

титульный

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ				
------------------------	--	--	--	--

Лист
1

Реферат

Выпускная квалификационная работа X страниц, X рисунков, X таблиц, X источников.

Ключевые слова: сухое газодинамическое уплотнение, газоперекачивающий агрегат, дожимная компрессорная установка, поршневой компрессор.

Объект исследования:

Результаты исследования:

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ				Лист
				2

Список сокращений

ДКС – дожимная компрессорная станция

ГПА – газоперекачивающий агрегат

СГУ – сухое газодинамическое уплотнение

ДКУ – дожимная компрессорная установка

ГТУ – газотурбинная установка

ЦСГ – цех сепарации газа

БЕ – буферная ёмкость

РД – регулятор давления

ПДК – предельно-допустимая концентрация

ТК – технологические компрессора

СИЗ – средства индивидуальной защиты

[illegible]

Оглавление:

Реферат

Список сокращений

Введение.....

1 Обзор литературы

2 Объект и методы исследования

2.1 Основные сведения о сухих газодинамических уплотнениях

2.2 Конструктивные схемы СГУ, область применения.

2.3 Работа сухого газового уплотнения

2.4 Технологические стандарты и требования к системе СГУ

2.5 Панель управления СГУ

2.6 Дожимная компрессорная установка

2.7 Компрессор

2.8 Схемы и классификация поршневых компрессоров

2.9 Выбор и анализ схемы компрессора

2.10 Поршневые газовые компрессоры фирмы Ariel

3. Расчётно-конструкторская часть

3.1 Распределение повышения давления по ступеням

3.2. Определение коэффициентов подачи

3.3 Определение основных размеров и параметров ступеней

3.4. Определение индикаторной мощности компрессора и выбор электродвигателя

3.5. Подбор электродвигателя

4. Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

4.1 Потенциальные потребители результатов

4.2 Планирование работ по модернизации системы

4.3 Определение трудоемкости выполнения работ

4.4 Разработка графика проведения научного исследования

4.5 Бюджет научно-технического исследования

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ Ли Изм. № докум. Подп. Дата Лист 4				

4.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

4.5.2 Основная заработная плата исполнителей темы

4.5.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

4.5.4 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

5. Социальная ответственность

5.1. Техногенная безопасность

5.1.1 Анализ вредных факторов производственной среды в машинном зале

5.1.2 Анализ опасных факторов производственной среды

5.2 Региональная безопасность

5.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности

5.4 Особенности законодательного регулирования проектных решений

5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Заключение.....

Приложение.....

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ

Лист

5

Введение

Газовая промышленность – крупнейший элемент российской экономики и мировой системы энергообеспечения. Россия занимает первое место в мире по добыче, запасам и ресурсам газа, обеспечивает свыше 21% его мирового производства и около 25% всех международных поставок.

В настоящее время в газовой промышленности для транспортировки природного газа на дожимающих и линейных компрессорных станциях магистральных газопроводов используются газоперекачивающие агрегаты, имеющие в своем составе нагнетатели с сухими газодинамическими уплотнениями (СГУ). Большинство новых нагнетателей создаются с применением СГУ. Кроме того СГУ включаются в состав нагнетателей при реконструкции и модернизации ГПА.

Для работы СГУ его необходимо обеспечивать сухим газом в требуемом количестве и при определённом давлении. Данную функцию выполняет система обеспечения газом, важную роль в которой выполняют дожимные компрессорные установки (ДКУ).

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ					Лист
										6

1. Обзор литературы

По данным, приведённым авторами [1] в центробежных насосах и компрессорах почти 40-80% отказов и производственных потерь происходит из-за выхода из строя уплотнений, при этом количество отказов растёт по мере увеличения единичной мощности ЦК.

С целью снижения количества отказов учёные и инженеры, работающие в области создания ЦК, непрерывно совершенствуют теоретические методики расчёта, проводят экспериментальные исследования, совершенствуют конструкции уплотнительных узлов.

В литературе широко представлены исследования уплотнений различных конструкций, применяемых в ЦК. Благодаря неоспоримым преимуществам СГУ над ранее применяемыми типами уплотнений корпуса сжатия, комплектация ЦК системами СГУ на рубеже 20-21 веков дошла до 95% от общего объёма выпуска.

К этому времени на Российском рынке появились зарубежные компании-производители СГУ, самые известные из которых - «John Crane» (Великобритания), «EagleBurgmann» (Германия), ООО НПФ «Грейс-инжиниринг» (Украина). В это время отечественные разработчики компрессорного оборудования и систем уплотнений не имели ещё достаточного опыта для производства и внедрения СГУ собственных конструкций. Массовое использование СГУ в ЦК подтолкнуло отечественные компании к форсированию исследовательских работ для создания уплотнений такого типа, в которых наибольшее участие приняли 3 научных центра - в Казани на базе ЗАО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа» совместно с КНИТУ (КХТИ), в Санкт Петербурге - СПбГТУ, в Самаре - Самарский Аэрокосмический университет, сотрудниками которых опубликованы отдельные монографии посвящённые разработке и внедрению СГУ [2,3,4,5]. Известно, что производство СГУ было освоено в Казани и Самаре.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ-15/05.00.00.00 ПЗ

Лист

7

2 Объект и методы исследования

2.1 Основные сведения о сухих газодинамических уплотнениях

Использование торцевых уплотнений в качестве концевых уплотнений валов центробежных компрессоров началось с середины 70-х гг. Тогда же фирмой «John Crane» был получен первый патент на торцевое уплотнение, на рабочей поверхности которого выполнены спиральные канавки, создающие эффективные газовый несущий слой. Массовое производство и широкое использование газовых уплотнений началось со второй половины 80-х гг. В 1991 году фирмой «John Crane» было разработано и успешно испытано уплотнение, на рабочей поверхности которого были получены реверсивные трапецеидальные канавки путем ионного травления.



Рисунок 1 - Внешний вид сухого газодинамического уплотнения

Внешне бесконтактное сухое газовое уплотнение устроено по принципу традиционного механического уплотнения и имеет те же основные детали и узлы - вращающееся уплотнительное кольцо, седло, пружины, вторичные уплотнения (О-кольца), втулки и т.п. Принципиальное отличие заключается в канавках глубиной в пределах 1-8 мкм, выполненных на вращающемся кольце трения со стороны наружного диаметра, которые занимают около 50% рабочей поверхности кольца. Часть поверхности вращающегося кольца, находящаяся со стороны

Инв. № подл. Подп. и дата. Инв. № дубл. Взам. инв. №. Подп. и дата.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТПМ-15/05.00.00.00 ПЗ

Лист

8

внутреннего диаметра и не имеющая канавок, называется дамбой. Канавки и дамба являются главными факторами в работе бесконтактного уплотнения и обеспечивают две комбинированные функции:

- гидростатическое открытие пары трения от действия давления рабочего газа без вращения вала;
- гидродинамическое открытие пары трения (обычно на 2-5 мкм) за счет повышения и создания в зоне дамбы слоя газовой смазки из-за сужения дамбой потока газа, идущего от канавок. В зоне начала дамбы происходит повышение температуры и вязкости газа, что принципиально для стабильности газовой смазки. Правильно рассчитанное и изготовленное бесконтактное уплотнение является стабильной саморегулирующейся системой, весьма стойкой к изменениям рабочих параметров [7].

2.2 Конструктивные схемы СГУ, область применения.

Для применения в газовых ЦК наибольшее распространение получили четыре основные конструкции СГУ, используемые в зависимости от условий эксплуатации: одноступенчатое, двухступенчатое (тандемное), трёхступенчатое, двухстороннее («спина к спине»).

Одноступенчатые уплотнения (рис. 2.1) чаще всего применяются в компрессорах сжимающих газы, утечка которых в окружающую среду не представляет опасности, например в процессах компримирования воздуха или азота. СГУ такого типа могут применяться также, в следствии конструктивных особенностей ЦК. Например, при замене существующей системы масляных уплотнений на систему СГУ, когда осевой размер посадочного места под уплотнение не позволяет разместить СГУ другой конструкции.

Наиболее широкое распространение в промышленности получили торцевые уплотнения типа «Тандем», конструктивно состоящие из двух СГУ, расположенных в одном картридже (рис. 2.2) СГУ типа «Тандем» идеально подходит с точки зрения надежности и безопасности при магистральном транспорте природного газа. Первичный газовый затвор действует как основной, а вторичный является резервным.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № подл.
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ

Лист

9

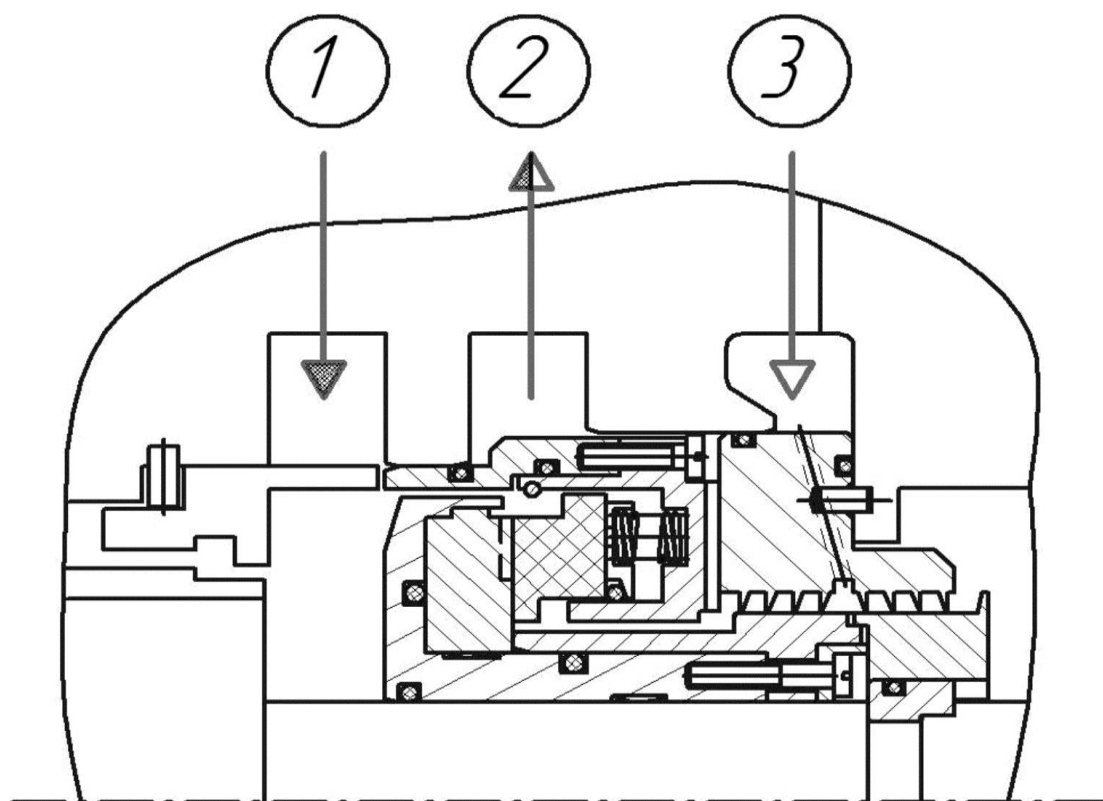


Рисунок 2.1 - Одноступенчатое СГУ

1 - камера подвода буферного газа; 2 - камера отвода утечки и части барьерного газа; 3 - камера подвода барьерного газа

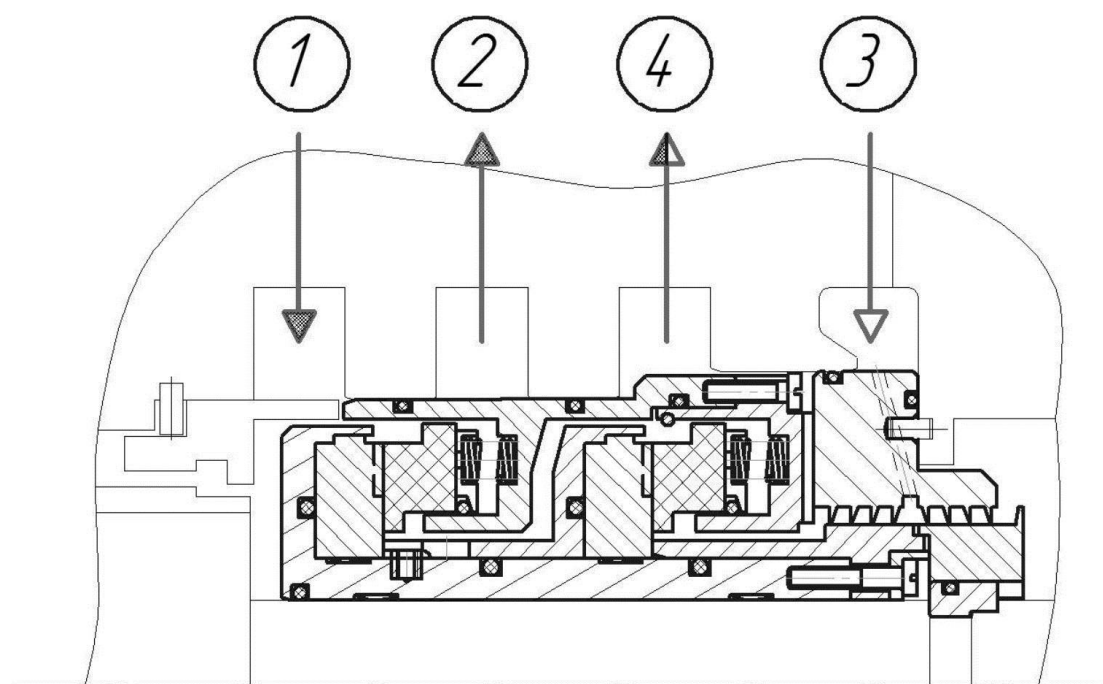


Рисунок 2.2 - Двухступенчатое СГУ

1- камера подвода буферного газа; 2 - камера отвода утечки после первой ступени; 3 - камера подвода барьерного газа; 4 - камера отвода утечки после второй ступени и части барьерного газа

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТГМ-15/05.00.00.00 ПЗ

Область применения двухступенчатых уплотнений ограничивается высоким уплотняемым давлением, когда при проектировании СГУ не удаётся обеспечить приемлемый (с точки зрения безвозвратных потерь уплотняемого газа) расход утечки. В этом случае применяется трёхступенчатое уплотнение, которое представлено на рис. 2.3.

В такой конструкции первая и вторая ступени являются рабочими, третья - страховочной. Уплотняемое давление полностью снижается на первой и второй ступенях в соотношении близком 50:50. Назначение камер подвода - отвода буферного и барьерного газов у трёхступенчатого СГУ аналогично камерам двухступенчатого СГУ.

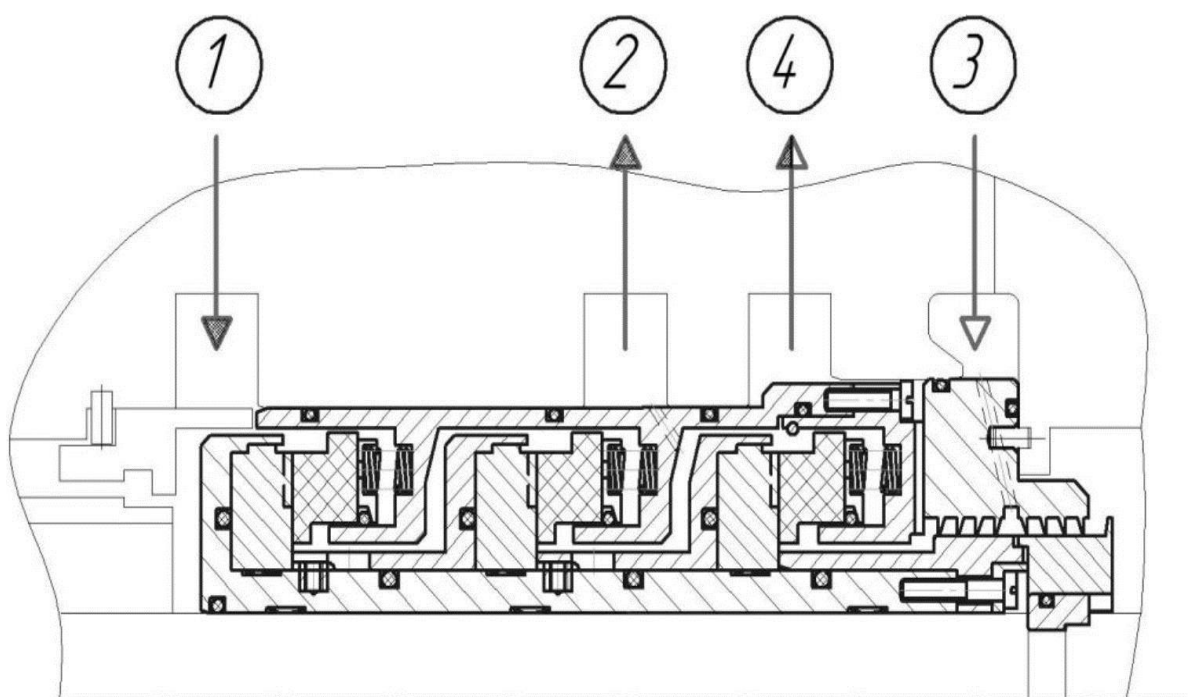


Рисунок 2.3 - Трёхступенчатое СГУ

1 - камера подвода буферного газа 2 - камера отвода утечки после первой ступени 3 - камера подвода барьерного газа 4 - камера отвода утечки после второй ступени и части барьерного газа

В компрессорах, используемых в технологических процессах, для которых недопустимо попадание сжимаемого газа в окружающую среду может быть применено двухстороннее СГУ («спина к спине»), представленное на рис. 2.4.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

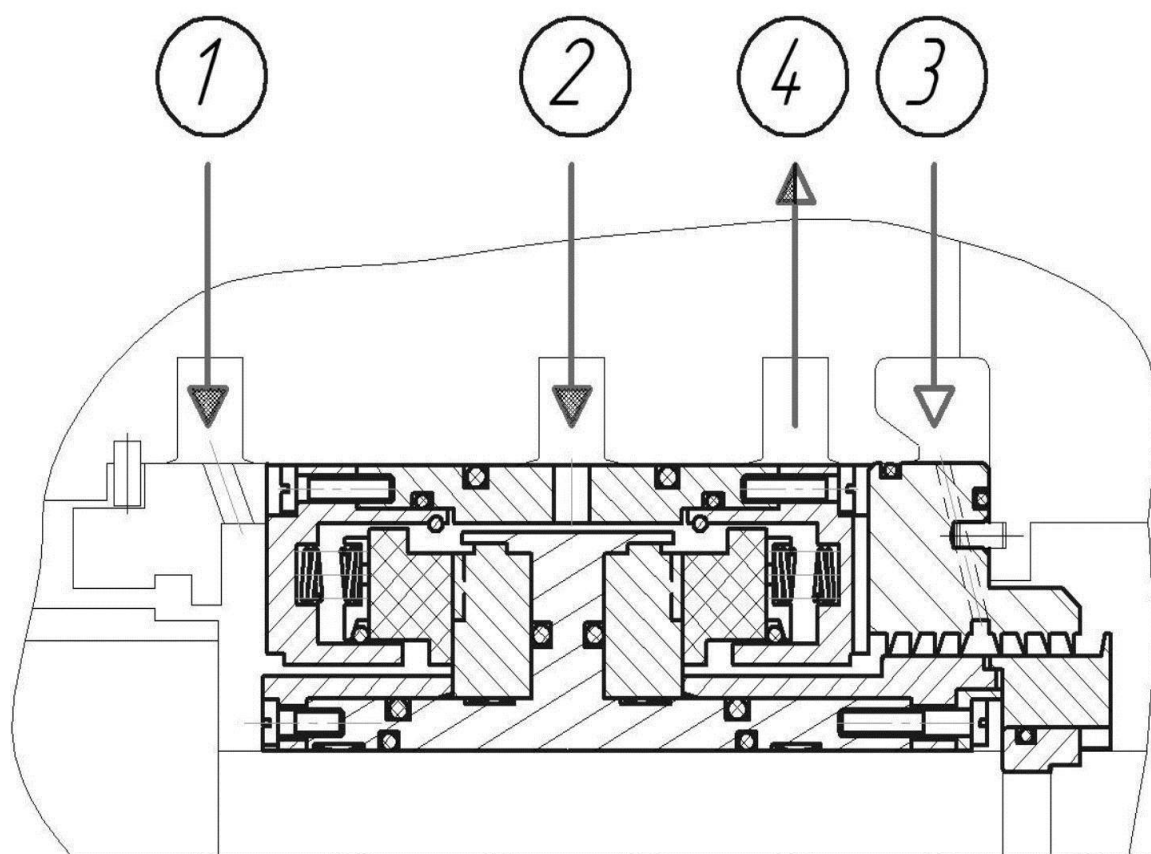


Рисунок 2.4 - Двухстороннее СГУ

- 1 - камера подвода очищенного газа; 2 - камера подвода буферного газа; 3 - камера подвода барьерного газа; 4 - камера отвода утечки после ступени со стороны подшипника и части барьерного газа.

При применении двухстороннего СГУ необходимо учитывать проникновение буферного газа в сжимаемую среду. Поэтому необходимо наличие буферного газа, совместимого с рабочим и под давлением, превышающим уплотняемое давление. Необходимости наличия линии отвода утечек на факел при применении двухстороннего СГУ нет. Областью применения двухсторонних уплотнений являются компрессоры, используемые на нефтехимических производствах. [9].

2.3 Работа сухого газового уплотнения

Очищенный природный газ (уплотняющий или буферный) поступает в полость между внутренним лабиринтом и картриджем уплотнения. Большая часть этого газа перетекает обратно по внутреннему лабиринту в компрессор, тем самым обеспечивая отсутствие механических частиц и жидкости в полости

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТГМ-15/05.00.00.00 ПЗ

уплотнения, которые могут навредить газовому затвору. Небольшая часть подаваемого буферного газа перетекает через уплотняющий зазор в полость между картриджами второй и первой ступени. Эта полость вентилируется, а утечка газа уходит на свечу. Картридж второй ступени выполняет функцию резервного уплотнения и будет уплотняться утечкой газа из первой ступени или разделительным газом. Для избегания попадания масла в уплотнительные камеры и разобщения газового уплотнения от подшипниковой камеры и служит барьерное уплотнение. Обычное его конструктивное исполнение в виде сегментного кольца из графита или лабиринтного уплотнения. За счёт подачи воздуха и достигается необходимое уплотнение. Некоторое преимущество графитового кольца возникает, в основном за счет более низких требований к расходу буферного воздуха, по сравнению с лабиринтными барьерными уплотнениями, т.к. имеет меньший зазор с валом компрессора [12].

2.4 Технологические стандарты и требования к системам СГУ

Использование сухого газодинамического уплотнения в составе газоперекачивающего агрегата требует установки дополнительного оборудования, обеспечивающего необходимые требования для работы уплотнения: необходимо обеспечить подачу буферного (уплотняющего) газа к картриджам уплотнений с заданными параметрами на всех режимах работы газоперекачивающего агрегата. Система фильтрации должна обеспечивать отсутствие механических примесей в буферном газе больше 10 мкм, 99.7% фильтрацию по влаге в точке подключения. Не допускается конденсация влаги внутри полости установки картриджа и на самой уплотняющей паре из-за эффекта Джоуля-Томпсона при последовательном прохождении уплотняющего газа через запорную арматуру, уплотнительный зазор и свечи.

На сегодняшний день в системах СГУ используемых на объектах газовой промышленности для обеспечения требуемого перепада давлений у уплотнительного газа и полости всасывания, уплотнительный газ отбирается из коллектора нагнетания (если по крайней мере один ГПА на компрессорной станции работает), иначе природный газ отбирается на входе в

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ
					13

газоперекачивающий агрегат. Из-за отсутствия газа, а так же в следствии снижения требуемого перепада давления во всех режимах работы газоперекачивающего агрегата, возникнет прорыв неочищенного газа с нагнетания компрессора к уплотнению и выведет его из строя [11].

2.5 Панель управления СГУ

Панель управления представляет собой устройство для обеспечения условий работы сухих уплотнений. Проще говоря, с ее помощью в определенные полости уплотнений подается газ, а также воздух или азот с необходимыми параметрами. Эти мероприятия необходимы для правильной и надежной работы сухих уплотнений. Панели управления СГУ проектируются, как правило, индивидуально для каждого типа компрессора. Часто компрессор разрабатывается унифицированным, со сменными проточными частями, рассчитанными на разные степени сжатия. В таком случае возможно применение однотипных панелей с разными диапазонами приборов.



Рисунок 3 - Панель управления СГУ фирмы «EagleBurgmann»

Панель управления СГУ включает в себя несколько основных систем:

- Система подачи уплотнительного газа, обеспечивает подачу на узлы СГУ очищенного с помощью блока фильтров газа, поддерживает перепад давления газа между давлением в полости компрессора и давлением на входе в «сухие» уплотнения.
- Блок фильтров установлен в системе подачи уплотнительного газа панели управления. Как правило, к блоку подключен датчик перепада давления для контроля степени загрязнения фильтра. Во время работы действует только один фильтр. Вы можете переключаться с одного фильтра на другой по мере загрязнения фильтроэлемента, без останова компрессора. Система контроля утечек газа отводит утечки после первой ступени СГУ на свечу. По уровню утечек газа в этой системе можно оценить состояние уплотнений, а также возникшие сбои в их работе.
- Система подачи барьерного газа предназначена для подачи барьерного газа в наружное ступенчатое лабиринтное уплотнение для предотвращения попадания смазывающего масла на узлы СГУ. Также система обеспечивает исключение взрывоопасной концентрации перекачиваемого газа в полостях компрессора. В качестве барьерного газа используется воздух или азот по согласованию с Заказчиком. [3]

2.6 Дожимная компрессорная установка

Требования к источнику уплотняющего (буферного) природного газа: Система подачи буферного газа должна обеспечить превышение давления уплотняющего газа над расчетным давлением ($P_1 + \Delta$) на величину не менее чем на 20..30 кПа на всех режимах работы ГПА, включая запуск ГПА, аварийный и нормальный останов, режимы с малыми степенями сжатия, работа на режиме «Кольцо для обеспечения нормального регулирования величины перепада «газ-газ». Количество подаваемого газа рассчитывается исходя из расхода газа через лабиринтное уплотнение, установленное между проточной частью компрессора и СГУ плюс расход утечки газа через газодинамическую ступень. Для подготовки уплотняющего природного газа используют дожимную компрессорную установку (ДКУ) для подачи газа в полость

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ

Лист

15

уплотняющего газа которая в свою очередь и обеспечивает необходимый перепад давления. Компрессорная установка – это совокупность компрессора, трубопроводов, привода, аппаратов и необходимого оборудования для перемещения газа и повышения давления. Применение дожимной компрессорной установки является предпочтительным также вследствие повышения автономности газоперекачивающего агрегата, надежности работы сухого газодинамического уплотнения и увеличения ресурса ГПА.[2]

2.7 Компрессор

Главным элементом дожимной компрессорной установки является компрессор, который и обеспечивает необходимый напор и давление газа.

Компрессоры можно классифицировать по ряду характерных признаков. По принципу действия компрессоры подразделяются на объёмные и лопастные (турбокомпрессоры).

Объёмный компрессор – это компрессор, в котором процесс сжатия газа происходит в процессе периодического уменьшения занимаемого объёма газом. К объёмным компрессорам относятся роторные и поршневые компрессоры различных конструкций.

В поршневых компрессорах уменьшение занимаемого газом объёма, осуществляется за счёт перемещения сжимающего элемента – поршня, который в свою очередь совершает прямолинейное возвратно-поступательное движение. К поршневым компрессорам также относят мембранные и свободно-поршневые. Поршневые компрессоры являются самыми распространёнными и многообразными по конструктивному выполнению, компоновкам и схемам. Так же их различают по числу цилиндров, устройству цилиндров и их расположению, числу ступеней сжатия, устройству кривошипно-шатунного механизма. Характерными особенностями поршневых компрессоров являются прерывная подача газа, принудительное выталкивание газа путем перемещения поршня, возвратно-поступательное движение поршня.

2.8 Схемы и классификация поршневых компрессоров

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ

Лист

16

Схема компрессора может характеризоваться следующими параметрами: расположением цилиндров, конструкцией механизма движения, числом ступеней, кратностью подачи. Так же компрессоры можно разделить на три основные группы по расположения осей цилиндров: горизонтальные, вертикальные и угловые. Кроме того, поршневые компрессоры можно классифицировать по расположению цилиндров в пространстве

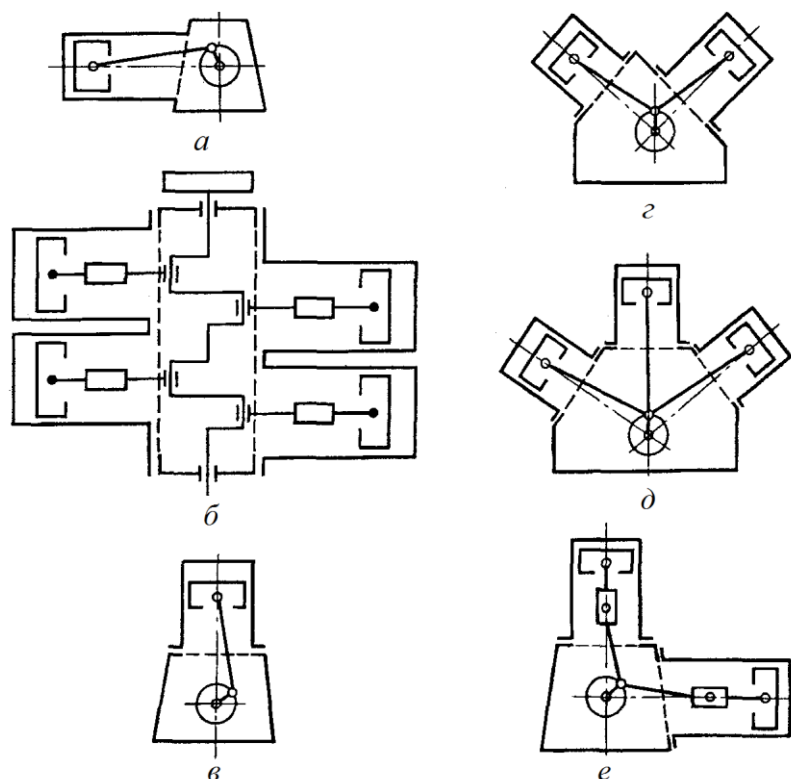


Рисунок 4 - Схемы поршневых компрессоров

a – горизонтальный; *б* – оппозитный; *в* – вертикальный; *г* – V-образный; *д* – W-образный; *е* – угловой.

К вертикальным компрессорам относятся машины с вертикально расположенными в них цилиндрами, относительно фундамента. Для вертикальных компрессоров характерно равномерное распределение по рабочим поверхностям смазочного материала поступающего в цилиндр, а попадающиеся твердые частицы оседают на торцевой поверхности поршня, которая не контактирует с внутренней поверхностью цилиндра. Поэтому для вертикальных компрессоров характерен меньший износ и более лучшая герметичность уплотнений.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № инв. №
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

Силы инерции возвратно-поступательно движущихся масс в вертикальных компрессорах на фундамент действуют вертикаль но, что повышает устойчивость компрессоров и позволяет использовать фундаменты меньшей массы. Отмеченные преимущества позволяют выполнять вертикальные компрессоры более быстроходными.

Горизонтальные машины лишены преимуществ вертикальных компрессоров. Однако, они более просты в обслуживании. С точки зрения динамической устойчивости наиболее совершенными являются угловые компрессоры. Эти компрессоры выполняют высокооборотными, и их фундаменты имеют большую массу.

Перечисленные особенности поршневых компрессоров определяют области их применения. Вертикальную схему расположения применяют для высокооборотных компрессоров с малым числом ступеней. Горизонтальную схему используют в основном для относительно тихоходных стационарных компрессоров большой подачи.

К угловым компрессорам относятся машины с расположенными цилиндрами в одних рядах горизонтально, а в других – вертикально. Такие компрессоры называются прямоугольными. Так же к угловым компрессорам относятся машины с наклонными цилиндрами, расположенными V- (рис.4,г) и W(рис.4,д) – образно. Обычно угловая схема применяется для передвижных компрессорных установок.

По числу ступеней сжатия компрессоры делятся на одно-, двух- и многоступенчатые. Многоступенчатое сжатие совершают, когда необходимо ограничить температуру сжимаемого газа. Газ охлаждается за счёт применения промежуточно охлаждения, что так же значительно уменьшает затраты работы на сжатие. Для уменьшения износа трущиеся поверхности компрессора (сальники, цилиндры, поршни) смазываются маслом, которое при воздействии высоких температурах разлагается, образуя нагар, и теряет свои смазывающие свойства. При высоких температурах в воздушных компрессорах возникает опасность воспламенения и взрыва масляного нагара, накапливающегося в

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ

крышках цилиндров, трубопроводах, поэтому температура нагнетаемого воздуха не должна превышать 180°C. Чтобы ограничить температуру нагнетаемого газа, увеличивают число ступеней сжатия. С увеличением числа ступеней сжатия увеличиваются надёжность и производительность машины и уменьшаются затраты энергии на сжатие.

По числу рядов цилиндров компрессоры подразделяют на однорядные и многорядные. Число рядов цилиндров в компрессоре обусловлено расположением осей цилиндров, а число степеней - подачей и рабочим давлением компрессора. Основное преимущество однорядных компрессоров заключается в их простой конструкции.

К наиболее прогрессивным схемам относятся горизонтальные компрессоры с оппозитным (взаимно противоположным) расположением цилиндров относительно вала в двух или более рядах (рис.4, б).

Совокупность узлов кривошипно-шатунного механизма поршневого компрессора называют его базой. Оппозитное исполнение баз характеризуется расположением шатунов и ползунов по обе стороны коленчатого вала.

По производительности каждый тип компрессоров имеет свою классификацию. Поршневые компрессоры по производительности классифицируются так:

- микрокомпрессоры (производительностью до 10дм³/с);
- малой производительности (от 10 до 100дм³/с);
- средней производительности (от 100 до 1000дм³/с);
- большой производительности (свыше 1000дм³/с).

Компрессоры малой производительности в большинстве случаев выполняют бескрейцкопфными с водяным или воздушным охлаждением цилиндров и холодильников. В этих машинах коленчатый вал установлен на подшипниках качения. Смазочная система механизма движения преимущественно циркуляционная. Компрессоры малой производительности применяют как для стационарных, так и передвижных компрессорных установок.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Инв. № подл.	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Взам. инв. №
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТПМ-15/05.00.00.00 ПЗ

Лист
19

Компрессоры средней производительности выпускают угловыми, прямоугольными и оппозитными. Угловые компрессоры занимают меньшую площадь, чем оппозитные, но хуже уравновешены и поэтому менее быстроходны. Такие компрессоры устанавливают на фундаментах и применяют только в стационарных установках.

Компрессоры большой производительности выпускают горизонтальными в оппозитном исполнении. Компрессоры ранних выпусков строились в вертикальном и горизонтальном исполнении с расположением цилиндров по одну сторону вала.

2.9 Выбор и анализ схемы компрессора

Учитывая производительность компрессора, свойства сжимаемого газа и область давлений, принимаем для компрессора выполнение оппозитное. Оппозитные компрессоры, благодаря особенностям схем и конструкций базы, компрессора и установки в целом, обладают существенными преимуществами перед другими типами поршневых компрессоров. Оппозитным компрессорам присущи основные положительные качества горизонтальных компрессоров – удобство обслуживания и возможность удобного размещения межступенчатых коммуникаций и аппаратуры. Основным преимуществом оппозитных компрессоров является возможность выполнения их многорядными с расположением в каждом ряду обычно только одного цилиндра. При этом в ступенях низкого давления, где объем сжимаемого газа велик, появилась возможность иметь два и более цилиндров в нескольких рядах. Поэтому диаметры цилиндров и поршней оказались значительно меньшими, чем в старых горизонтальных компрессорах, масса подвижных частей тоже меньше, что дало возможность значительно снизить силы инерции при их движении. При этом силы инерции в противолежащих рядах, а частично и силы давления газа на поршни, уравновешиваются. Поскольку нагрузки на механизм движения в оппозитном компрессоре значительно меньше, стало возможным увеличение частоты вращения в 2-3 раза, что в свою очередь, дало возможность уменьшить размеры цилиндров и компрессоров в целом. Такая схема несколько уступает

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ

Лист

20

вертикально-горизонтальной и вертикальной схеме по большой занимаемой компрессором площади, но по расположению цилиндров у оппозитного уравнивание гораздо лучше, чем у вертикально-горизонтального.

2.10 Поршневые газовые компрессоры фирмы Ariel

Компания Ariel – мировой производитель поршневых газовых компрессоров раздельного типа, используемых в энергетической промышленности для добычи, переработки, транспортировки, хранения и распространения нефти и природного газа.

Газовый компрессор Ariel является центральной частью интегрированной системы, которая включает в себя: двигатель, охлаждающие элементы, трубопроводы и другие компоненты. Инженеры компании разрабатывают системы компрессора по индивидуальным заказам с учетом конструкции двигателя, что позволяет эффективно использовать максимальную производственную мощность. Консервативный дизайн оборудования Ariel помогает значительно снижать износ узлов и деталей систем компрессора. При регулярном и минимальном техническом обслуживании все компрессора Ариель гарантируют бесперебойную работу установок на длительный срок. Каждая модель разработана таким образом, чтобы обеспечить легкость ремонта и замены деталей. Многие компоненты агрегатов различных серий взаимозаменяемы между собой, что, в свою очередь, снижает издержки при техническом обслуживании газовых компрессоров Ариель.

3. Расчётно-конструкторская часть

Проведём расчёт из условия увеличения количества компрессоров в системе обеспечения буферным газом «сухих» газовых уплотнений.

3.1 Распределение повышения давления по ступеням

Выполним расчёт согласно источнику [4]:

Общее номинальное относительное повышение давления компрессора подсчитаем по формуле (2.1.1.)

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата					
Лист 21 КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ									
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата					

$$\varepsilon_{\kappa} = \frac{P_{н2}}{P_{вс1}} \quad (3.1.1)$$

Где: $P_{н2}$ и $P_{вс1}$ – давления на нагнетающем и всасывающем патрубках. Из технического задания мы знаем что: $P_{н2}=7,3$ МПа, а $P_{вс1}=4$ МПа.

Подставим в эту формулу имеющиеся у нас значения:

$$\varepsilon_{\kappa} = \frac{P_{н2}}{P_{вс1}} = \frac{7,3}{4} = 1,825$$

В существующих компрессорах значения относительного повышения давления в зависимости от числа ступеней следующие (таблица 1) [8]:

Таблица 1.

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

Принимаем число ступеней $z=1$.

Относительные потери давления на всасывании:

$$\delta_{вс} = 0,3 \cdot \frac{A}{P_{вс}^{0,25}}; \quad (3.1.2)$$

где A – коэффициент, учитывающий совершенство компрессора, $A=2,66$ [4];

$$\delta_{вс} = 0,3 \cdot \frac{A}{P_{вс}^{0,25}} = 0,3 \cdot \frac{2,66}{(4 \cdot 10^6)^{0,25}} = 0,0178.$$

Относительные потери на нагнетании первой ступени определим по формуле (3.1.3):

$$\delta_{н} = 0,7 \cdot \frac{A}{P_{н}^{0,25}}; \quad (3.1.3)$$

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №

$$\delta_n = 0,7 \frac{2,66}{(7,3 \cdot 10^6)^{0,25}} = 0,036$$

Осредненные давления P_1 и P_2 находим по формулам (3.1.4), (3.1.5) [4]:

$$P_1 = (1 - \delta_{ec}) \cdot P_{ec}; \quad (3.1.4)$$

$$P_2 = (1 + \delta_n) \cdot P_n; \quad (3.1.5)$$

$$P_1 = (1 - 0,0178) \cdot 4 = 3,93 \text{ МПа};$$

$$P_2 = (1 + 0,036) \cdot 7,3 = 7,56 \text{ МПа};$$

Полученные результаты занесем в таблицу 2:

Таблица 2.

Параметр	Значения
Номинальное давление, МПа	
Всасывание P_{ec}	4
Нагнетание P_n	7,3
Осредненное давление в цилиндре, МПа	
Всасывание P_1	3,93
Нагнетание P_2	7,56
Относительное повышение давления в цилиндре	
$\varepsilon_y = P_2 / P_1$	1,92

3.2 Определение коэффициентов подачи

Уменьшение производительности действительного компрессора по сравнению с производительностью идеального компрессора принято оценивать коэффициентом подачи [4]:

$$\lambda = V_e / V_h;$$

где V_e - производительность действительного компрессора; V_h - производительность идеального компрессора, равная описанному поршнем объему.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № инв.
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

Коэффициент подачи показывает, какую часть производительности идеального компрессора составляет производительность действительного компрессора, т.е. коэффициент подачи λ является безразмерной характеристикой производительности действительного компрессора.

В инженерных расчетах коэффициент подачи обычно представляют в виде формулы (2.2.1):

$$\lambda = \lambda_0 \cdot \lambda_{op} \cdot \lambda_m \cdot \lambda_{nl} \cdot \lambda_{gl}. \quad (3.2.1)$$

Где λ_0 - объемный коэффициент, учитывающий уменьшение производительности действительного компрессора из-за расширения газа, остающегося после нагнетания в мертвом пространстве. Его значение определяют по формуле (2.2.2):

$$\lambda_0 = 1 - a_m \cdot \left[(P_2 / P_{вс})^{\frac{1}{m}} - 1 \right]. \quad (3.2.2)$$

Где m - показатель политропы расширения $m = 1,2$; a_m - значение относительного мертвого объема. В проектном расчете, когда неизвестны абсолютные значения составляющих мертвого объема a_m можно задавать в пределах: 0,02..0,1. Задаем значение относительного объема $a_m = 0,05$ [2].

Определим k - показатель адиабаты газовой смеси по формуле

$$1/(k-1) = [\sum(r_i / (k_i - 1))]. \quad [8] \quad (3.2.3)$$

	μ , г/моль	R, Дж/кг К	$T_{кр}$, К	$P_{кр}$, МПа / $м^2$	г	k (при P=0,01013 МПа, T=273K)
Метан	16,04	518,9	190,55	4,65	0,87	1,32
Этан	30,07	276,6	305,3	4,86	0,03	1,20
Пропан	44,09	188,6	369,8	4,27	0,02	1,16
Бутан	58,12	143,1	425	3,8	0,02	1,10
Пентан	72,12	115,2	469,77	3,374	0,01	1,08

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Инв. № подл.	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Взам. инв. №
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ-15/05.00.00.00 ПЗ

Гексан	86,17	96,5	507,85	3,031	0	1,06
Гептан	100,20	82,9	540,16	2,736	0	1,05
Октан	114,22	72,8	569,35	2,496	0	1,04
Нонан	128,25	65,0	594,15	2,288	0	1,03
Декан	142,28	58,4	619,15	2,117	0	1,02
Азот	28,016	297	126,25	3,39	0,03	1,40

Подставив данные из таблицы в уравнение (3.2.4)

$$1/(k-1) = 0,87/(1,32-1) + 0,03/(1,2-1) + 0,02/(1,16-1) + 0,02/(1,1-1) + 0,01/(1,08-1) + 0,03/(1,4-1) = 3,39;$$

Откуда $k=1,295$

Определим газовую постоянную для смеси по формуле (3.2.5)

$$R = 8314,4/(\sum r_i \mu_i).$$

$$R = 8314,4/(0,87 \cdot 16,04 + 0,03 \cdot 30,07 + 0,02 \cdot 44,09 + 0,02 \cdot 58,12 + 0,01 \cdot 72,15 + 0,03 \cdot 28,016) = 450,33 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$$

$$\lambda_0 = 1 - a_m \cdot \left[(P_2 / P_{вс})^{\frac{1}{m}} - 1 \right] = 1 - 0,05 \cdot \left[(7,56/4)^{1/1,2} - 1 \right] = 0,965 \quad (3.2.6)$$

λ_{dp} - коэффициент дросселирования, учитывает уменьшение производительности из-за падения давления при протекании газа через всасывающие клапаны. Его значения находятся в пределах $\lambda_{dp} = 0,95 \div 0,98$ [4].

Принимаем: $\lambda_{dp} = 0,95$;

λ_m - коэффициент подогрева, 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 во всасывающем патрубке. Его значение определяем по формуле (3.2.7):

$$\lambda_m = 1 - 0,01 \cdot (\varepsilon_u - 1); \quad (3.2.8)$$

$$\lambda_m = 1 - 0,01 \cdot (\varepsilon_u - 1) = 1 - 0,01(1,92 - 1) = 0,9908;$$

λ_{nl} - коэффициент плотности, учитывает уменьшение производительности из-за неплотностей рабочей полости. Его значения находятся в пределах

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Инв. № подл.	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Взам. инв. №
Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТПМ-15/05.00.00.00 ПЗ

$\lambda_{nl} = 0,96 \div 0,98$ [4]. Принимаем: $\lambda_{nl} = 0,97$;

$\lambda_{вл}$ - коэффициент влажности, учитывает уменьшение производительности из-за наличия водяных паров во всасываемом газе.

Определяется по формуле (2.2.6):

$$\lambda_{вл} = 1 - v_{ki}; \quad (3.2.9):$$

где v_{ki} – относительная доля потери производительности, вызываемая конденсацией водяных паров в холодильнике. В нашем случае, $v_{ki} = 0$, так как в компрессор подаётся сухой газ.

Подставим все полученные значения коэффициентов в формулу (3.2.10):

$$\lambda = \lambda_0 \cdot \lambda_{op} \cdot \lambda_m \cdot \lambda_{nl} \cdot \lambda_{вл} = 0,965 \cdot 0,95 \cdot 0,9908 \cdot 0,97 \cdot 1 = 0,88$$

Полученные результаты занесем в таблицу 3:

Таблица 3.

Коэффициент подачи и его составляющие	Первая ступень
λ_{op}	0,95
λ_m	0,9908
λ_{nl}	0,97
λ_o	0,965
$\lambda_{вл}$	1
λ	0,88

3.3 Определение основных размеров и параметров ступеней

Объём, описанный поршнем, рассчитывают. При решении этой задачи для действительного компрессора следует учитывать все потери производительности. Тогда объем описываемый поршнем определяем по формуле (3.3.1) [4]:

$$V_h = \frac{V_e}{\lambda}; \quad (3.3.1)$$

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ				Лист
				26

где V_e - производительность компрессора ($0,25 \text{ м}^3/\text{с}$)

$$V_h = \frac{0.25}{0,88} = 0,28 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Выбираем базу компрессора [6]

Таблица 4.

Условное обозначе ние базы	Номинальная газовая поршневая сила, кН	Число рядов	Ход поршня, мм	Частота вращения с^{-1}	Диаметр штока, мм
JGQ/2	89	2	76	30	76

Площади поршней первой и второй степеней находим по формуле (3.3.2):

$$F_{II} = \frac{2 \cdot V_{h1p}}{C_m}; \quad (3.3.2)$$

Зная объём, описанный поршнем, и число рядов в компрессоре (оно равно двум) находим описанный объём одного ряда:

$$V_{h1p} = \frac{V_{h1p}}{2} = \frac{0,28}{2} = 0,14 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}; \quad (3.3.3)$$

где C_m - средняя скорость поршня, которая определяется по формуле (3.3.4) [4]:

$$C_m = 2 \cdot S_{II} \cdot n_o; \quad (3.3.4)$$

$$C_m = 2 \cdot 0,076 \cdot 30 = 4,57 \text{ м/с}.$$

Что соответствует скорости поршня по каталогу.

Полученные результаты подставляем в формулу (3.3.2):

$$F_{II} = \frac{2 \cdot 0,14}{4,57} = 0,061 \text{ м}^2;$$

В ступенях двойного действия со штоком с одной стороны поршня диаметр цилиндра находят по формуле (3.3.5) [4]:

$$D = \sqrt{\frac{(F_{II} + f_{ум}) \cdot 2}{\pi}}; \quad (3.3.5)$$

Инв. № подл.	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТПМ-15/05.00.00.00 ПЗ

Лист

27

где f_{um} - площадь штока, которая находится по формуле (3.3.6) [4]:

$$f_{um} = \frac{0,05 \cdot \pi \cdot D^2}{4}; \quad (3.3.6)$$

Посчитаем диаметр цилиндра первой ступени по формуле (2.3.7) [4]:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{II}}{1,95 \cdot \pi}}; \quad (3.3.8)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,061}{1,95 \cdot 3,14}} = 0,199 м;$$

Значение D округляем до ближайшего стандартного размера диаметра цилиндра по каталогу [2]: $D_1 = 0,2 м$;

Рассчитаем геометрическую площадь поршней по формуле (3.3.9) [4]:

$$F'_{II} = \pi \cdot \frac{D^2}{4}; \quad (3.3.9)$$

$$F'_{II} = 3,14 \cdot \frac{(0,2)^2}{4} = 0,0314 м^2;$$

Уточняем описанные поршнями объемы после округления диаметров цилиндров по формуле (2.3.10) [4]:

$$V_h = \frac{\pi}{4} (2 \cdot D^2 - d_{um}) S_{II} \cdot n_0; \quad (3.3.10)$$

$$V_{h1p} = \frac{3,14}{4} (2 \cdot 0,2^2 - 0,076^2) \cdot 0,076 \cdot 30 = 0,135 \frac{м^3}{с}$$

$$V_h = 2 \cdot V_{h1p} = 2 \cdot 0,135 = 0,27 \frac{м^3}{с}$$

Проверяем производительность компрессора с учетом округления основных размеров цилиндра:

$$V_e = \lambda \cdot V_h = 0,27 \cdot 0,88 = 0,2376 м^3 / с \quad (3.3.11)$$

$$\Delta = \frac{V_e - V'_e}{V_e} = \frac{0,25 - 0,2376}{0,25} = 4,9\% \quad (3.3.12)$$

производительность компрессора не должна отличаться от номинальной более чем на $\pm 5\%$. В нашем случае отклонение составляет $\pm 4,9\%$ [8].

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № инв.
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ-15/05.00.00.00 ПЗ

Полученные результаты занесем в таблицу 5:

Таблица 5.

Параметр	Значения для 1 ряда
Число цилиндров	2
Диаметр цилиндров, <i>м</i>	0,200
Площадь поршней, <i>м</i> ²	0,061
Объем описываемый поршнями, <i>м</i> ³ / <i>с</i>	0,135

3.4 Определение индикаторной мощности компрессора и выбор электродвигателя

Определяем индикаторную мощность в ряду компрессора по формуле (3.4.1) [4]

$$N_{ul} = P_1 \cdot V_{hI} \cdot \Theta \cdot \frac{k}{k-1} \cdot (\varepsilon_{II}^{\frac{k-1}{k}} - 1) \quad (3.4.1)$$

где *k* – показатель адиабаты, *k*=1,295;

Θ - коэффициент, учитывающий возвращение энергии в процессе обратного расширения,

$$\Theta = 1 - a_m \left(\varepsilon_{II}^{\frac{1}{k}-1} \right).$$

$$\Theta = 1 - 0,05 \cdot (1,92^{\frac{1}{1,295}} - 1) = 0,967$$

Зная: $V_h = 0,14 \frac{м^3}{с}$; $P_1 = 4 \cdot 10^6 \text{ Па}$; $k = 1,295$; $\varepsilon_{II} = 1,92$;

Найдём индикаторную мощность в ряду компрессора

$$N_{ul} = 4 \cdot 10^6 \cdot 0,14 \cdot 0,967 \cdot \frac{1,295}{1,295-1} \cdot (1,92^{\frac{1,295-1}{1,295}} - 1) = 38,08 \text{ кВт}$$

Так как компрессор одноступенчатый двухрядный оппозитный, то индикаторные мощности в рядах принимаем равными.

$$N_u = N_{ul} + N_{uII} = 2 \cdot 38,08 = 76,16 \text{ кВт};$$

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ

Лист

29

Эффективную мощность(мощность на валу компрессора) определяем по формуле:

$$N_{\kappa} = \frac{N_u}{\eta_{\text{мех}}}; \quad (3.4.2)$$

где $\eta_{\text{мех}}$ – механический коэффициент полезного действия компрессора. Его значение находится в пределах $\eta_{\text{мех}} = 0,85 \div 0,95$. Принимаем $\eta_{\text{мех}} = 0,92$ [4].

$$N_{\kappa} = \frac{76,16}{0,92} = 82,79 \text{ кВт}.$$

Следовательно, электродвигатель должен обладать мощностью: $N > N_{\text{эд}}$, где

$$N_{\text{эд}} = 1,2 \cdot N_{\kappa} = 1,2 \cdot 76,16 = 99,35 \text{ кВт}.$$

3.5 Подбор электродвигателя

По справочнику электродвигателей [10] выбираем двигатель АИР280S4. Синхронные двигатели общего назначения применяются для привода механизмов, не требующих регулирования частоты вращения. Двигатели серии АИР выполняются на двух стояковых подшипниках, закрытыми, с принудительной вентиляцией по замкнутому циклу.

Технические характеристики двигателя запишем в таблицу 6:

Таблица 6.

Габариты	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	КПД, %	$\frac{I_n}{I_{ном}}$	Масса общая, кг
1110-660-660	110	1500	95,3	6,5	790

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Инв. № инв.	Подп. и дата

4. Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

4.1 Потенциальные потребители результатов

Поскольку данная работа рассматривается на примере Мыльджинского месторождения то потенциальным потребителем результатов работы будет является предприятие ОАО «Томскгазпром». Однако так же результатами работы могут воспользоваться и другие предприятия нефтегазовой отрасли, со схожими условиями эксплуатации на дожимной компрессорной станции.

4.2 Планирование работ по модернизации системы

Структура работ в рамках научного исследования.

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках модернизации системы;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения модернизации системы формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения модернизации системы, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в табл. 1.

Таблица 1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического	1	Составление и	Руководитель

задания		утверждение технического задания	
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель
	3	Подбор и изучение литературы по теме	Дипломник
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, дипломник
Теоретические и расчетные исследования	5	Поиск необходимых технических решений для схемы обеспечения газом СГУ	Дипломник
	6	Проведение расчетов по подбору компрессорного оборудования	Дипломник
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка результатов исследования	Руководитель, дипломник
Оформления отчета по исследовательской работе	8	Составление пояснительной записки	Дипломник

4.3 Определение трудоемкости выполнения работ

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

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ

Лист

32

ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожи}$ используется следующая формула:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5},$$

где $t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.; t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.; t_{maxi} – 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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i},$$

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

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

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

4.4 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому 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.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ					Лист
										33

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

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}},$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

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

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

$T_{\text{вых}} = 104$ – количество выходных дней в году;

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

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48.$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляем до целого числа. Все рассчитанные значения сводим в таблицу (табл. 2).

Таблица 2 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}	Длительность работ в календарных днях, T_{ki}
	t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{\text{ож}}$, чел-дни			
Составление и утверждение технического задания	1	3	1,8	Руков.	2	3
Выбор направления исследования	3	5	3,8	Руков.	4	6

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Инв. № подл.	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Взам. инв. №
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

Подбор и изучение литературы по теме	7	14	9,8	Дипл.	10	15
Календарное планирование работ по теме	1	3	1,8	Руков. дипл.	1	2
Поиск необходимых технических решений для схемы обеспечения газом СГУ	4	7	5.2	Руков. дипл.	3	5
Проведение расчетов по подбору компрессорного оборудования	7	12	9	Дипл.	9	14
Оценка результатов исследования	2	7	4	Руков. дипл.	4	6
Составление пояснительной записки	7	14	9,8	Дипл.	10	15

На основе таблицы 2 строим план-график (табл. 3)

Таблица 3 – Календарный план-график проведения НИР по теме

№ работ	Вид работ	Испол нител и	Т _{кп} , кал. дни	Продолжительность выполнения работ											
				Фев.		Март			Апрель			Май			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление ТЗ	Руков.	3	■											
2	Выбор направления	Руков.	6	■	■										
3	Изучение литературы	Дипл.	15												
4	Планировани е работ	Руков. дипл.	2				■								

КТПМ-15/05.00.00.00 ПЗ

Лист

35

5	Поиск необход. тех. решений	Руков. дипл.	5											
6	Проведение расчетов	Дипл.	14											
7	Оценка результатов	Руков. дипл.	6											
8	Пояснительн ая записка	Дипл.	15											

 - руководитель,
  - дипломник.

4.5 Бюджет научно-технического исследования

4.5.1 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 материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды (проведение испытаний, контроль, содержание, ремонт и эксплуатация оборудования, зданий, сооружений, других основных средств и прочее), а также запасные части для ремонта оборудования, износа инструментов, приспособлений, инвентаря, приборов, лабораторного оборудования и других средств труда, не относимых к основным средствам, износ спецодежды и других малоценных и быстроизнашивающихся предметов;

- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТПМ-15/05.00.00.00 ПЗ

Лист

36

- 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. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 4.

Таблица 4

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.
Компрессор Ariel JGQ/2	Шт.	3	50 000 000
Кран шаровый	Шт.	20	200 000
Газовые трубы	Т.	50	30 000
Электродвигатель АИР280S4	Шт.	3	130 000
Транспортировка			3 000 000
Прочие расходы			6 000 000
Итого			164 890 000

Из затрат на материальные ресурсы, включаемых в себестоимость продукции, исключается стоимость возвратных отходов.

Под возвратными отходами производства понимаются остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, теплоносителей и других видов материальных ресурсов, образовавшиеся в процессе производства научно-технической продукции, утратившие полностью или частично потребительские качества исходного ресурса (химические или физические свойства) и в силу этого

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ

используемые с повышенными затратами (понижением выхода продукции) или вовсе не используемые по прямому назначению.

4.5.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 5.

Таблица 5 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	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	1,8	3,5	6,3
2	Выбор направления исследования	Руководитель	3.8	3,5	13,3
3	Подбор и изучение литературы по теме	Дипломник	9,8	0,272	2,66

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ

4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, дипломник	1,8	3,772	6,79
5	Поиск необходимых технических решений для схемы обеспечения газом СГУ	Руководитель, дипломник	5,2	3,772	19,61
6	Проведение расчетов по подбору компрессорного оборудования	Дипломник	9	0,272	2,45
7	Оценка результатов исследования	Руководитель, дипломник	4	3,772	15,09
8	Составление пояснительной записки	Дипломник	9,8	0,272	2,67
Итого					68,87

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} ,$$

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

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

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ

$$З_{\text{доп}} = 0,15 * З_{\text{осн}}.$$

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

$$З_{\text{осн}} = T_p \cdot З_{\text{дн}}$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} * M}{F_{\text{д}}},$$

где $З_{\text{м}}$ – 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;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 6 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Дипломник
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные	104	104
- праздничные	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	72
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	175

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} * (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) * k_{\text{р}},$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

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

$k_{\text{д}}$ – 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 $З_{\text{тс}}$);

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

Таблица 7 – расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб.	$З_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	33162,87	0,3	0,4	1,3	73289,94	3490	14	48860
Дипломник	5707,81	0	0	1,3	7420,15	271,8	37	10056,6
Итого $З_{\text{осн}}$								58916,6

4.5.3 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:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}),$$

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 закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ

Лист

41

ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%

Таблица 8 – отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата, руб
	Исп. 1	
Руководитель	48860	7329
Дипломник	10056,6	1508,5
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого		
Отчисления во внебюджетные фонды, руб.	18361.36	

4.5.4 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Таблица 9 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
	Исп. 1	
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	58916,6	
2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	8837,5	15% от 1
3. Отчисления во внебюджетные фонды	18361,36	27,1% от суммы 1-2
4. Накладные расходы	13778,5	16% от суммы 1-3
5. Бюджет затрат НТИ	99893,96	Сумма ст. 1-4

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ

5. Социальная ответственность

Введение

Машинист технологических компрессоров контролирует исправность оборудования и коммуникаций. В случае выявления разного рода поломок, в обязанности сотрудника входит своевременное их устранение. Если же с состоянием аппаратуры всё в порядке, машинист должен подготовить его к установке и пуску. Далее с помощью средств автоматизации и контрольно-измерительных приборов происходит регулировка режима работы. Ведётся также учёт транспортируемой электроэнергии, газа, электроэнергии, горюче-смазочных материалов. Все необходимые данные машинист обязан тщательно записывать в специальный производственный журнал.

В данном разделе рассмотрены вредные и опасные факторы, действующие на машиниста технологических компрессоров на рабочем месте в машинном зале. Разработаны требования безопасности и комплекс защитных мероприятий на рабочем месте. Также этот раздел включает подразделы охраны окружающей среды и чрезвычайных ситуаций.

Организационные требования направлены на обеспечение безопасной эксплуатации, нормального технического состояния и обслуживания компрессоров

5.1 Техногенная безопасность

5.1.1 Анализ вредных факторов производственной среды в машинном зале

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 в машинном зале могут быть выделены следующие вредные факторы:

- вредные вещества;
- повышенный шум и вибрация
- производственное освещение

Вредные вещества:

1) Природный газ

Природный газ добывается на газовых месторождениях или попутно с нефтью и конденсатом на газонефтяных, газоконденсатных или

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ

Лист

43

газоконденсатонефтяных месторождениях.

При среднем и капитальном ремонте компрессорной установки буферного газа необходимо производить разгерметизацию рабочей зоны компрессора с неискаленной возможностью выхода газа.

Метан не ядовит, но при недостатке в воздухе рабочей зоны кислорода и при длительном вдыхании он вызывает удушье.

Погибнуть человеку в воздухе, с высокой концентрацией метана можно только от недостатка кислорода в воздухе для дыхания при очень высоких концентрациях метана. При содержании в воздухе 25—30 % метана появляются первые признаки асфиксии (учащение пульса, увеличение объема дыхания, нарушение координации тонких мышечных движений и т. д.). Более высокие концентрации метана в воздухе вызывают у человека кислородное голодание — головную боль, одышку, — симптомы, характерные для горной болезни.

Предельно-допустимая концентрация (ПДК) содержания метана в воздухе рабочей зоны не должно превышать: объема при выполнении огневых работ - 1% (300 мг/м³). При выполнении газоопасных работ - 0.7% по ГОСТ 12.1.005-88

На ДКС осуществляется постоянный контроль над содержанием газа в воздухе в рабочих помещениях. Контроль ведётся как с помощью автоматических сигнализаторов, так и с помощью модифицированных интерферометров, которые должны быть на каждом цехе.

При газоопасных работах, где присутствуют в воздухе или не исключено появление газа необходимо использовать СИЗ, а также противогаз шланговый (ПШ-1, ПШ-2) в состоянии «наготове».

2) Масло марки ТП-22

Используется для смазки трущихся поверхностей, основной расход идет на подшипниковые узлы.

Турбинные нефтяные масла с присадками являются малоопасными продуктами, по степени воздействия на организм человека относятся к 4-му классу опасности в соответствии с ГОСТ 12.1.007.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ

Лист
44

Предельно допустимая концентрация паров углеводородов масел в воздухе рабочей зоны 300 мг/м³. Предельно допустимая концентрация масляного тумана в воздухе 5 мг/м³. [13]

Во избежание попадания масла в другие полости компрессора, а также из корпуса в атмосферу в подшипниковом узле предусмотрены два уплотнительных кольца по краям корпуса подшипника. Перед разборкой компрессора все масло сливается в расширительный бак.

При разливе масла его необходимо собрать в отдельную тару, место разлива протереть сухой тканью, при разливе на открытой площадке место разлива засыпать песком с последующим его удалением.

Нефтяные турбинные масла с присадками представляют собой в соответствии с ГОСТ 12.1.044 горючие жидкости средневоспламеняемые с температурой вспышки 186-220 °С. [13]

Помещение, в котором производятся работы с маслами, должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией. При попадании масла на кожу и слизистую оболочку глаз вызывает раздражение. Необходимо обильно промыть кожу теплой мыльной водой, слизистую оболочку глаз - теплой водой.

При работе с нефтяными турбинными маслами с присадками применяются индивидуальные средства защиты (спецодежда, очки, резиновые перчатки, сапоги,), утвержденные в установленном порядке.

Укрытие оборудовано системой вытяжной и приточной вентиляцией необходимая для исключения содержания в воздухе недопустимых концентрация загрязняющих веществ.

Повышенный уровень шума и вибрация

Основным источником шума и вибрации является компрессор. Повышенный шум влияет на нервную и сердечно-сосудистую системы, вызывает раздражение, нарушение сна, утомление, агрессивность, способствует психическим заболеваниям. При большой длительности и (или) интенсивности шума происходят необратимые потери слуха, характеризующиеся постоянным изменением порога слышимости.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № подл.
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТПМ-15/05.00.00.00 ПЗ

Основным контролем занимается машинист ТК, слесарь по необходимости проверяет работающий компрессор на предмет шумов в подшипниках, утечек масла и т.д.

По ГОСТ 12.1.003-83 допустимый уровень шума составляет 80 дБА [14].

Обслуживающий персонал в качестве индивидуальной защиты слуха использует защитные наушники по ГОСТ 12.4.051.

Воздействие вибрации приводит к ухудшению состояния здоровья работников, в том числе к профессиональным заболеваниям (вибрационной болезни), а также к значительному снижению комфортности условий труда.

Допустимую интенсивность вибрации устанавливают в соответствии со стандартом ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ $V=0,45...2,8$ мм/с [15]. Допустимые условия достигаются тщательной центровкой и балансировкой, правильно сконструированным фундаментом под машину. Изолированно от фундамента выполняются конструкции блок-боксов.

Производственное освещение

В соответствии с нормами СНиП 23-05-95 дожимная компрессорная станция обеспечивается естественным и искусственным освещением.

Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы, возникающей в результате прилагаемых усилий для опознания четких или сомнительных сигналов. Неравномерное освещение может создавать проблемы адаптации, снижая видимость. Работая при освещении плохого качества или низких уровней, люди могут ощущать усталость глаз и переутомление, что приводит к снижению работоспособности. В ряде случаев это может привести к головным болям.

Нормы освещенности [16]:

Необходимая величина искусственного освещения для основных и вспомогательных помещений без постоянного дежурного персонала (укрытие ГПА) - 75 лк при газоразрядных лампах и 30 лк при лампах накаливания.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ-15/05.00.00.00 ПЗ

Лист

46

При работах высокой точности и разрядах зрительной работы «в» - общее освещение 300 лк.

Естественное освещение осуществляется боковым светом через боковые световые проёмы в наружных стенах. Искусственное обеспечивается благодаря газоразрядным лампам и лампам накаливания установленных внутри. Искусственное освещение внутри укрытия является круглосуточным. Сборка и разборка компрессора проводится только днем соответственно в условиях совмещенного освещения. Для дополнительного освещения могут быть применены светильники местного освещения.

5.1.2 Анализ опасных факторов производственной среды

При работе ГПА возникают опасные факторы такие как:

- пожаровзрывоопасность;
- термическое травмирование;
- механическое травмирование;

Пожаровзрывоопасность

Согласно НПБ 105-95, по степени пожарной опасности ангар относится к категории «Г» в связи с особенностью газа образовывать при концентрации от 5 до 15 % взрывоопасные и горючие смеси с воздухом [12], а также в связи применением турбинного масла, воспламеняющегося при температуре 125 °С [13]. Галерея нагнетателя в следствие применения в ней природного газа в качестве рабочего тела относится к категории «А». В связи с этим эти два помещения обязательно разделяются перегородкой. По степени огнестойкости здание относится к категории II по СНиП 2.01.02-85, т.к. здание выполнено из огнестойкого материала.

Взрывозащищенность компрессора обеспечивает:

- применение светильников и электрооборудования во взрывобезопасном исполнении;
- герметизация внутренних полостей компрессора, исключающей возможность протечек.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № дубл.
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ

- выполнением электромонтажа в соответствии с требованиями комплекса стандарта ГОСТ Р 511330;
- наличием датчиков аппаратуры контроля загазованности в помещении укрытия;
- системой вентиляции

Для оповещения пожара в укрытии имеется установка пожарной сигнализации оповещающая световыми индикаторами и звуковой сиреной в укрытии, сигнал также приходит на пульт оператора.

Для тушения пожара в укрытии имеется:

- автоматическая система пожаротушения (углекислотное);
- противопожарный трубопровод с установкой гидрантов;
- ручные огнетушители (ОУ-3, ОП-8)
- водонасосная станция;
- железобетонный резервуар для хранения запасов воды.

Фактор термического травмирования

Источником термических опасностей является работающий компрессор а именно такие его части как элементы маслосистемы, нагнетательная линия трубопровода и пр [2].

Результатом термического воздействия являются ожоги различной степени, в зависимости от температуры и времени контакта.

Мера безопасности - ни при каких обстоятельствах не контактировать с объектами, указанными выше. Работа с ними допускается только при полной остановке и охлаждении.

В качестве групповой безопасности тракт выхлопа, как самый опасный, имеет двойную стенку, заполненную шумотеплоизолирующим материалом. Индивидуальным средством защиты являются термостойкие перчатки.

Фактор механического травмирования

К опасной зоне относятся места сопряжения муфт привода и компрессора. Источником травмирования служит вращающаяся муфта. В целях безопасности место соединения муфтой изолируют металлическим кожухом.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № подл.
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ	Лист
						48

Слесарь при нахождении в укрытии должен должен быть в СИЗ: каске, робе, перчатках, кирзовых сапогах.

5.2 Региональная безопасность

Защита литосферы

Работа компрессорной установки требует регулярного технического обслуживания. Замена отработавших материалов и объектов влечет за собой образование твердых отходов производства. К ним относятся: металлолом черный и цветной, фторопласт, каучук, поронит, стекловата, прочий бытовой и технический мусор. Твердые отходы производства регулярно собираются с территории ДКС и вывозятся в места временного хранения отходов. Откуда потом вывозятся для утилизации.

5.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности

Размещение компрессоров должно соответствовать требованиям СНиП, противопожарных норм строительного проектирования промышленных предприятий, а также специальным требованиям правил техники безопасности. Компрессоры, как правило, должны размещаться в отдельно стоящих одноэтажных зданиях.

В компрессорных помещениях полы должны быть выполнены из огнестойкого маслоустойчивого и нескользящего материала. Покрытия помещений компрессорных зданий должны быть бесчердачными и легкобрасываемыми. Площадь окон, дверей, фонарей и легкобрасываемых панелей должна составлять не менее 0,05 м² на 1 м³ объема помещения.

Компрессорное отделение должно располагаться только на первом этаже, в помещении, имеющем не менее двух выходов, находящихся на максимальном удалении друг от друга и открывающихся наружу. Машинное и аппаратное отделения не должны соединяться проходом с производственными помещениями. Машинное отделение, кроме общего рабочего электрического освещения, должно быть оборудовано аварийным, работающим от независимого источника, автоматически включающимся в случае исчезновения напряжения в сети рабочего освещения.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ-15/05.00.00.00 ПЗ

Лист

49

Машинный зал (укрытие) как рабочее место слесаря нефтепромысловых объектов должно находиться в чистоте и порядке: на полу не должно быть разлитых жидкостей, предметов на путях прохода, на раме масляных луж, вся ветошь должна храниться в специальном ящике.

Все электрооборудование должно быть заземлено. Трубопроводы окрашены в цвета: газ – желтый; вода – зеленый. Стрелочками указаны направления потока сред. Все ЗРУ должны иметь бирку с позицией. Предохранительная арматура тарирована согласно графика и иметь табличку с характеристиками. В укрытии должна висеть технологическая схема ГПА.

Перед началом работ компрессорная установка должна быть остановлена, охлаждена, отсечена на входе и выходе газа, установлены заглушки, продута инертным газом. Все жидкости слиты в специальные емкости. На щите управления повешена табличка: «Не включать! Работают люди!». Для выполнения работ создаются условия достаточной освещенности – лампами накаливания, микроклимата – калорифером и тепловой завесой, ПДК вредных веществ в рабочей зоне – приточно-вытяжной вентиляцией.

Необходимые для работы инструменты должны быть исправны и находится поблизости. Машинист использует безопасные приемы работы исключая травмы. Работа в основном выполняется в количестве двух и более человек.

5.4 Особенности законодательного регулирования проектных решений

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

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ

Лист
50

методам и приемам работы, применению средств индивидуальной защиты, правилам и приемам оказания первой медицинской помощи пострадавшим и прошедшие проверку знаний в установленном порядке.

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.

Техническое освидетельствование компрессоров, а также всего оборудования и трубопроводов, входящих в их систему и не подлежащих регистрации в органах Госпроматомнадзора, проводятся в соответствии с графиком, утвержденным главным инженером предприятия, что регистрируется в паспорте и ремонтном журнале этих установок.

5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Работающий газоперекачивающий агрегат относится к объектам повышенной взрывоопасности и пожароопасности.

Пожар может возникнуть при различных обстоятельствах:

– нарушение герметичности трубопроводов и установки, разливы масла;

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ

- неисправность электрооборудования;
- перегрузка электрических приборов;
- применение открытого огня, проведение сварочных работ вблизи мест расположения горюче-смазочных материалов, сгораемых конструкций и горючих веществ.

Как уже говорилось ранее в укрытии компрессорной установки, имеется ряд сигнализирующих об опасности устройств и огнетушащих средств. Действия персонала в случае пожара должны выполняться строго по плану ликвидации возможных аварий на ДКС.

Опасной ситуацией является высокая концентрация газа в воздухе. При запале (искра или открытый огонь) в закрытом помещении происходит взрыв. Скопление газа в машинном зале произойти может по следующим причинам:

- порыв трубопроводов по газу;
- разгерметизация галереи нагнетания компрессора;
- негерметичная сборка оборудования и трубопроводов после ремонта;
- не продутое оборудование перед разборкой;
- неработающая вентиляция.

Для предотвращения подобных ситуаций машинный зал оборудован датчиками загазованности. Порог загазованности 10% - сигнал на пульт оператора, световая и звуковая сигнализация в укрытии, включение аварийной вентиляции. Порог загазованности 20% - останов компрессорной установки.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ

Лист

52

Заключение

Результатом проведения данной работы стала оптимизация системы обеспечения СГУ буферным газом. Была изучена система обеспечения газом «сухих» газодинамических уплотнений и её составляющие. Так же были рассмотрены различные конструкции сухого газового уплотнения и их применение.

В результате увеличения числа газоперекачивающих агрегатов на месторождении, появилась необходимость в новых компрессорных установках. Было принято решение о том, что систему СГУ будут обеспечивать газом три компрессорные установки. Для их подбора был проведён термодинамический расчёт. После проведения расчёта было определено количество ступеней сжатия, диаметр цилиндра, подобраны клапаны и на основе этого выбран подходящий по частоте вращения и мощности потребляемой компрессором электродвигатель. По окончании были выполнены экономические расчёты по определению затрат на модернизацию оборудования и составлена технологическая схема системы газопровода уплотнительного газа.

Инв. № подл	Подп. и дата				Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ			Лист
								53

Список литературы

1. Максимов В.А., Баткис Г.С. Трибология подшипников и уплотнений жидкостного трения высокоскоростных турбомашин. Казань: Фэн, 1998. 428 с.
2. Баткис Г.С., Максимов В.А. Торцовые бесконтактные уплотнения роторов компрессорных машин: учеб. пособие. Казань: Изд-во Казан.гос.технолог.ун-та, 2004. 160 с.
3. Ден Г.Н. Термогазодинамика сухих торцевых газовых уплотнений роторов турбомашин. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2003. 290 с.
4. Фалалеев С.В., Новиков Д.К., Балякин В.Б., Седов В.В. Торцовые газодинамические уплотнения: Самара: Самарский научный центр Российской академии наук, 2013. 300 с.
5. Новиков Е.А. Газодинамические уплотнения. Казань: Изд-во КНИТУ, 2013. – 252 с.
6. Захаров К.А. Применение технологии ионного травления при создании сухих газовых уплотнений / А.К. Захаров, Н.А. Воронин. - М.: ИМАШ РАН, 1987. - 132 с.
7. Торцовые уплотнения BURGEMANN // Проспект фирмы. 144 с.
8. Максимов В.А., Хайсанов В.К., Новиков Е.А., Дементьев В.А. Серазутдинов М.Н. К вопросу классификации «сухих» газодинамических
9. Курс лекций «John Crane – ИСКРА».
10. Гритцнер Э., Гуляев А.А. Отличительные особенности сухих уплотнений EAGLEBURGMANN // Территория нефтегаз. 2010. №6. С. 114 – 116.
11. Джон Крейн – Искра [Электронный ресурс]: Продукция фирмы. – Режим доступа: <http://www.johncraneiskra.ru/products/>, свободный.
12. ГОСТ 5542-87. «Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения»
13. ГОСТ 9972-74. «Масла нефтяные турбинные с присадками»
14. ГОСТ 12.1.003-83. «Шум. Общие требования безопасности»

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ					Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата						54

15. ГОСТ 12.1.012-2004. «Вибрация. Общие требования безопасности»
16. СНиП 23-05-95. «Естественное и искусственное освещение»
17. СанПиН 2.2.4.548-96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
18. СН 245-71 «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий»
19. СТО Газпром 2-1.19-332-2009. Технические нормативы выбросов. Газоперекачивающие агрегаты ОАО «Газпром»
20. Дунаев В.Ф. Экономика предприятий нефтяной и газовой промышленности. - М.: Нефть и газ». 2006. - 352 с.

Инв. № подл	Подп. и дата		Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	КТПМ–15/05.00.00.00 ПЗ Лист 55