раздел ВКР посвящен анализу возможных опасных и вредных факторов при работе с компрессорной установкой.

В качестве персонала рассматривается машинист технологических компрессоров.

Рабочим местом машиниста является машинный зал компрессорной установки.

В обязанности машиниста технологических компрессоров входит обслуживание компрессорных установок, щитов управления цехового уровня, а также общецеховых систем очистки и осушки газа, маслоснабжения, утилизация тепла на компрессорной установке. Производство оперативных переключений на технологической обвязке компрессорных станций, регулирование режима работы цеха по указанию диспетчерской службы. Вывод технологического оборудования в ремонт, участие в сдаче и приемке его из ремонта. Наладка компрессоров, их приводов, аппаратов, вспомогательного оборудования цехов, компрессорных установок. Ведение ремонтных журналов.

Основной целью раздела является рассмотрение оптимальных норм для улучшения условий труда, обеспечения производственной безопасности человека, сохранения работоспособности в процессе деятельности, повышения его производительности, а также охраны окружающей среды.

5.1 Описание рабочего места на предмет возникновения опасных и вредных факторов, а также негативного воздействия на окружающую среду

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные производственных факторы» выделяем следующие вредные факторы

производственной среды на газокomppressorной станции при работе с компрессорной установкой:

- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- повышенная загазованность воздуха рабочей зоны;
- повышенный уровень вибрации.

Основными источниками повышенной загазованности, вибрации и шума является компрессорная установка (поршневой компрессор и двигатель). В зависимости от мощности компрессорной установки частота вращения вала может достигать 1000 об/мин и более, что значительно увеличивает шум подшипниковых узлов.

Оппозитное расположение поршней и их возвратно-поступательное движение создают сильную вибрацию и шум. Наличие даже минимального дисбаланса в технической системе многократно преумножается в сильные вибрации, которые воздействуют на машинистов, работающих в непосредственной близости от газокomppressorной станции.

К опасным факторам относятся следующие:

- повышенная температура маслосистемы;
- пожароопасность;
- наличие быстродвижущихся элементов.

Компрессорная установка включает в себя поршневой компрессор с приводом от газопоршневого двигателя, использующий природный газ в качестве топлива. Газ при смешении с воздухом образует взрывоопасную смесь. Утечки газа в машинном зале компрессорной установки могут достичь высокой концентрации и привести к взрыву и последующему пожару на предприятии.

Воздействие на окружающую среду оказывают выхлопной газ с механическими примесями, возможные разливы смазочно-охлаждающих жидкостей, твердые бытовые отходы, образуемые при ремонтных операциях компрессорной установки.

5.2 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

В зависимости от длительного и интенсивного воздействия шума происходит большее или меньшее снижение чувствительности органов слуха, выражающееся временным смещением порога слышимости, которое исчезает после окончания воздействия шума, а при большой длительности и (или) интенсивности шума происходят необратимые потери слуха (тугоухость), характеризующиеся постоянным изменением порога слышимости.

Шум оказывает влияние на весь организм человека: угнетает центральную нервную систему, вызывает изменение скорости дыхания и пульса, способствует нарушению обмена веществ, возникновению сердечно-сосудистых заболеваний, гипертонической болезни, может приводить к профессиональным заболеваниям.

Шум с уровнем звукового давления до 30...35 дБ привычен для человека и не беспокоит его. Повышение этого уровня до 40...70 дБ в условиях среды обитания создает значительную нагрузку на нервную систему, вызывая ухудшение самочувствия и при длительном действии может быть причиной неврозов. Воздействие шума уровнем свыше 75 дБ может привести к потере слуха – профессиональной тугоухости.

Также шум влияет на производительность труда. Увеличение уровня шума на 1-2 дБ приводит к снижению производительности труда на 1%.

По ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности» допустимый уровень шума на рабочем месте газоперекачивающего агрегата составляет 80 дБ. Однако при работе компрессорной установки уровень шума может достигать 100 дБ.

Для снижения вредного воздействия шума на организм человека необходимо применение коллективных и индивидуальных средств защиты.

В качестве средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.1.029-80 персонал необходимо снабдить противошумными наушниками, закрывающими ушную раковину снаружи, либо противошумными

вкладышами, перекрывающими наружный слуховой проход и прилегающие к нему.

Длительное воздействие вибрации на организм человека приводит к серьезным последствиям под названием «вибрационная болезнь». Это профессиональная патология, которая возникает в результате длительного влияния на организм человека производственной вибрации, превышающей предельно допустимый уровень (ПДУ). Болеют, как правило, мужчины среднего возраста.

Вибрация может действовать как локально (например, на рабочие руки), так и на весь организм. Но в любом случае она способна к распространению, отражаясь на нервной и опорно-двигательной системе.

По ГОСТ 26568-85 к коллективным средствам защиты от вибрации относятся активные средства виброзащиты.

К индивидуальным средствам защиты от вибрации относятся специальные вибродемпфирующие перчатки, рукавицы, нагрудники, специальные костюмы, обувь.

5.3 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

Маслосистема представлена совокупностью трубопроводов, которые расположены по всей поверхности компрессора. Соприкосновение с системой при работающей установке может привести к ожогам различной степени, в зависимости от времени контакта и температуры трубопроводов. В качестве средства защиты необходимо использовать термостойкие перчатки.

Причиной пожара может стать утечка газа, который используется в качестве топлива в газопоршневом двигателе. Чтобы избежать утечку газа, применяется система контроля загазованности. На компрессорные установки должна предусматриваться система пенного пожаротушения, которая состоит из резервуара с водой, насосной станции, сети пенных трубопроводов. Также должен быть противопожарный трубопровод с установленными гидрантами.

Обязательно наличие огнетушителей на территории компрессорной установки.

В поршневом компрессоре одним из основным рабочим органом является шток поршня, который совершает возвратно-поступательное движение в цилиндре. При попадании жидкой фракции в цилиндр может произойти гидроудар, вследствие этого обрыв штока, повреждение компрессора и травмирование человека. В качестве средств защиты необходимо использовать защитные экраны, закрывающие непосредственно компрессорную часть по ГОСТ 12.2.062-81.

5.4 Охрана окружающей среды

Защита селитебной зоны

При строительстве дожимных компрессорных установок, в которых в качестве привода поршневого компрессора используется газопоршневой двигатель, учитываются нормы санитарно-защитной зоны согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Для снижения неблагоприятного воздействия на организм человека и на окружающую среду для станции данная зона составляет 500м.

С целью уменьшения загрязнения атмосферного воздуха вредными веществами, выделяемыми газопоршневым двигателем, размещение компрессорных установок осуществляется с учетом господствующего направления ветра, чтобы уменьшить попадание веществ, загрязняющих атмосферный воздух, на селитебную зону.

Воздействие на атмосферу

Газопоршневой двигатель использует в качестве топлива природный газ, который представляет собой смесь продуктов сгорания с избыточным горением. В общем случае продукты сгорания могут содержать:

- продукты полного сгорания горючих компонентов топлива;
- компоненты неполного сгорания топлива.

Выхлопные газы с продуктами неполного сгорания загрязняют атмосферу. Частицы, содержащиеся в выхлопном газе, наносят вред здоровью человека, попадая в органы дыхания. Для снижения концентрации вредных веществ выхлопных газов необходима более тщательная подготовка топливного газа, для снижения содержания механических примесей.

Воздействие на гидросферу

Возможным воздействием может являться разлив смазочно-охлаждающих жидкостей, а также отработанного масла компрессорной установки в случае несоблюдения правил замены жидкостей и их транспортировки.

Воздействие на литосферу

Работа компрессорной установки подразумевает осуществление регулярного технического обслуживания. Замена отработавших материалов и узлов приводит к образованию твердых отходов производства (металлолом, фторопласт, прочий бытовой и технический мусор). Для утилизации бытовых отходов применяются полигоны твердых бытовых отходов.

Решения по обеспечению экологической безопасности

При выполнении работ по наливу, сливу, зачистке транспортных средств и хранилищ следует соблюдать инструкции и правила техники безопасности, производственной санитарии и пожарной безопасности, разработанные для каждого предприятия с учетом специфики производства.

Работающие с нефтепродуктами должны быть обучены безопасности труда в соответствии с ГОСТ 12.0.004-90.

При работе с отработанными нефтепродуктами, являющимися легковоспламеняющимися и ядовитыми веществами, необходимо применять индивидуальные средства защиты по типовым отраслевым нормам.

Для предотвращения загрязнения окружающей среды нефтепродуктами, уменьшения пожарной опасности и улучшения условий труда рекомендуются установки герметичного налива и слива, стационарные шланговые устройства, системы автоматизации процессов сливно-наливных операций.

Режим слива и налива нефтепродуктов, конструкция и условия эксплуатации средств хранения и транспортирования должны удовлетворять требованиям электростатической искробезопасности по ГОСТ 12.1.018-93.

Устройства полигонов твердых бытовых отходов должны организовываться в соответствии с СанПиНом 2.1.7.722-98.

5.5 Защита в чрезвычайных ситуациях

Перечень возможных ЧС на объекте

Возможные ЧС на объекте:

- нарушение рабочего режима маслосистемы;
- аварийная остановка при превышении уровня вибрации;
- пожар при повреждении системы подачи газа;
- обрыв штока поршня, как следствие разрушение компрессора;
- нарушение герметичности газовых систем;
- попадание жидкости в цилиндры поршневого компрессор.

Наиболее типичной ЧС является обрыв штока поршня поршневого компрессора.

Описание превентивных мер по предупреждению ЧС

Так как в процессе моделирования невозможно учесть всех факторов, влияющих на работу штока, то при смене его материала возможны некоторые неполадки, которые вызваны данными упущениями, которые в дальнейшем могут привести к возникновению чрезвычайных ситуаций. Поэтому рекомендуется провести детальные практические испытания данных образцов штоков с целью предупреждения подобных эксцессов.

5.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Компрессорная установка является объектом повышенной опасности для всего персонала, а также объектом, на котором установлено дорогостоящее оборудование, эксплуатировать которое должны специалисты предприятия, которые прошли обучение и имеют допуск к работе оборудования, транспорта, а также знают, как действовать в случаях аварий, в нештатных ситуациях.

Правила безопасного ведения работ регламентируются ПБ 12-368-00 "Правила безопасности в газовом хозяйстве", который разработан в соответствии с "Положением о Федеральном горном и промышленном надзоре России" и учитывают требования Федерального закона "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21.07.97 N 116-ФЗ, а также других действующих нормативных документов.

Допуск к работе имеют лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование в установленном порядке и не имеющие противопоказаний к выполнению данного вида работ, обученные безопасным методам и приемам работы, применению средств индивидуальной защиты, правилам и приемам оказания первой медицинской помощи пострадавшим и прошедшие проверку знаний в установленном порядке.

Лица женского пола могут привлекаться к проведению отдельных газоопасных работ, предусмотренных технологическими регламентами и инструкциями и допускаемых законодательством о труде женщин.

К выполнению работ допускаются руководители, специалисты и рабочие, обученные и сдавшие экзамены на знание правил безопасности и техники безопасности, умеющие пользоваться средствами индивидуальной защиты и знающие способы оказания первой (доврачебной) помощи.

Первичное обучение рабочих безопасным методам и приемам труда; руководителей и специалистов, лиц, ответственных за безопасную эксплуатацию газового хозяйства и ведение технического надзора, а также

лиц, допускаемых к выполнению газоопасных работ, должно проводиться в организациях (учебных центрах), имеющих соответствующую лицензию.

Основным органом государственного надзора и контроля за состоянием охраны труда является Федеральная служба по труду и занятости. В ее структуру входят Управление надзора и контроля за соблюдением законодательства о труде, территориальные органы по государственному надзору и контролю за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права, государственные инспекции труда субъектов Российской Федерации.

Действующая с 1 января 2014 г. редакция ТК РФ определяет, что работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, положены следующие гарантии и компенсации:

1) Сокращенная продолжительность рабочего времени с возможностью выплаты денежной компенсации за работу в пределах общеустановленной 40-часовой рабочей недели (ст. 92 ТК РФ).

2) Ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск работникам с возможностью выплаты компенсации за часть такого отпуска, превышающую минимальную продолжительность (ст. 117 ТК РФ).

3) Повышенная оплата труда работников (ст. 147 ТК РФ).

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были проанализированы строение и принцип работы компрессорной установки, рассмотрен поршневой компрессор, и уплотнения, применяемые на торцевых крышках.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был проведен SWOT-анализ проекта с определением его сильных и слабых сторон, а также с определением угроз и возможностей при его осуществлении. Для научно-исследовательского проекта был определен бюджет затрат, который составил 205 943 рублей.

В разделе «Социальная ответственность» проведен анализ возможных вредных факторов (например, повышенный уровень шума, повышенный уровень вибрации). В качестве опасных факторов выявлены повышенная температура маслосистемы, пожароопасность, наличие быстровращающихся механизмов. Чрезвычайная ситуация определена, в виде быстрого износа уплотнения на торцевых крышках.

Список использованных источников

1. Голубев А. И. Торцовые уплотнения вращающихся валов. Изд. 2-е, перераб, и доп. М., «Машиностроение», 1974, 212 с.
2. Детали машин и основы конструирования: учеб. / С.М. Горбатюк [и др.]; под ред. С.М. Горбатюка – М.: Изд. Дом МИСиС, 2014.
3. Мельник В.А. Торцевые уплотнения валов / Мельник В.А. - М.: Машиностроение, 2008. - 317 с.
4. Продан В.Д. Герметичность разъемных соединений оборудования, эксплуатируемого под давлением рабочей среды: учебное пособие / В.Д. Продан. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 280 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-8265-1150-3.
5. Макаров Г. В. Уплотнительные устройства. Л., «Машиностроение», 1973. 232 с.
6. Майер Э. Торцовые уплотнения: Пер. с нем. — М.: Машиностроение, 1978. —288 с, ил.
7. Уплотнения и уплотнительная техника: Справочник / Л. А. Кондаков, А.И. Голубев, В.Б. Овандер и др.; Под общ. ред. А.И. Голубева, Л.А. Кондакова. - М.: Машиностроение, 1986. - 464 с., ил.
8. Уплотнения. Сборник статей. Перевод с англ. инж. В. П. Харитоновой, под ред. д-ра техн. наук И. К. Житомирского, М., «Машиностроение», 1964. — 294 с.
9. Шаммазов А.М., Александров В.Н., Гольянов А.И. и др. Проектирование и эксплуатация насосных и компрессорных станций.
10. Вадецый Ю.В. Бурение нефтяных и газовых скважин: учебник для нач. проф. образования. 7-е изд., стер. – М. Издательский центр «Академия», 2013. – 352 с.
11. А.В. Герасимов, В.И. Павлюченко, В.В. Чеботарёв, Г.А. Шамаев. Технология и техника добычи природных углеводородов. Учеб. пособие. 2000 г. — Уфа: Изд-во УГНТУ, 299 с.

12. Юша В.Л. Теория, расчёт и конструирование поршневых компрессоров: Учебное пособие по курсовому проектированию / В.Л. Юша. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2006. – 120 с.

13. Пластинин П.И. Поршневые компрессоры. Т. 1. Теория и расчет. – М.: Колос, 2000. – 456 с.

14. Фотин Б.С. и др. Поршневые компрессоры / Б.С. Фотин, И.Б. Пирумов, И.К. Прилуцкий, П.И. Пластинин. – Л.: Машиностроение, 1987. – 372 с.

15. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

16. Смерека Б.М., Легун И.А., и др. Школа эксплуатации компрессоров ариель, Москва, изд. 8, март 2016 г.

17. Страхович К.И., Френкель М.И., Кондряков И.К., Рис В.Ф. Компрессорные машины - М.: Гос. изд-во торговой литературы, 1961. - 600 с.

18. Батманова, О. А. Расчет машин, оборудования для подготовки добычи нефти и газа: учеб. пособие / О. А. Батманова. – Ухта: УГТУ, 2012. – 66 с.: ил.

19. Руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию. Двигатели Caterpillar G3600.