

**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»  
Кафедра теоретической и прикладной механики

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Расчет и подбор вспомогательного оборудования поршневой компрессорной установки</b> УДК 621.512-71

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е31	Изерский Александр Владимирович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ТПМ	Зиякаев Г.Р.	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ	Невский Е.С.	-		

**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  
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	Изерскому Александру Владимировичу

Тема работы:

Расчет и подбор вспомогательного оборудования поршневой компрессорной установки.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	07.03.17, №2305/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:

	01.06.2017 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Расчет и подбор вспомогательного оборудования поршневой компрессорной установки с параметрами: расход – <math>Q=100\text{ т м}^3/\text{ч}</math>, давление <math>P=0,1010\text{ МПа}</math>, температура <math>T=293\text{ К}</math>.</p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обзор методов расчета компрессорной установки.</li> <li>2. Рассмотрение устройства и принципа действия оборудования.</li> <li>3. Подбор вспомогательного оборудования согласно климатическим условиям, расчет каждого оборудования.</li> <li>4. Финансовый менеджмент.</li> <li>5. Социальная ответственность.</li> <li>6. Заключение по работе.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Схема аппарата воздушного охлаждения с горизонтальным расположением теплообменника, схема аппарата воздушного охлаждения с зигзагообразным расположением теплообменника, презентация.</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p style="text-align: center;">Раздел</p>	<p style="text-align: center;">Консультант</p>
<p><b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b></p>	<p style="text-align: center;">Антонова И.С. доцент каф. менеджмента</p>
<p><b>Социальная ответственность</b></p>	<p style="text-align: center;">Невский Е.С. ассистент каф. ЭБЖ</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p>-</p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>06.02.17</p>
--	-----------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ТПМ	Зиякаев Г.Р.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е31	Изерский Александр Владимирович		

**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

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

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

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

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

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ТПМ	Зиякаев Г.Р.	к.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

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

## Планируемые результаты обучения ООП

Код Результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<b>Общекультурные компетенции</b>		
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 <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
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 <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
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 <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
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 <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных	Требования ФГОС (ОК-2; ОК-3; ОК-5; ПК-5),

	аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на нефтегазовых производствах.	Критерий 5 АИОР (п. 5.2.12; п. 5.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
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 <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р7	Умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, 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 <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
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 <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р9	Способность осваивать вводимое новое оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования, в случае необходимости	Требования ФГОС (ПК-2; ПК-4; ПК-16), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.7, п. 5.2.8), согласованный с

	обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия.	требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	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 <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	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 <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P12	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 <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P13	Готовность составлять техническую документацию, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.	Требования ФГОС (ПК-11; ПК-13), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.7; п. 5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

P14	Способность участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований.	Требования ФГОС (ПК-17; ПК-19; ПК-20; ПК-25), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.4; п. 5.2.11), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P15	Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в нефтегазовом производстве.	Требования ФГОС (ПК-8), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.8; п. 5.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 88 страниц, 7 рисунков, 22 таблицы, 20 источников.

Ключевые слова: расчёт и подбор вспомогательного оборудования, компрессорная установка, аппарат воздушного охлаждения, сепаратор, ресивер, вертикальный масляный пылеуловитель.

Объектом исследования является: вспомогательное оборудование поршневой компрессорной установки.

Цель дипломной работы – подобрать оборудование для поршневой компрессорной установки, определить взаимосвязь оборудования, провести расчёты вспомогательного оборудования.

В процессе исследования проводился: поиск алгоритмов расчёта оборудования, необходимой литературы, изучался принцип работы оборудования.

В результате исследования: выявлены алгоритмы расчета оборудования, определена необходимая литература, изучен принцип работы вспомогательного оборудования.

Область применения: использование оборудования в нефтегазовой промышленности, на нефтегазоперекачивающих станциях и установках.

Экономическая эффективность и значимость работы: используя результаты данной работы, нефтегазодобывающие предприятия могут использовать их для выбора оборудования на определенном месторождении.

## **Основные обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

### **Обозначения и сокращения**

АВО – аппарат воздушного охлаждения;

КУ – компрессорная установка;

АВМ – аппараты воздушные охлаждения молоточные;

АВГ – аппарат воздушного охлаждения с горизонтальным расположением теплообменника;

АВЗ – аппарат воздушного охлаждения с зигзагообразным расположением теплообменника;

СГГ – сепаратор газовый горизонтальный;

СГВ – сепаратор газовый вертикальный;

КПД – коэффициент полезного действия.

## Оглавление

Введение.....	13
1. Обзор литературы.....	15
1.1 Обзор методов расчёта оборудования компрессорной установки.....	15
2. Вспомогательное оборудование поршневой компрессорной установки...17	
2.1 Масляный вертикальный пылеуловитель.....	17
2.2 Аппараты воздушного охлаждения.....	19
2.3 Способ охлаждения компрессора.....	22
2.4 Использование ресивера.....	23
2.5 Сепараторы .....	26
3. Расчётная часть.....	30
3.1 Расчёт и подбор АВО.....	30
3.2 Расчёт газового сепаратора.....	37
3.3 Расчёт пылеуловителя.....	40
3.4 Подбор ресивера.....	47
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.50	
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	50
4.2 Анализ конкурентных технических решений.....	51
4.3 SWOT-анализ.....	53
4.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.....	57
4.5 Планирование научно исследовательских работ.....	58
4.6 Определение ресурсоэффективности.....	70
5. Социальная ответственность.....	75
5.1 Описание рабочего места на предмет возникновения опасных и вредных факторов, вредного воздействия на окружающую среду.....	77
5.2 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой среды.....	78
5.3 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой рабочей среды.....	81
5.4 Охрана окружающей среды.....	82

5.5 Требования охраны труда и промышленной безопасности.....	84
Заключение.....	86
Список использованных источников.....	87

## **Введение**

Высокие темпы развития нефтяной и газовой промышленности обуславливают увеличение производства надежных и мощных нефтеперекачивающих и газоперекачивающих агрегатов.

Эффективная эксплуатация на компрессорных установках энергетических агрегатов, непосредственно связана с рациональным выбором систем охлаждения, обеспечивающих увеличение межремонтных периодов работы и высокие технико-экономические показатели при оптимальном температурном режиме.

В нефтяной и газовой промышленности эффективно применяют автономные транспортабельные газо и нефтеперекачивающие агрегаты. При этом значительно сокращаются сроки монтажа, что особенно важно при строительстве компрессорных установок в труднодоступных районах страны.

Система охлаждения газоперекачивающих агрегатов, состоит из теплообменного оборудования (в зависимости от типа агрегата и вида системы) расширительных ёмкостей, насосов, а также систем терморегулирования. Работа этой системы заключается в процессе отвода теплоты от агрегата действующими средами и посредством использования охладителей передачи его к охлаждающим средам, которые циркулируют в теплоотдающих устройствах.

Большая часть компрессорных установок связана с надёжностью, экономичностью и работоспособностью из-за отвода теплоты от сжимаемого газа. Ассортимент устройств, которые позволяют передавать теплоту окружающей среде и отводить её от охлаждаемых элементов называют системой охлаждения.

Режим работы системы охлаждения зависит от количества теплоты, которое отводится от окружающей среды, и диапазона температур охлаждаемых и охлаждающих сред, при котором обеспечиваются требуемая теплоотдача и нормальное охлаждение агрегата.

Актуальность данной работы заключается в том, что каждому предприятию на производстве нужно оборудование, которое будет отвечать всем требованиям работоспособности и безопасности, чтобы это осуществить, необходимо правильно рассчитывать габариты элементов которые входят в компрессорную установку, а также правильно их подбирать, учитывая климатические условия региона, в котором данное оборудование будет использоваться.

В данной работе рассмотрено использование аппаратов воздушного охлаждения, как устройства охлаждающего газ, который циркулирует по трубам компрессорной установки.

Аппараты воздушного охлаждения, ещё в начале прошлого века отлично зарекомендовали себя. В основном они используются на различных добывающих предприятиях, где необходимо контролировать рабочую температуру сырья и отвесных продуктов. В виду того, что месторождения газа и нефти разбросаны по всему земному шару, очень активизировался вопрос по эксплуатации данного вида оборудования в абсолютно разных климатических условиях.

Вспомогательным оборудованием, компрессорной установки, являются такие виды устройств, как сепараторы, масляные вертикальные пылеуловители, аппараты воздушного охлаждения, ресиверы и т.д.

Виды и комплектации каждого из них непосредственно зависит от ряда причин, климатических условий местности, в которой используется компрессорная установка, размеров цеха, где будут использоваться данные аппараты, давления газа в трубопроводе, количества перекачиваемого газа в сутки, а также финансовой составляющей предприятия.

## **1. Обзор литературы**

Компрессорные установки, требуют постоянного технического обслуживания, так как включают в себя множество вспомогательного оборудования.

В зависимости от объёма газа, которое перекачивает компрессорная установка, нужно подбирать вспомогательное оборудование определённых габаритов, посредством расчётов. Данная задача осуществима и описана в этой работе. Вспомогательным оборудованием является: сепаратор, ресивер, вертикальный масляный пылеуловитель и аппарат воздушного охлаждения.

### **1.1 Обзор методов расчёта оборудования компрессорной установки**

Существует множество публикаций и книг в отечественной литературе посвященных теме расчётов оборудования компрессорной установки.

Например, в работе [1] рассмотрен способ расчёта сепаратора, используя методы и уравнения таких людей как: Мейснер, Реддинг, Льюис, Саудер и Браун. Метод Мейснера-Реддинга используется для расчёта критической температуры. Используя уравнение Льюиса, авторы предлагают рассчитывать критическое давление. Как известно производительность сепаратора по газу определяют максимальной скоростью этого газа, данную скорость рассчитывают, пользуясь уравнением Саудер-Брауна.

В работе [2] рассматривается способ расчёта вертикального масляного пылеуловителя. Сюда входит технологический и гидравлический расчёт пылеуловителя. Используя таблицы, опираясь на показатели давления газа, выбираем его допустимые скорости в контактных трубках, скорости набегания на жалюзи и скорость в свободном сечении. Авторы [3] работы выявили способ проверки правильности подбора пылеуловителя, он говорит о том, что если действительные скорости в контактных трубках и осадительной секции находятся в допустимых пределах, то пылеуловитель можно считать выбранным правильно.

В работе [4] авторы говорят о необходимости нахождения ресивера на

поршневых компрессорах, так как он снижает пульсации давлений в сети. Отсюда вывод, что объем ресивера можно рассчитать по максимальной нагрузке на компрессорную станцию, которая определяется через коэффициент неодновременности. Полученный объем сравниваем с показаниями таблицы работы [5] и выбираем размеры ресивера.

Переходя к расчётам аппаратов воздушного охлаждения, авторы работы [6] выявляют главной целью, определение температуры охлаждения газа и определение мощности, которая потребляется вентиляторами. В данной работе представлено множество расчётов таких критериев и показателей, как Число Рейнольдса для газа, Критерий Нуссельта, критерий Прандтля для газа, коэффициент теплоотдачи, Число Рейнольдса и критерий Прандтля для воздуха. Анализ основных расчетных формул работы [7] для АВО показывает, что для выполнения поверочного расчета, нужно знать температуру теплоносителей не только на входе в аппарат воздушного охлаждения, но и на выходе. Температура воздуха и газа на выходе являются искомыми параметрами, поэтому задача по их определению можно решить, пользуясь методом последовательных приближений.

Делая вывод данного обзора, хочется заметить, что каждый автор хотел отобразить в своих работах самые доступные и простые методы расчёта. Это обусловлено тем, что от этого зависит скорость подбора нужного оборудования для компрессорной установки находящейся как в теплых регионах страны, так и в условиях крайнего севера. Исходя из выше приведённых данных, расчёт ресивера является самым компактным, так как все его размеры подбираются в зависимости от полученного объема. Самым большим расчётом является определение и подбор АВО, это обусловлено тем, что здесь необходимо учитывать множество различных значений зависящих от внешних показателей среды.

## **2. Вспомогательное оборудование поршневой компрессорной установки**

В данной главе будет рассмотрено строение, принцип работы, разновидности, условия эксплуатации, плюсы и минусы таких видов оборудования как: сепараторы, вертикальные масляные пылеуловители, аппараты воздушного охлаждения и ресиверы. Также здесь рассмотрено, каким образом происходит охлаждение цилиндров поршневого компрессора газом, который циркулирует по трубному участку компрессорной установки. Обозначена взаимосвязь каждого аппарата между собой и определена их последовательность установки на КУ. Показаны схемы устройства всех рассматриваемых видов оборудования, а также подробно описано, что в них происходит с газом.

### **2.1 Масляный вертикальный пылеуловитель**

Газ, который транспортируется по газопроводам, может содержать твердые и жидкие примеси. Например: метанол, солярное масло, песок, конденсат, турбинное масло, сварочный грат и так далее. Чтобы отчистить газ от различных примесей, применяют устройства под названием пылеуловители.

В данной работе используется вертикальный масляный пылеуловитель, поэтому рассмотрим всё по его составляющей. Он представляет собой, как понятно из названия вертикальный стальной цилиндр, имеющий сферическое днище, рассчитанный на работу с действующим рабочим давлением газопровода.

Пылеуловитель имеет диаметр, от 1080 до 2400 мм. Во внутренней его части находятся устройства, которые осуществляют соприкосновение газа и масла и отделяющие частицы масла от газа, когда происходит его выход из пылеуловителя. Сам газ [8] оказывается в пылеуловителе через входной патрубок. Из-за чего в отбойном козырьке газ изменяет своё направление и продолжает своё движение к масляной поверхности, которая находится в

самом низу пылеуловителя. Большие детородные частицы сразу же выпадают и осаживаются на дне. Вообще масло находится от вертикальных трубок на расстоянии от 25 до 30 мм. Газ при этом сразу уходит вверх, унося с собой частицы масла. Сначала в трубках, а затем в центральной части аппарата, газ активно смешивается с маслом, происходит поглощение присутствующих в газе частиц и вместе с тем конденсата тяжелых углеводородов, которые поступают вместе с газом.

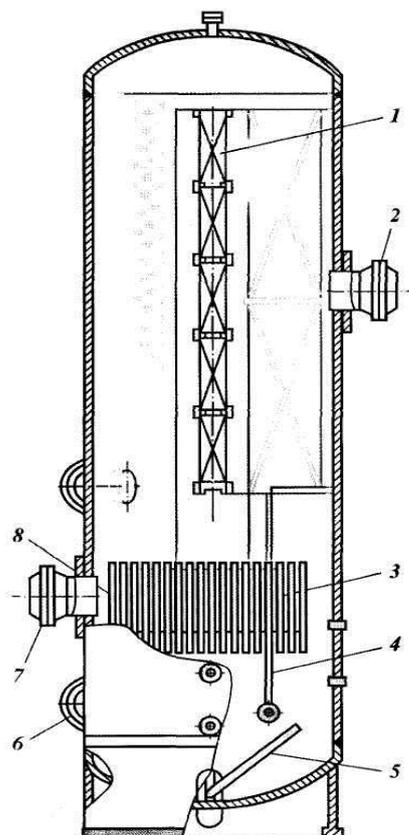


Рисунок 2.1 – Вертикальный масляный пылеуловитель:

1-жалюзийное сепарационное устройство; 2-выходной патрубок;  
3-вертикальные трубки; 4-дренажная трубка; 5-выходная дренажная трубка; 6-очистительный люк; 7-входной патрубок; 8-отбойный козырек.

Уровень масла при этом начинает увеличиваться. Скорость газа резко уменьшается, по мере его выхода из вертикальных трубок. Большие частицы жидкости по дренажной трубе [9] при этом уходят вниз аппарата. Из центральной части пылеуловителя образовавшийся масляный туман, и газ

уходят в верхнюю часть аппарата, а уже оттуда в жалюзийное сепарационное устройство, в котором происходит отбор мелкозернистой взвеси. Через выходной патрубок идёт очищенный газ. Через выходную дренажную трубку загрязненное масло, находящееся в поддоне, удаляется. Через люк, осуществляется полная отчистка аппарата, по документации она осуществляется не менее 3 или 4 раз в год. Для того чтобы работа пылеуловителя была нормальной, нужно поддерживать постоянный масляный уровень. Говоря о вертикальных масляных пылеуловителях, стоит заметить, что их пропускная способность при некотором заданном давлении, ограничивается в контактных трубках скоростью потока газа, которая не должна быть больше 1 или 3 м/с.

Говоря о достоинствах вертикального масляного пылеуловителя, стоит заметить, что он в сравнении с другими видами пылеуловителей имеет высокую степень отчистки, которая [10] отображается в коэффициенте отчистки, который равен 98% . Что касается недостатков, то здесь можно сказать о большой металлоемкости, чувствительности к изменению уровня жидкости, гидравлическом сопротивлении, уносу жидкости и её наличию.

## **2.2 Аппараты воздушного охлаждения**

Аппараты воздушного охлаждения, ещё в начале прошлого века отлично зарекомендовали себя. В основном они используются на различных добывающих предприятиях, где необходимо контролировать рабочую температуру сырья и отвесных продуктов. В виду того, что месторождения газа и нефти разбросаны по всему земному шару, очень активизировался вопрос по эксплуатации данного вида оборудования в абсолютно разных климатических условиях.

В аппаратах воздушного охлаждения, как и в любых других можно выявить массу различных достоинств и недостатков. Все они естественно своеобразны и зависят от среды, в которой используется данный аппарат. Преимуществами аппаратов воздушного охлаждения в сравнении с такими

теплообменными аппаратами, как пластинчатые, кожухотрубные или спиральные является:

1. Низкое потребление электроэнергии.
2. Большая свобода по части регулировок, что позволяет точно соблюдать любой заданный режим.
3. Довольно таки малая удельная металлоёмкость.
4. Удобство проектирования с различной конфигурацией и размещением теплообменных секций.
5. Встроенная система рециркуляции и подогрева воздуха.
6. Возможность применять по отдельности или сразу несколько систем, для контроля расхода воздуха.
7. Жалюзи с пневматическим, ручным либо электроприводом.
8. Электромоторы с меняющейся полярностью.
9. Регулировка лопастей вентилятора посредством автоматики.
10. Частотные преобразователи.

Существует несколько типов и модификаций АВО, рассмотрим их подробнее.

АВМ - молоточные аппараты.

Данные аппараты предназначены для конденсирования и охлаждения различных сред, которые применяются в нефтеперерабатывающей, нефтехимической, и других граничащих с этими областях промышленности. На (рисунке 2.2) представлена схема устройства АВМ. Такой вид оборудования изготавливают, как для экспорта, так и для внутреннего рынка России. Отличительной особенностью молоточных аппаратов является то, что они применяются там, где теплоэнергоемкость технологических потоков невелика.

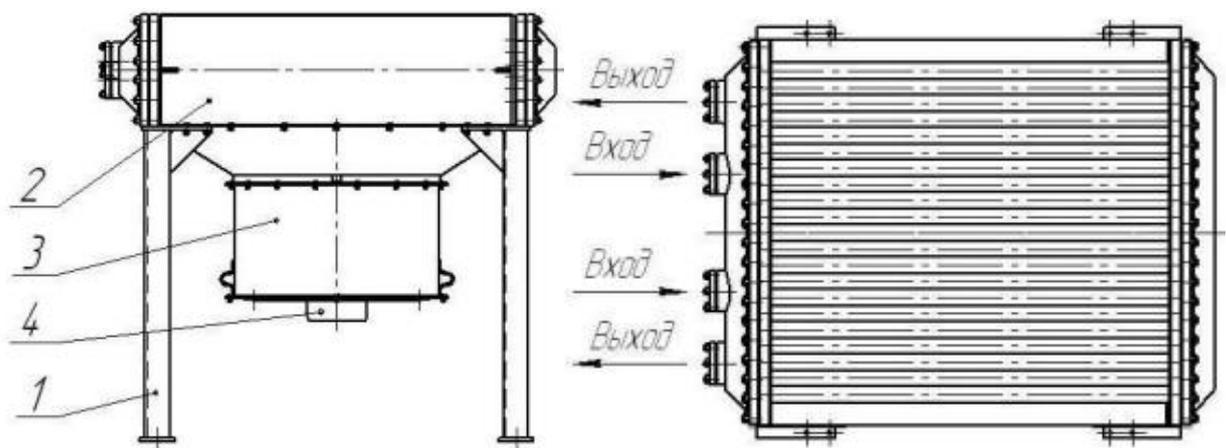


Рисунок 2.2 – Схема молоточного аппараты горизонтального типа:  
1-металлоконструкция; 2-секция; 3-вентилятор; 4-электродвигатель.

АВГ - аппараты с горизонтальны расположением теплообменника.

Это теплообменник, который является по классификации теплообменных аппаратов трубчатым, оребрѐнным, воздушным. Его устройство представлено на (рисунке 2.3). Данный тип аппаратов используется как для нагрева, так и для охлаждения рабочих сред. Отличительной особенностью всех теплообменников [11] такого типа это то, что здесь одним из теплоносителей является именно воздушная среда.

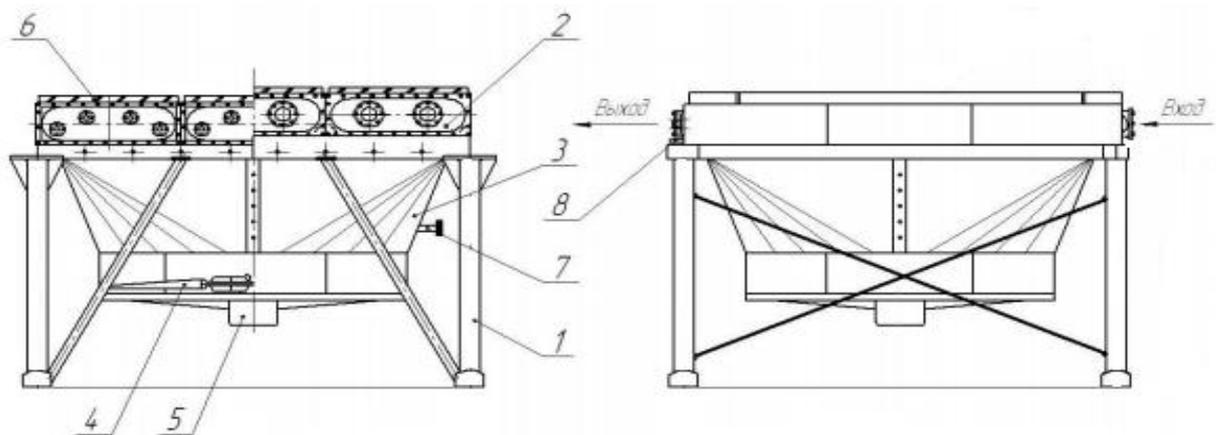


Рисунок 2.3 – Схема горизонтального расположения теплообменника:  
1-металлоконструкция; 2-секция; 3-диффузор; 4-вентилятор;  
5-электродвигатель; 6-жалюзи; 7-увлажнитель воздуха; 8-подогреватель.

АВЗ - аппараты с зигзагообразным расположением теплообменника.

Когда речь идёт об установках большой производительности, предпочтительно использовать аппараты типа АВЗ. Использование данных аппаратов, по сравнению с другими типами, сокращает занимаемую площадь, снижает эксплуатационные расходы, упрощает обслуживание и ремонт.

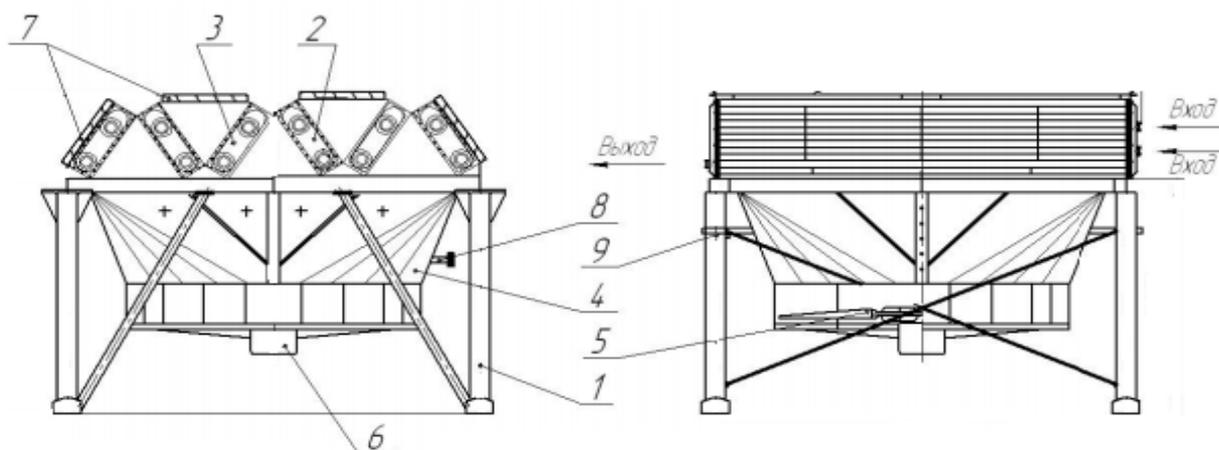


Рисунок 2.4 – Схема зигзагообразного расположения теплообменника:  
1-металлоконструкция; 2-секция левая; 3-секция правая; 4-диффузор;  
5-вентилятор; 6-электродвигатель; 7-жалюзи; 8-увлажнитель воздуха;  
9-подогреватель воздуха.

### 2.3 Способ охлаждения компрессора

Говоря о способе охлаждения поршневого компрессора, стоит для начала обратиться к его определению. Поршневой компрессор это разновидность компрессоров, которые применяются для подачи и сжатия воздуха или таких жидкостей, как хладагенты, масла и так далее [12] под давлением. Вообще компрессоры такого типа активно применяются в машиностроении, криогенной технике, текстильном производстве, холодильной и химической промышленности.

Конструкции, схемы и компоновки их могут быть разнообразны. Например, по расположению цилиндров они могут быть угловыми,

горизонтальными и вертикальными, а по числу ступеней сжатия одно, двух и многоступенчатыми.

В данной работе рассмотрено использование одноступенчатого поршневого компрессора. Сам компрессор охлаждается маслом в картере. А цилиндры компрессора охлаждаются газом, который идёт после цилиндра в буферную ёмкость, которая, как правило, устанавливается на ступень сжатия, чтобы снизить акустическое и пульсационное воздействие газа, затем в масляный вертикальный пылеуловитель для дальнейшей его отчистки. После это газ идёт к аппаратам воздушного охлаждения, где проходя по оребрѐнным трубам под действием обдувания вентилятором снижает свою температуру.

Использование именно оребрѐнных труб обусловлено тем, что они выполняются методом накатки алюминиевой трубы на стальную трубу. Это позволяет увеличить коэффициент теплоотдачи по сравнению со стандартными теплообменными аппаратами, [13] имеющими гладкую трубу. И наконец, газ движется к газовому сепаратору, где подаѐтся в среднюю часть сепаратора, в которой проходит коагулятор, а потом сетчатую насадку. Там он освобождается от капелек конденсата, которые стекают вниз сепаратора, где по мере накопления сбрасываются в дренажную ёмкость.

Далее отчищенный газ поступает в цилиндр поршневого компрессора, где по принципу указанному выше продолжает своё движение. Но стоит заметить, что данная схема подходит для установки с маленькой производительностью поршневого компрессора.

## **2.4 Использование ресивера**

Компрессорный ресивер это герметичная емкость, которая предназначена для хранения сжатого воздуха, а также стабилизации давления в пневмосистеме. Воздухосборники не являются обязательными и относятся к категории дополнительного оборудования. Однако практика показывает,

что их применение оправдано как для бытовых, так и для промышленных агрегатов.

Чтобы ответить на вопрос о том, зачем нужен ресивер в компрессоре, следует подробнее рассмотреть особенности этого устройства и принцип его работы.

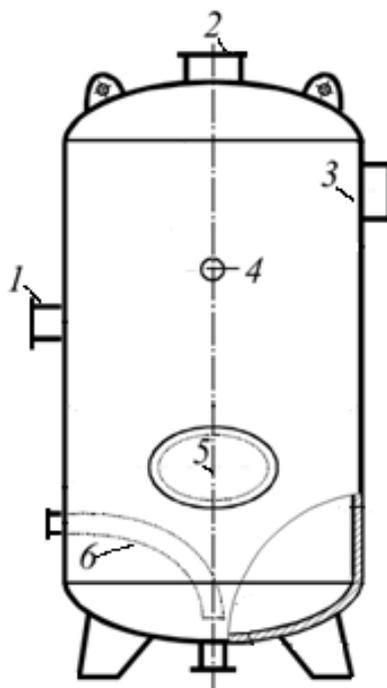


Рисунок 2.4 – Воздухосборник (ресивер):

1-впускной патрубок; 2-патрубок предохранительного клапана; 3-выпускной патрубок; 4-патрубок манометра; 5-люк; 6-патрубок-вентиль для продувки.

Принцип действия оборудования состоит в следующем. По входному патрубку рабочая среда, сжатая компрессором, [14] поступает в емкость, где достигает нужного давления. Одновременно излишки влаги оседают на стенках в виде конденсата, что способствует дополнительному осушению воздуха. После этого сжатый газ через выходной патрубок подают в пневмосистему предприятия или на сопряженный с ресивером пневмоинструмент.

Также ресивер нужен для накопления сжатого воздуха. При одновременной работе всех потребителей, производительности компрессорного оборудования может быть недостаточно. Использование

накопителя обеспечивает стабильную подачу рабочей среды в период пиковых нагрузок.

Работая в автоматическом режиме, агрегаты выключаются при достижении заданного давления в системе и вновь включаются при его падении. Как правило, эта разница составляет всего 2 бар. Без использования ресивера количество циклов включения [15] заметно возрастает, что ведет к увеличению износа и сокращению срока службы компрессора.

При работе поршневого оборудования сжатый воздух поступает в систему не равномерно, а импульсно. Чтобы решить эту проблему, установку оснащают воздухонакопителем, который устраняет пульсацию.

Ресиверы компрессоров могут быть вертикальными или горизонтальными. Емкости первого типа более востребованы, поскольку обладают компактными размерами и позволяют рационально использовать площадь производственного помещения.

Все воздухохранилища, вне зависимости от конфигурации, при необходимости не трудно объединить в общую сеть. Причем монтаж можно выполнить двумя методами — параллельно и последовательно. Каждый способ имеет свои плюсы и минусы.

При выборе ресивера стоит обращать внимание на такие показатели как:

1. Объем. Этот показатель варьируется от 5 литров (для бытовых моделей) до 1000 и более литров (для промышленных агрегатов). При выборе следует придерживаться правила: чем мощнее компрессор, тем больше ресивер. В среднем его объем должен составлять около 30-50% от производительности агрегата.

2. Давление. Для использования в комплексе с бытовым инструментом обычно достаточно ресивера, рассчитанного на хранение воздуха под давлением до 10 бар. Для коммерческого применения на малых предприятиях подойдут модели, выдерживающие до 16 бар.

3. Пропускная способность. Этот параметр определяет, какое количество воздуха (в литрах) может пропустить через себя ресивер за одну минуту. Чем выше потребность в сжатом газе, тем больше должна быть пропускная способность воздухоборника.

## 2.5 Сепараторы

Газовые сепараторы являются обязательным оборудованием в составе технологических линий на предприятиях добычи и хранения природного газа, нефтегазодобывающих и перерабатывающих предприятиях и химических производствах. Газосепараторы выполняют функцию предварительной очистки природного или попутного нефтяного газа от механических примесей, конденсата, нефти, капельной влаги и других веществ перед последующей его переработке или применением. Также газовые сепараторы входят в состав [16] установок предварительной подготовки газа и нефти, установок очистки газа и систем сброса воды. Они отличаются от нефтегазовых тем, что предназначены для очистки от конденсата, жидкостей и других веществ только попутного и природного газа. Применяются они также как на промысловых установках, так и на заводах-переработчиках. Также газосепараторы используются при подготовке газа к транспортировке. Существует несколько различных видов сепараторов, отличающихся друг друга способом производства, методами применения и условиями использования. Все характеристики сепараторов взаимосвязаны и зависят от конкретных условий и целей, в которых и для которых он будет применяться.

Существует несколько разновидностей газовых сепараторов в разных конструктивных исполнениях:

1. Горизонтальные газовые сепараторы СГГ.
2. Вертикальные газовые сепараторы СГВ.

Основное различие сепараторов СГГ и СГВ заключается в способе размещения емкостей, при этом имея одинаковые характеристики по степени

очистки газа.

Сепараторы газовые представляют собой вертикальную или горизонтальную цилиндрическую емкости с эллиптическими днищами. Вне зависимости от способа размещения они устанавливаются наземно на опоры-лапы или опоры-стойки.

В стенке сепаратора предусматриваются [17] люки и патрубки для подачи и выхода газа, для отвода конденсата, для осуществления доступа внутрь, а также для установки технологического оборудования (манометров, датчиков, уровнемеров, запорной арматуры). Расположение патрубков [18] и состав технологического оборудования подбирается индивидуально на основании технических условий эксплуатации (давления, свойств газа на входе и требований к составу газа на выходе).

Также существуют другие варианты изготовления газовых сепараторов СГГ и СГВ:

1. Газовые сепараторы с теплоизоляцией для поддержания рабочей температуры.

2. Газовые сепараторы на рамном каркасе: в состав сепарационной установки входит сама емкость, а также трубопроводная обвязка с комплектом запорной и предохранительной арматуры, которые крепятся к рамному металлокаркасу.

3. Блочно-модульные газовые сепарационные установки: сама емкость, трубопроводная обвязка, комплект запорной и предохранительной арматуры.

Внутри вертикальных и горизонтальных газосепараторов располагается блок коалесцирующих насадок, на которых оседают частицы влаги и механических примесей.

Говоря о работе газового сепаратора, стоит заметить, что они являются сепараторами инерционно-фильтрующего типа, так как отделение капельной влаги, конденсата и механических примесей из газа осуществляется при помощи сбора улавливаемых частиц на специальных коалесцирующих насадках и фильтрах. Эти фильтры [19] представляют собой расположенные

специальным образом пластины, которые задерживают капельки или частицы в результате понижения давления внутри сепаратора. Далее осевшие частицы собираются и выводятся из сепаратора через нижний патрубок.

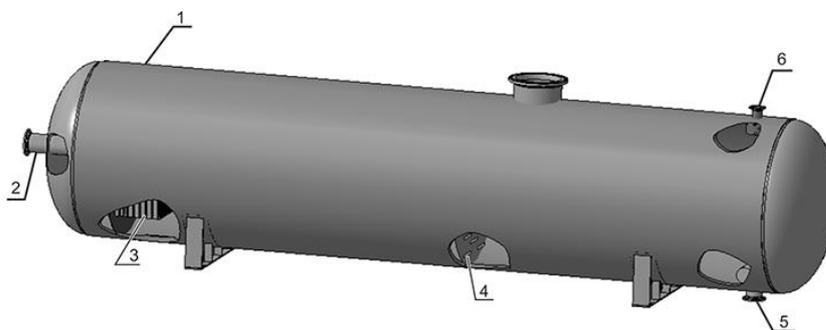


Рисунок 2.5 – Схема горизонтального газового сепаратора:

1-корпус; 2-ввод газа; 3-блок коалесцирующих насадок; 4-устройство распределения и коалесценции; 5-вывод газового конденсата; 6-выход газа с устройством улавливания капельной жидкости.

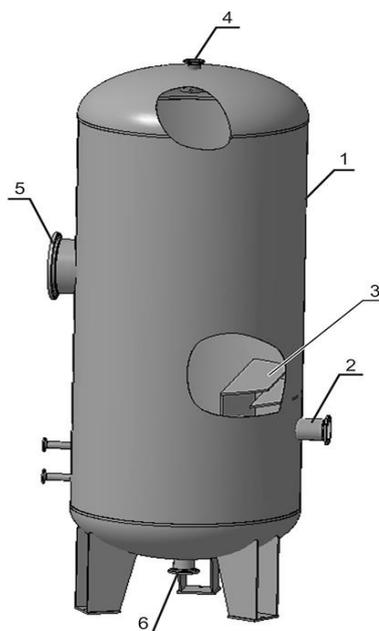


Рисунок 2.6 – Схема вертикального газового сепаратора:

1-корпус; 2-ввод газа; 3-устройство распределения (коагулятор); 4-выход газа с устройством улавливания капельной жидкости; 5-люк-лаз; 6-вывод газового конденсата.

Данный сепаратор и используется на рассматриваемой компрессорной установке, так как из соображений [20] именно вертикального вида является более компактным в условиях расположения цеха.

Процесс изготовления газовых сепараторов состоит из нескольких этапов:

1. Формирование заготовок стенки, днищ, патрубков, люков, лестниц, площадок обслуживания, рамной конструкции и др.

2. Ручная или автоматическая сварка всех элементов.

3. Контроль качества сварных швов, испытания на герметичность и высокое давление.

4. Пескоструйная обработка всех металлических поверхностей для последующего качественного нанесения антикоррозионной защиты.

5. Антикоррозионная обработка внешней и внутренней поверхностей.

### 3. Расчётная часть

#### 3.1 Расчёт и подбор АВО

$Q_{об} = 100 \text{ м}^3 / \text{ч}$  расход газа через один АВО при стандартных условиях;

$\rho_{г} = 0.55 \text{ кг} / \text{м}^3$  плотность газа при стандартных условиях;

$P_{вх} = 0.1010 \text{ МПа}$  давление газа на входе в АВО;

$T_{вх} = 293 \text{ К}$  температура газа на входе в АВО;

$C_p = 2739 \text{ Дж} / \text{кг} \cdot \text{К}$  удельная теплоёмкость газа;

$Z = 0.91$  индекс сжимаемости газа;

$\mu_{г} = 13 \cdot 10^{-6} \text{ Па} / \text{с}$  динамическая вязкость газа;

$\lambda_{г} = 0.044 \text{ Вт} / \text{м} \cdot \text{К}$  теплопроводность газа;

$\Delta = 7.5$  относительная плотность газа по воздуху;

$T_{в} = 233 \text{ К}$  температура атмосферного воздуха;

$P_{бар} = 0.1013 \text{ МПа}$  барометрическое давление воздуха;

$C_{ра} = 1009 \text{ Дж} / \text{кг} \cdot \text{К}$  удельная теплоёмкость воздуха;

$\mu_{в} = 1.8 \cdot 10^{-5} \text{ Па} / \text{с}$  динамическая вязкость воздуха;

$\lambda_{в} = 0.026$  теплопроводность воздуха;

$n_{вен} = 2$  число вентиляторов одного АВО;

$G_{в} = 68 \text{ кг} / \text{с}$  производительность по воздуху одного вентилятора;

$\eta_{в} = 0.7$  КПД вентилятора;

$R_{воз} = 8.314$  значение газовой постоянной;

$N_{н} = 8 \text{ кВт}$  номинальная мощность электродвигателя вентилятора;

$n_c = 2$  число секций одного АВО;

$n_{трс} = 168$  число труб в каждой секции;

$n_{тр} = 28$  число труб в одном ряду секции;

$R = 6$  число рядов труб в секции;

$l = 12 \text{ м}$  полная длина трубы, обдуваемая воздухом;

$l_p = 11.9 \text{ м}$  расстояние между крайними рёбрами по их основанию;

$l_1 = 0.064$  м шаг между осями двух соседних труб в горизонтальной плоскости;

$d_n = 0.025$  м диаметр труб по основанию рёбер;

$D_n = 0.057$  м диаметр труб по высоте рёбер;

$d_{вн} = 0.02$  м внутренний диаметр труб;

$h = 0.016$  м высота рёбер;

$l_{mp} = 0.0025$  м шаг между рёбрами;

$S_p = 6.4 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup> площадь поперечного сечения ребра;

$\delta_{осн} = 0.0004$  м толщина ребра у основания;

$\delta_h = 0.0004$  м толщина ребра на высоте h;

$\lambda_p = 159.1$  Вт / м·К теплопроводность материала ребра;

$\rho_{воз} = 0.1$  плотность воздуха;

$r_{3вн} = 0.00017$  м<sup>2</sup>·К / Вт тепловые сопротивления загрязнений труб внутри;

$r_{3н} = 0.000013$  м<sup>2</sup>·К / Вт тепловые сопротивления загрязнений труб снаружи.

Расчёт площади полного горизонтального сечения по осям труб одного ряда труб секции АВО:

$$S_r = l \cdot [l_1 \cdot (n_{mp} - 1) + D_n] = 21.42 \text{ м}^2. \quad (1)$$

Расчёт площади узкого сечения одного ряда труб секции АВО:

$$S_y = S_r - l \cdot d_n \cdot n_{mp} - 2 \cdot S_p \cdot n_{mp} \cdot n_p; \quad (2)$$

где:

$$n_p = \frac{l_p}{l_{mp}} + 1 = 4.761 \cdot 10^3; \quad (3)$$

$n_p$  - число рёбер;

$$S_y = S_r - l \cdot d_n \cdot n_{mp} - 2 \cdot S_p \cdot n_{mp} \cdot n_p = 11.314 \text{ м}^2.$$

Расчёт площади боковой поверхности ребер:

$$S_{\delta p} = 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot [(D_n)^2 - (d_n)^2] \cdot n_p = 19.624 \text{ м}^2. \quad (4)$$

Расчёт площади поверхности торцов ребер:

$$S_{mp} = \pi \cdot D_n \cdot \delta_n \cdot n_p = 0.341 \text{ м}^2. \quad (5)$$

Расчёт полной площади поверхности ребер:

$$S_{np} = S_{op} + S_{mp} = 19.96 \text{ м}^2. \quad (6)$$

Расчёт площади промежутков между ребер:

$$S_{пром} = (l_{mp} - \delta_{очн}) \cdot \frac{l_p}{l_{mp}} \cdot \pi \cdot d_n = 0.785 \text{ м}^2. \quad (7)$$

Расчёт площади оребренной поверхности трубы:

$$S = S_{np} + S_{пром} = 20.75 \text{ м}^2. \quad (8)$$

Расчёт площади наружной поверхности трубы у основания ребер:

$$S_n = \pi \cdot d_n \cdot l = 0.942 \text{ м}^2. \quad (9)$$

Расчёт площади внутренней поверхности трубы:

$$S_e = \pi \cdot d_{вн} \cdot l = 0.754 \text{ м}^2. \quad (10)$$

Расчёт поверхности охлаждения одной секции АВО:

$$S_m = [S + \pi \cdot d_n \cdot (l - l_p)] \cdot n_{mpc} = 3.487 \cdot 10^3 \text{ м}^2. \quad (11)$$

Расчёт первого приближения:

$$T_{охл} = T_г + (10 \div 15); \quad (12)$$

$$T_{охл} = 223 \text{ К}.$$

Расчёт средней температуры газа в АВО:

$$T_{ср} = \frac{T_{вх} + T_{охл}}{2} = 258 \text{ К}. \quad (13)$$

Расчёт скорости газа в трубах:

$$W_\Gamma = \frac{Q_\Gamma}{\left[ \frac{\pi}{4} \cdot (d_{вн})^2 \cdot n_c \cdot n_{mpc} \right]}; \quad (14)$$

$$Q_\Gamma = Q_{об} \cdot \frac{Z \cdot T_{вх} \cdot R_{воз} \cdot \rho_{воз}}{P_{вх}} = 6.584 \cdot 10^4 \text{ м}^3 / \text{с}. \quad (15)$$

$$W_\Gamma = \frac{Q_\Gamma}{\left[ \frac{\pi}{4} \cdot (d_{вн})^2 \cdot n_c \cdot n_{mpc} \right]} = 6.238 \cdot 10^5 \text{ м} / \text{с}.$$

Расчёт средней плотности газа:

$$\rho_{\text{срз}} = \frac{\Delta \cdot P_{\text{ex}}}{(Z \cdot T_{\text{срз}} \cdot R_{\text{воз}})} = 0.46 \text{ кг} / \text{м}^3. \quad (16)$$

Расчёт числа Рейнольдса для газа:

$$\text{Re}_\Gamma = \frac{\rho_{\text{срз}} \cdot d_{\text{вн}} \cdot W_\Gamma}{\mu_\Gamma} = 0.724 \cdot 10^5. \quad (17)$$

Расчёт критерия Прандтля для газа:

$$\text{Pr}_\Gamma = \frac{C_p \cdot \mu_\Gamma}{\lambda_\Gamma} = 0.809. \quad (18)$$

Расчёт коэффициента теплоотдачи со стороны газа:

$$\alpha_{\text{вн}} = 0.023 \cdot (\text{Re}_\Gamma)^{0.8} \cdot (\text{Pr}_\Gamma)^{0.4} \cdot \frac{\lambda_\Gamma}{d_{\text{вн}}} = 1.331 \cdot 10^3. \quad (19)$$

Расчёт количества тепла передаваемого в АВО:

$$Q_\Gamma = \rho_\Gamma \cdot Q_{\text{об}} \cdot C_p (T_{\text{ex}} - T_{\text{охл}}) = 2.14 \cdot 10^7 \text{ Дж}. \quad (20)$$

Расчёт средней температуры воздуха на выходе из АВО:

$$T_{\text{вс}} = T_\epsilon + \frac{Q_\Gamma}{G_B \cdot C_p \cdot n_{\text{всн}}} = 270.457 \text{ К}. \quad (21)$$

Расчёт средней температуры воздуха в секции АВО:

$$T_{\text{срв}} = 0.5(T_\epsilon + T_{\text{вс}}) = 241.728 \text{ К}. \quad (22)$$

Выбор статического давления вентилятора:

$$P_{\text{ст}} = 70 \text{ Па}.$$

Расчёт средней плотности воздуха в секции АВО при нижнем расположении вентиляторов:

$$\rho_{\text{срв}} = \frac{(P_{\text{бар}} + 0.5P_{\text{ст}})}{R_{\text{воз}} \cdot T_{\text{срв}}} = 0.017 \text{ кг} / \text{м}^3. \quad (23)$$

Расчёт средней скорости воздуха в узком сечении АВО:

$$W_\epsilon = \frac{G_\epsilon \cdot n_{\text{всн}}}{\rho_{\text{срв}} \cdot S_y \cdot n_c} = 344.128 \text{ м} / \text{с}. \quad (24)$$

Расчёт коэффициента оребрения:

$$K_{\text{оп}} = \frac{S}{S_n} = 22.016. \quad (25)$$

Расчёт условно определяющего размера:

$$l_y = l_p \cdot [(D_n)^2 - (d_n)^2] \cdot \frac{\left[ 1 + \frac{\sqrt{\frac{\pi}{4} \cdot [(D_n)^2 - (d_n)^2]}}{d_n} \right]}{2l \cdot R \cdot K_{op} \cdot l_{mp}} = 0.011. \quad (26)$$

Расчёт числа Рейнольдса по условному определяющему размеру:

$$Re = \frac{\rho_{срв} \cdot W_6 \cdot l_y}{\mu_6} = 3.704 \cdot 10^3. \quad (27)$$

Расчёт эквивалентного диаметра сжатого поперечного сечения пучка труб:

$$d_3 = \frac{2 \cdot [l_{mp} \cdot (l_1 - d_n) - h \cdot (\delta_{очн} + \delta_h)]}{2h + l_{mp}} = 1.9 \text{ м}. \quad (28)$$

Расчёт коэффициента формы шахматного пучка труб:

$$C_s = 5.4 \cdot \left( \frac{l_y}{d_3} \right)^{0.3} = 1.154. \quad (29)$$

Расчёт коэффициента гидравлического сопротивления пучка труб с шахматным расположением оребренных труб:

$$\xi = R \cdot C_s \cdot cr \cdot Re^{-0.25} + \frac{2(T_{6в} - T_6)}{T_{срв}} = 1.363. \quad (30)$$

Расчёт статического давления вентилятора:

$$P_{ст} = 0.5 \cdot \xi \cdot \rho_{срв} \cdot (W_6)^2 = 1.41 \cdot 10^3 \text{ Па}. \quad (31)$$

Расчёт критерия Прандтля для воздуха:

$$Pr_6 = \frac{C_{рв} \cdot \mu_6}{\lambda_6} = 0.699. \quad (32)$$

Расчёт числа Рейнольдса для воздуха:

$$Re_6 = \frac{\rho_{срв} \cdot W_6 \cdot d_n}{\mu_6} = 8.348 \cdot 10^3. \quad (33)$$

Расчёт поправочного коэффициента для числа продольных рядов шахматных пучков труб с круглыми рёбрами:

$$K_r = 0.8937 \cdot R^{0.0457} = 0.97. \quad (34)$$

Расчёт критерия Нуссельта:

$$Nu = 0.23 \cdot K_r \cdot (K_{op})^{0.2} \cdot (Re_e)^{0.65} \cdot \left(\frac{d_n}{l_{mp}}\right)^{-0.54} \cdot \left(\frac{h}{l_{mp}}\right)^{-0.14} = 32.598. \quad (35)$$

Расчёт конвективного коэффициента теплоотдачи со стороны воздуха:

$$\alpha_\kappa = \frac{Nu \cdot \lambda_e}{d_n} = 33.902 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}. \quad (36)$$

Расчёт безразмерной высоты рёбер:

$$B_1 = \left(h + \frac{\delta_h + \delta_{очн}}{2}\right) \cdot \sqrt{\frac{4\alpha_\kappa}{\lambda_p \cdot (\delta_h + \delta_{очн})}} = 0.535. \quad (37)$$

$$B_2 = h \cdot \sqrt{\frac{4\alpha_\kappa}{\lambda_p \cdot (\delta_h + \delta_{очн})}} = 0.522. \quad (38)$$

Расчёт безразмерного значения:

$$c = \frac{D_n}{d_n} = 2.28. \quad (39)$$

Расчёт коэффициента эффективности круглых поперечных ребер прямоугольного сечения:

$$E = f(B_1, C). \quad (40)$$

$$E = 0.856.$$

Расчёт поправочного коэффициента теплоотдачи по поверхности ребра:

$$\psi = 0.97 - 0.056 \cdot B_2 = 0.941. \quad (41)$$

Расчёт приведенного коэффициента теплоотдачи:

$$\alpha_{np} = \alpha_\kappa \left[ 1 + \frac{S_{np} (E \cdot \tau \cdot \psi - 1)}{S} \right] = 27.55 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}. \quad (42)$$

$\tau$  - поправка на трапецеидальное сечение ребер, принимаем равным 1.

Расчёт полной наружной поверхности трубы с рёбрами к её внутренней поверхности:

$$\beta = \frac{S}{S_e} = 27.52. \quad (43)$$

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

$$K_{аво} = \frac{1}{\frac{\beta}{\alpha_{вн}} + \frac{1}{\alpha_{пр}} + \beta \cdot r_{3вн} + r_{3н}} = 16.217 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}. \quad (44)$$

Расчёт значений:

$$M = \frac{T_{вх} - T_{охл}}{T_{вх} - T_{е}} = 1.218. \quad (45)$$

$$N = \frac{T_{вс} - T_{е}}{T_{вх} - T_{е}} = 0.718. \quad (46)$$

Поправочного коэффициента при однократном перекрестном ходе:

$$\varepsilon = 0.156.$$

Расчет среднего температурного напора:

$$\theta_1 = T_{вх} - T_{вс} = 22.543. \quad (47)$$

$$\theta_2 = T_{охл} - T_{е} = 10. \quad (48)$$

$$\theta_{ср} = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\ln\left(\frac{\theta_1}{\theta_2}\right)} = 2.407 \text{ К}. \quad (49)$$

Расчёт плотности теплового потока:

$$q_T = K_{аво} \cdot \theta_{ср} = 39.039 \text{ Вт} / \text{м}^2. \quad (50)$$

Уточняющий расчёт количество тепла, передаваемого в АВО:

$$Q_{T1} = q_T \cdot S_T \cdot n_c = 2.723 \cdot 10^5 \text{ Дж} / \text{с}. \quad (51)$$

Расчёт температуры охлаждения газа:

$$T_{охл1} = T_{вх} - \frac{Q_{T1}}{Q_{об} \cdot \rho_{г} \cdot C_p} = 268.109 \text{ К}. \quad (52)$$

Расчёт поверхности теплообмена одной секции:

$$S_{рас} = \frac{Q_T}{q_T \cdot n_c} = 2.741 \cdot 10^5 \text{ м}^2. \quad (53)$$

Расчёт плотности воздуха на выходе из АВО:

$$\rho_{вс} = \frac{P_{раб}}{T_{вс} \cdot R_{воз}} = 4.505 \cdot 10^{-5} \text{ кг} / \text{м}^3. \quad (54)$$

Расчёт динамического давления вентилятора при нижнем расположении вентиляторов:

$$P_{дин} = \frac{\left( \frac{G_g \cdot n_{ген}}{S_y \cdot n_c} \right)^2}{2\rho_{гс}} = 4.009 \cdot 10^5 \text{ Па}. \quad (55)$$

Расчёт мощности потребляемой вентилятором:

$$N_g = \frac{G_g (P_{ст} + P_{дин})}{\rho_g \cdot \eta_g} \quad (56)$$

$$\rho_g = \frac{P_{бар}}{T_g \cdot R_{воз}} = 5.72 \cdot 10^{-5}. \quad (57)$$

$$N_g = \frac{G_g (P_{ст} + P_{дин})}{\rho_g \cdot \eta_g} = 20 \text{ кВт}. \quad (58)$$

По результатам расчета, температура охлажденного газа на выходе из АВО для АВГ составляет 268 К, что доказывает приемлемость использования данного аппарата для нашего типа местности. Целью использования АВО является охлаждение газа до температур, соответствующих сезонным температурам грунта, а температура грунта вокруг компрессорной установки находится в пределах от -8 до -15°C, также стоит заметить, что АВГ охладит использованный газ до -5°C. Был произведён расчёт мощности потребляемой вентилятором, она составила 20 кВт.

### 3.2 Расчёт газового сепаратора

Для этого расчёта, исходными данными являются:

$$Q_{ст} = 100 \text{ т м}^3 / \text{ч};$$

$$P = 0.1 \cdot 10^5 \text{ Па};$$

$$T_{кит} = 328 \text{ К};$$

$$Mr_{см} = 35 \text{ г / моль};$$

$$T_1 = 283 \text{ К};$$

$$k_{сж} = 1;$$

$$\rho_{воды} = 1000 \text{ кг / м}^3;$$

$$R = 8.31 \text{ Дж / моль} \cdot \text{К}.$$

Расчёт плотности газа в стандартных условиях.

Используя уравнения состояния идеального газа, рассчитываем плотность газа в условиях сепарации, а также при стандартных условиях.

$$\rho_{см} = \frac{P \cdot Mr_{см}}{k_{сж} \cdot R \cdot T_1} = 0.55 \text{ кг/м}^3; \quad (59)$$

где:

$\rho$  - плотность;

$P$  - давление в сепараторе;

$Mr$  - молекулярная масса смеси;

$R$  - универсальная газовая постоянная;

$T$  - температура в сепараторе;

$k_{сж}$  - коэффициент сжимаемости газа.

Расчёт плотности газа в условиях сепарации.

Для расчета плотности газа, необходимо знать его коэффициент сжимаемости и молекулярную массу, для этого нужен состав газа, приведенный в (таблице 1).

Расчёт коэффициента сжимаемости.

$$k_{сж1} = 1 - (0.73 \cdot \tau_{np} - 0.18) \pi_{np} = 0.626; \quad (60)$$

где:

$\tau_{np}$  - Приведённая температура;

$\pi_{np}$  - Приведённое давление.

$$\tau_{np} = 1.1; \pi_{np} = 0.5.$$

Таблица 1 – Компоненты используемого природного газа

Наименование компонента	Компонент	М, г/моль	Масс. %
Метан	CH <sub>4</sub>	16	84
Этан	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30	3
Пентан	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72	4
Бутан	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58	5
Пропан	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44	4

Используя метод Мейсснера-Реддинга можно вычислить критическую температуру.

$$T_{кр} = 1.7 \cdot T_{кит} - 2 = 91.5 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (61)$$

Исходя из уравнения Льюиса, рассчитываем критическое давление.

Средняя молекулярная масса смеси равна сумме произведений молекулярной массы каждого компонента на его долю в смеси.

$$Mr_1 = 16 \text{ г/моль}; \quad v_1 = 84 \text{ } \%;$$

$$Mr_2 = 30 \text{ г/моль}; \quad v_2 = 3 \text{ } \%;$$

$$Mr_3 = 72 \text{ г/моль}; \quad v_3 = 4 \text{ } \%;$$

$$Mr_4 = 58 \text{ г/моль}; \quad v_4 = 5 \text{ } \%;$$

$$Mr_5 = 44 \text{ г/моль}; \quad v_5 = 4 \text{ } \%;$$

$$Mr_{cp} = \frac{Mr_1 \cdot v_1}{100} + \frac{Mr_2 \cdot v_2}{100} + \frac{Mr_3 \cdot v_3}{100} + \frac{Mr_4 \cdot v_4}{100} + \frac{Mr_5 \cdot v_5}{100} = 43.3; \quad (62)$$

$$P_{кр} = K \frac{T_{кр} \cdot 10^4}{Mr_{cp}} = 6.527 \cdot 10^4 \text{ Па}; \quad (63)$$

$Mr$  - средняя молекулярная масса;

$K$  - константа равная 6.3.

Таким образом, получаем:

$$\rho_{cen} = \frac{P \cdot Mr_{cm}}{k_{сж} \cdot R \cdot T_1} = 0.944 \text{ кг/м}^3; \quad (64)$$

Расчёт расхода газа в условиях сепарации:

$$Q_{cen} = 100 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{сутки}} \cdot \frac{\text{сутки}}{24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ с}} \cdot \frac{\rho_{cm}}{\rho_{cen}} = 0.626 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (65)$$

Расчёт производительности сепаратора по газу.

Производительность определяется максимальной скоростью газа, её вычисление производится на основании уравнения Саудер-Брауна.

При вертикальном расположении сепаратора коэффициент уравнения Саудер-Брауна принимают равным 0.12 м/с:

$$U_{max} = K \cdot \sqrt{\frac{(\rho_{неф} - \rho_{cen})}{\rho_{cen}}} = 1.407 \text{ м/с}. \quad (67)$$

Расчёт минимальной площади сечения:

$$A_1 = \frac{Q_{сеп}}{U_{\max}} = 0.445 \text{ м}^2; \quad (68)$$

где:

$Q_{сеп}$  - расход газа в условиях сепарации;

$U_{\max}$  - максимальная скорость газа.

$$A_2 = 0.480 \text{ м}^2;$$

где:

$A_2$  - минимальная площадь сечения сепаратора для разделения водой.

$$A = A_1 + A_2 = 0.925 \text{ м}^2; \quad (69)$$

где:

$A$  - суммарная площадь сепаратора.

Минимальный диаметр сепаратора равен:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = 1.085 \text{ м}. \quad (70)$$

Коэффициентом стройности называется отношение длины сепаратора к диаметру. Для стандартных сепараторов оно равно  $s=3.5$ .

$$L = s \cdot D = 3.798 \text{ м}. \quad (71)$$

Расчёт объёма сепаратора:

$$V = A \cdot L = 3.513 \text{ м}^3. \quad (72)$$

В данном расчёте были определены такие размерные данные сепаратора как: диаметр, который равен 1.085 м; его длина 3.798 м и объём 3.513 м<sup>3</sup>. Пользуясь вышеприведёнными расчётами, можно выбрать газовый сепаратор из таблицы подбора оборудования по данной тематике. Также в данном разделе был осуществлён расчёт природного газа в стандартных условиях и условиях сепарации.

### 3.3 Расчёт пылеуловителя

Исходными данными, для расчета пылеуловителя, являются такие значения как:

$Q = 100 \text{ м}^3 / \text{ч}$  суточная производительность газопровода;

$P_{\text{раб}} = 0.1 \cdot 10^5 \text{ Па}$  давление газа на входе в компрессорную станцию;

$T_{\text{раб}} = 283 \text{ К}$  температура газа на входе в компрессорную станцию;

$\Delta = 0.55 \text{ кг} / \text{м}^3$  относительная плотность газа;

$P_{\text{ст}} = 0.1033 \text{ МПа}$  давление при стандартных условиях;

$T_{\text{ст}} = 298 \text{ К}$  температура при стандартных условиях;

$z = 0.91$  коэффициент сжимаемости газа;

$W_{\text{к}} = 2.35 \text{ м} / \text{с}$  скорость в контактных трубках;

$W_{\text{о}} = 0.79 \text{ м} / \text{с}$  скорость в свободном сечении;

$W_{\text{жс}} = 0.45 \text{ м} / \text{с}$  скорость набегания на жалюзи;

Коэффициенты гидравлического сопротивления:

$\xi_1 = 0.25$  внезапное расширение газа на входе в пылеуловитель;

$\xi_2 = 0.53$  внезапное сужение газа на входе в контактные трубки;

$\lambda = 0.01$  контактные трубки;

$\xi_4 = 1$  внезапное расширение газа на выходе из контактных трубок;

$\xi_5 = 0.2$  жалюзийный аппарат;

$\xi_6 = 0.5$  внезапное сужение газа на выходе из пылеуловителя.

Технологический расчёт пылеуловителя.

Расчёт секундного расхода газа при рабочих условиях:

$$Q_p = \frac{Q}{24 \cdot 3600} \cdot \frac{P_{\text{ст}} \cdot T_{\text{раб}}}{P_{\text{раб}} \cdot T_{\text{ст}}} = 5.45 \text{ м}^3 / \text{с}. \quad (73)$$

Расчёт площади поперечного сечения группы пылеуловителей:

$$S = \frac{Q_p}{W_{\text{о}}} = 6.899 \text{ м}^2. \quad (74)$$

Расчёт общего числа пылеуловителей каждого типоразмера.

Для выполнения данного решения необходимо воспользоваться (таблицей 2), которая включает в себя данные о пылеуловителях.

Берём пылеуловители диаметром:

$$D_1 = 1400 \text{ мм};$$

$$D_2 = 1600 \text{ мм};$$

$$D_3 = 2400 \text{ мм};$$

Площадь поперечного сечения:

$$S_{n1} = 1.535 \text{ м}^2;$$

$$S_{n2} = 2.04 \text{ м}^2;$$

$$S_{n3} = 4.52 \text{ м}^2.$$

Таблица 2 – Размерные характеристики пылеуловителей

Корпус			Число трубок		Диаметр контактных трубок $d_k$ , мм	Длина контактных трубок $L_{кз}$ м	Диаметр дренажных трубок $d_{др}$ , мм	Высота жалюзийного аппарата $H$ , м	Масса $G_{п}$ , тн	
Диаметр $D$ , мм	Высота, мм	Площадь поперечного сечения $S_n$ , м <sup>2</sup>	Контактных $n_k$	Дренажных секций $n_d$					$P_{раб} = 5,5$ МПа	$P_{раб} = 6,4$ МПа
400	5100	0,126	5	2		1,02		0,98	1,06	1,2
500	5350	0,196	6	2		1,07		1,02	1,52	1,72
600	5550	0,282	9	3		1,11		1,06	2,1	2,27
1000	5950	0,785	26	5		1,19		1,14	5,84	6,45
1200	6300	1,132	41	7		1,26		1,21	8,5	9,8
1400	6650	1,535	49	8		1,33		1,27	12,2	13,4
1600	7000	2,04	57	9	89	1,4	89	1,34	15,9	18,92
2400	8800	4,52	127	20		1,76		1,68	30	-

$$n_1 = \frac{S}{S_{n1}} = 4.494; \quad (75)$$

$$n_2 = \frac{S}{S_{n2}} = 3.382; \quad (76)$$

$$n_3 = \frac{S}{S_{n3}} = 1.526. \quad (77)$$

Округляя получаем:

$$n_{n1} = 5; n_{n2} = 4; n_{n3} = 2.$$

Расчёт действительной газовой нагрузки каждой выбранной группы пылеуловителей:

$$Q_{n1} = \frac{Q_p}{n_{n1}} = 1.09 \text{ м}^3 / \text{с}; \quad (78)$$

$$Q_{n2} = \frac{Q_p}{n_{n1}} = 1.363 \text{ м}^3 / \text{с}; \quad (79)$$

$$Q_{n3} = \frac{Q_p}{n_{n1}} = 2.725 \text{ м}^3 / \text{с}. \quad (80)$$

Расчёт действительной скорости газа для каждого пылеуловителя.

а) в контактных трубках.

$S_{\kappa}$  - суммарная площадь поперечного сечения контактных трубок;

$d_{\kappa}$  - диаметр контактных трубок;

$n_{\kappa}$  - число контактных трубок.

$$\pi = 3.14; d_{\kappa} = 89 \text{ мм}; n_{\kappa1} = 49; n_{\kappa2} = 57; n_{\kappa3} = 127;$$

$$S_{\kappa1} = \frac{\pi \cdot d_{\kappa}^2}{4} \cdot n_{\kappa1} = 3.047 \text{ м}^2; \quad (81)$$

$$S_{\kappa2} = \frac{\pi \cdot d_{\kappa}^2}{4} \cdot n_{\kappa2} = 3.544 \text{ м}^2; \quad (82)$$

$$S_{\kappa3} = \frac{\pi \cdot d_{\kappa}^2}{4} \cdot n_{\kappa3} = 7.897 \text{ м}^2. \quad (83)$$

Скорость равна:

$$W_{\kappa1} = \frac{Q_{n1}}{S_{\kappa1}} = 3.578 \text{ м} / \text{с}; \quad (84)$$

$$W_{\kappa2} = \frac{Q_{n2}}{S_{\kappa2}} = 3.844 \text{ м} / \text{с}; \quad (85)$$

$$W_{\kappa3} = \frac{Q_{n3}}{S_{\kappa3}} = 3.451 \text{ м} / \text{с}. \quad (86)$$

б) В осадительной секции:

$S_o$  - поперечного сечения осадительной секции;

$S_d$  - суммарная площадь, занимаемая дренажным трубками в осадительной

секции;

$d_d$  - диаметр дренажных трубок;

$n_d$  - число дренажных трубок из осадительной секции.

$$d_d = 89 \text{ мм}; n_{d1} = 8; n_{d2} = 9; n_{d3} = 20;$$

$$S_{d1} = \frac{\pi \cdot d_d^2}{4} \cdot n_{d1} = 4.974 \text{ м}^2; \quad (87)$$

$$S_{d2} = \frac{\pi \cdot d_d^2}{4} \cdot n_{d2} = 5.596 \text{ м}^2; \quad (88)$$

$$S_{d3} = \frac{\pi \cdot d_d^2}{4} \cdot n_{d3} = 1.244 \text{ м}^2; \quad (89)$$

$$S_{o1} = S_{d1} - S_{n1} = 4.977 \text{ м}^2; \quad (90)$$

$$S_{o2} = S_{d2} - S_{n2} = 5.596 \text{ м}^2. \quad (91)$$

Скорость будет равна:

$$W_{o1} = \frac{Q_{n1}}{S_{o1}} = 2.191 \text{ м/с}; \quad (92)$$

$$W_{o2} = \frac{Q_{n2}}{S_{o2}} = 2.435 \text{ м/с}; \quad (93)$$

$$W_{o3} = \frac{Q_{n3}}{S_{o2}} = 2.191 \text{ м/с}. \quad (94)$$

в) В подводящем патрубке пылеуловителя:

$d_n$  - Диаметр подводящего патрубка.

$$d_n = 400 \text{ мм};$$

$$W_{n1} = \frac{Q_{n1}}{\frac{\pi \cdot d_n^2}{4}} = 8.678 \text{ м/с}; \quad (95)$$

$$W_{n2} = \frac{Q_{n2}}{\frac{\pi \cdot d_n^2}{4}} = 1.085 \text{ м/с}; \quad (96)$$

$$W_{n3} = \frac{Q_{n3}}{\frac{\pi \cdot d_n^2}{4}} = 2.17 \text{ м/с}. \quad (97)$$

Расчёт часового расхода газа при стандартных условиях в случае отключения одного из пылеуловителей в каждой выбранной группе.

$$Q_{o1} = \frac{3600 \cdot Q_p}{n_{n1}} \cdot \frac{P_{раб} \cdot T_{см}}{P_{см} \cdot T_{раб}} = 1 \cdot 10^5 \text{ м}^3 / \text{с}; \quad (98)$$

$$Q_{o2} = \frac{3600 \cdot Q_p}{n_{n2}} \cdot \frac{P_{раб} \cdot T_{см}}{P_{см} \cdot T_{раб}} = 1.25 \cdot 10^5 \text{ м}^3 / \text{с}; \quad (99)$$

$$Q_{o3} = \frac{3600 \cdot Q_p}{n_{n3}} \cdot \frac{P_{раб} \cdot T_{см}}{P_{см} \cdot T_{раб}} = 2.5 \cdot 10^5 \text{ м}^3 / \text{с}. \quad (100)$$

Гидравлический расчёт пылеуловителей.

Расчёт плотности газа в рабочих условиях:

$$R_{\text{воз}} = 287.1 \text{ Дж} / \text{кг} \cdot \text{К};$$

$$\rho_{раб} = \frac{\Delta \cdot P_{раб}}{z \cdot R_{\text{воз}} \cdot T_{раб}} = 0.2150 \text{ кг} / \text{м}^3. \quad (101)$$

Расчёт потери давления.

При внезапном расширении газа на входе в пылеуловитель:

$$\Delta P_1 = \xi_1 \cdot \frac{\rho_{раб} \cdot W_{n1}^2}{2} = 0.003145 \text{ кг} / \text{м}^2; \quad (102)$$

$$\Delta P_1 = \xi_1 \cdot \frac{\rho_{раб} \cdot W_{n2}^2}{2} = 0.002132 \text{ кг} / \text{м}^2; \quad (103)$$

$$\Delta P_1 = \xi_1 \cdot \frac{\rho_{раб} \cdot W_{n3}^2}{2} = 0.001265 \text{ кг} / \text{м}^2. \quad (104)$$

При внезапном сужении газа на входе в контактные трубки:

$$\Delta P_2 = \xi_2 \cdot \frac{\rho_{раб} \cdot W_{n1}^2}{2} = 0.001468 \text{ кг} / \text{м}^2; \quad (105)$$

$$\Delta P_2 = \xi_2 \cdot \frac{\rho_{раб} \cdot W_{n2}^2}{2} = 0.002487 \text{ кг} / \text{м}^2; \quad (106)$$

$$\Delta P_2 = \xi_2 \cdot \frac{\rho_{раб} \cdot W_{n3}^2}{2} = 0.002682 \text{ кг} / \text{м}^2. \quad (107)$$

В контактных трубках.

Длина контактных трубок:

$$L_{k1} = 1.33 \text{ м} \quad L_{k2} = 1.4 \text{ м} \quad L_{k3} = 1.76 \text{ м};$$

$$\Delta P_3 = \lambda \cdot \frac{L_{k1}}{d_{\kappa}} \cdot \rho_{раб} \cdot \frac{W_{\kappa}^2}{2} = 8.874 \text{ кг} / \text{м}^2; \quad (108)$$

$$\Delta P_3 = \lambda \cdot \frac{L_{\kappa 2}}{d_{\kappa}} \cdot \rho_{\text{раб}} \cdot \frac{W_{\kappa}^2}{2} = 9.341 \text{ кг} / \text{м}^2; \quad (109)$$

$$\Delta P_3 = \lambda \cdot \frac{L_{\kappa 3}}{d_{\kappa}} \cdot \rho_{\text{раб}} \cdot \frac{W_{\kappa}^2}{2} = 1.174 \text{ кг} / \text{м}^2. \quad (110)$$

При внезапном расширении на выходе из контактных трубок:

$$\Delta P_4 = \xi_4 \cdot \frac{\rho_{\text{раб}} \cdot W_{\kappa 1}^2}{2} = 0 \text{ кг} / \text{м}^2; \quad (111)$$

$$\Delta P_4 = \xi_4 \cdot \frac{\rho_{\text{раб}} \cdot W_{\kappa 2}^2}{2} = 0 \text{ кг} / \text{м}^2; \quad (112)$$

$$\Delta P_4 = \xi_4 \cdot \frac{\rho_{\text{раб}} \cdot W_{\kappa 3}^2}{2} = 0 \text{ кг} / \text{м}^2. \quad (113)$$

В жалюзийном аппарате.

$m$  - гидравлический радиус жалюзийного аппарата

$fa$  - коэффициент живого сечения жалюзийного аппарата

$$m = 20 \text{ мм}; \quad fa = 0.56;$$

Высота жалюзийного аппарата:

$$H_1 = 1.27 \text{ м}; \quad H_2 = 1.34 \text{ м}; \quad H_3 = 1.68 \text{ м};$$

$$\Delta P_5 = \xi_5 \cdot \frac{\rho_{\text{раб}} \cdot W_{\text{жс}}^2}{2 \cdot fa^2} \cdot \frac{H_1}{m} = 8.818 \cdot 10^{-3} \text{ кг} / \text{м}^2; \quad (114)$$

$$\Delta P_5 = \xi_5 \cdot \frac{\rho_{\text{раб}} \cdot W_{\text{жс}}^2}{2 \cdot fa^2} \cdot \frac{H_2}{m} = 9.304 \cdot 10^{-3} \text{ кг} / \text{м}^2; \quad (115)$$

$$\Delta P_5 = \xi_5 \cdot \frac{\rho_{\text{раб}} \cdot W_{\text{жс}}^2}{2 \cdot fa^2} \cdot \frac{H_3}{m} = 1.166 \cdot 10^{-2} \text{ кг} / \text{м}^2. \quad (116)$$

На выходе газа из пылеуловителя при внезапном сужении:

$$\Delta P_6 = \xi_6 \cdot \rho_{\text{раб}} \cdot \frac{W_{o1}^2}{2} = 2.582 \cdot 10^{-4}; \quad (117)$$

$$\Delta P_6 = \xi_6 \cdot \rho_{\text{раб}} \cdot \frac{W^2}{2} = 3.187 \cdot 10^{-4}; \quad (118)$$

$$\Delta P_6 = \xi_6 \cdot \rho_{\text{раб}} \cdot \frac{W_{o1}^2}{2} = 2.582 \cdot 10^{-4}. \quad (119)$$

Расчёт суммарной массы каждой группы пылеуловителей:

$$G_{n1} = 12.2 \text{ м}; \quad G_{n2} = 15.9 \text{ м}; \quad G_{n3} = 30 \text{ м};$$

$$G_{\text{сум1}} = G_{n1} \cdot n_{n1} = 61 \text{ м}; \quad (120)$$

$$G_{\text{сум2}} = G_{n2} \cdot n_{n2} = 63.6 \text{ м}; \quad (121)$$

$$G_{\text{сум3}} = G_{n3} \cdot n_{n3} = 60 \text{ м}. \quad (122)$$

На основании полученных данных можно сделать вывод что, так как действительные скорости в контактных трубках и осадительной секции в пределах допустимых, то пылеуловитель выбран правильно.

### 3.4 Подбор ресивера

Ресивер после поршневых компрессоров необходим для снижения пульсаций давления в сети. Поэтому объем ресивера рассчитываем по максимальной нагрузке на компрессорную установку (которая определяется через коэффициент неодновременности  $\beta=0.9$ ):

$$V_p = 1 \cdot \sqrt{Q_{\text{МАКС}}} = 1 \cdot \sqrt{Q_{\text{KV}} / \beta} = 10.541 \text{ м}^3; \quad (123)$$

Таблица 3 – Характеристики ресиверов (газосборников)

Тип	P-2	P-3	P-5	P-6,5	P-8	P-10	P-16	P-20
Объемы, м <sup>3</sup>	2	3	5	6,5	8	10	16	20
Размеры, м								
<i>D</i>	1,0	1,2	1,4	1,4	1,6	1,6	1,8	2,0
<i>H</i>	3,09	3,18	4,03	4,75	4,604	5,6	6,915	6,955
<i>h</i> <sub>1</sub>	2,235	2,235	2,98	3,72	3,48	4,47	5,9	5,85
<i>h</i> <sub>2</sub>	1,2	1,3	1,3	1,3	1,75	1,75	2,8	2,6
<i>h</i> <sub>3</sub>	0,476	0,521	0,566	0,566	0,612	0,612	0,612	0,612
<i>h</i> <sub>4</sub>	0,15	0,15	0,15	0,15	0,25	0,25	1,0	1,0
<i>h</i> <sub>5</sub>	0,6	0,6	0,8	0,8	1,65	1,65	2,0	1,6
<i>a</i>	0,1	0,1	0,1	0,11	0,15	0,15	0,15	0,15
<i>s</i> <sub>1</sub>	0,006	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,01	0,01
<i>s</i> <sub>2</sub>	0,008	0,01	0,01	0,01	0,012	0,012	0,014	0,014
Масса, кг	560	900	1300	1500	1770	2125	3680	4235

Исходя из полученного объёма, выбираем ресивер P-10, его размерные данные приведены в (таблице 3.4).

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4ЕЗ1	Изерскому Александру Владимировичу

Институт	Институт природных ресурсов
Направление подготовки (специальность)	15.03.02 «Технологические машины и оборудование» / «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»
Уровень образования	Бакалавриат
Кафедра	ТПМ
Период выполнения	весенний семестр 2016/2017 учебного года

**Задание**

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску; стоимость электроэнергии - 5,8 руб. кВт*ч стоимость интернета – 350 руб. в месяц.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Учитываются следующие нормы и нормативы оплат труда: 22% надбавки за профессиональное мастерство 25 % премии за участие в научных конференциях 1,3 % районный коэффициент</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>27% отчисления во внебюджетные фонды</i>

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования; оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований; определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Бюджет научно – технического исследования (НТИ) 1. Структура работ в рамках научного исследования. 2. Определение трудоемкости выполнения работ. 3. Разработка графика проведения научного исследования. 4. Основная заработная плата исполнителей темы Бюджет научно- технического исследования.</i>

	5. Бюджет научно-технического исследования.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	1. <i>Расчет интегрального показателя финансовой эффективности разработки</i> 2. <i>Расчет интегральных показателей ресурсоэффективности вариантов исполнения объектов исследования</i>

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

1. *Оценка конкурентоспособности технических решений*
2. *Матрица SWOT*
3. *Альтернативы проведения НИ*
4. *График проведения и бюджет НИ*
5. *Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ*

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	01.05.2017 г.
---	---------------

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е31	Изерский Александр Владимирович		

## 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данной работе была рассмотрена поршневая компрессорная установка с такими видами вспомогательного оборудования как: сепаратор, вертикальный масляный пылеуловитель, аппарат воздушного охлаждения и ресивер. Каждое оборудование было рассчитано и подобрано в соответствии с установленными требованиями. Учитывая большое количество вспомогательного оборудования, для данного раздела будет рассмотрено только одно, аппарат воздушного охлаждения.

### 4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

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

Продукт: аппарат воздушного охлаждения.

Целевой рынок: предприятия нефтегазоперерабатывающей отрасли промышленности.

Таблица 4 – Сегментирование рынка услуг по подбору вспомогательного оборудования

		Вид исследования вспомогательного оборудования		
		Расчет и подбор аппарата воздушного охлаждения	3D модель и анализ работы аппарата воздушного охлаждения	Конструирование аппарата воздушного охлаждения
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

«Томскгазпром»



«Роснефть»



«Татнефть»



В различных исследованиях по подбору и расчёту аппарата воздушного охлаждения, нуждаются в основном крупные компании, так как без этого оборудования невозможна работа компрессорной установки. Существует множество нюансов от которых зависит расчёт данного типа оборудования, например в зависимости от климатических условий, аппараты воздушного охлаждения могут быть как одного типа, так и другого, или например в условиях крайнего севера оборудование нужно обкладывать утеплителями, когда в более тёплым местах добычи этого делать не стоит.

#### 4.2 Анализ конкурентных технических решений

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

Таблица 5 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>Ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>Ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Срок службы	0,1	3	2	2	0,3	0,2	0,2
2. Ремонтпригодность	0,13	2	2	3	0,27	0,26	0,4
3. Надежность	0,1	4	5	3	0,4	0,4	0,4
4. Простота ремонта	0,12	2	4	2	0,34	0,47	0,24
5. Удобство в эксплуатации	0,11	3	3	2	0,25	0,31	0,43
6. Уровень шума	0,08	3	4	4	0,31	0,32	0,16

Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,08	2	4	3	0,06	0,13	0,08
2. Уровень проникновения на рынок	0,03	3	4	2	0,24	0,31	0,15
3. Цена	0,07	4	3	3	0,4	0,3	0,3
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	2	4	4	0,13	0,28	0,28
5. Послепродажное обслуживание	0,02	4	4	3	0,25	0,26	0,18
6. Наличие финансирования	0,06	4	2	3	0,08	0,04	0,06
Итого	1	3 9	38	3 4	2,95	3,2	3

БФ - Применение аппарата воздушного охлаждения с горизонтальным расположением теплообменника;

Бк1 - Применение аппарата воздушного охлаждения с вертикальным расположением теплообменника;

Бк2 - Применение другого вида аппарата воздушного охлаждения.

По таблице 5 видно, что наиболее эффективно использовать аппарат воздушного охлаждения с горизонтальным расположением теплообменника, так же он является наиболее конкурентоспособным к другим видам и обладает рядом преимуществ, он способен выдавать большой КПД, при этом имея малые габаритные размеры, что важно на рынке.

$$k1 = \frac{БФ}{Бк1} = \frac{39}{38} = 1,02; \quad k2 = \frac{Бк2}{Бк1} = \frac{34}{38} = 0,89; \quad (124)$$

### 4.3 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.

В результате анализа были выделены следующие сильные стороны:

C1 - Использование оребренных труб вместо обычных;

C2 - Использование программного комплекса Компас и Solid Works;

C3 - Простота конструкции;

C4 - Отсутствие надобности переквалификации существующих кадров.

Слабые стороны:

Сл1- Зависимость от климатических условий;

Сл2- Остановка всей установки в случае поломки;

Сл3- Ошибки в расчетной части программного комплекса;

Сл4-Отсутствие возможности проверки результатов исследований с подкреплением практических опытов.

Возможности:

В1- Использование инфраструктуры ТПУ;

В2-Сотрудничество с предприятиями изготовителями аппарата воздушного охлаждения;

В3- Развитие технологий в данной отрасли;

В4- Расширение каталогов продукции.

Угрозы:

У1- Отсутствие спроса на данное исследование;

У2-Уменьшение бюджета на разработку;

У3-Введение дополнительных требований на сертификацию продукции;

У4-Появление инноваций, из-за которых принцип действия будет устаревшим.

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 6, таблице 7, таблице 8, таблице 9.

Таблица 6 – Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

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

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и сильные стороны проекта: B1C2, B2C3C4, B4C3.

Таблица 7 – Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

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

	B4	0	+	-	+
--	----	---	---	---	---

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и слабые стороны проекта: В1Сл2, В4Сл2, В4Сл4.

Таблица 8 – Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	+	0	-	-
	У2	-	-	-	-
	У3	0	-	-	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У3С4.

Таблица 9 – Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

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

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и слабые стороны проекта: У1Сл1Сл2, У2Сл4, У3Сл3.

Таблица 10 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1 - использование оребренных труб вместо обычных;</p> <p>С2 - использование</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1- зависимость от климатических условий;</p> <p>Сл2- остановка всей установки в случае поломки;</p>
--	--	--

	<p>программного комплекса Компас; С3 - простота конструкции; С4 - отсутствие надобности переквалификации существующих кадров.</p>	<p>Сл3- ошибки в расчетной части программного комплекса; Сл4-отсутствие возможности проверки результатов исследований с подкреплением практических опытов.</p>
<p><b>Возможности:</b> В1- использование инфраструктуры ТПУ; В2-сотрудничество с предприятиями изготовителями аппарата воздушного охлаждения; В3- развитие технологий в данной отрасли; В4- расширение каталогов продукции.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»: В1С2 - для исследования проекта необходимы лаборатории ТПУ, допуск к которым имеет квалифицированный персонал. В2С3С4- сотрудничество с другими предприятиями позволит найти способ ещё большего упрощения конструкцию аппарата, что не будет требовать переквалификации существующих кадров. В4С3 – использование большого разнообразия каталогов продукции влечёт за собой, отсутствие надобности переквалификации сотрудников.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»: В1Сл1- в случае отказа использования инфраструктуры ТПУ, могут возникнуть расчётные и экспериментальные ошибки, из-за которых произойдет остановка установки при незначительной поломке. В4Сл2Сл4- при расширении каталогов продукции могут возникнуть трудности с проверками расчётных результатов без подкрепления практических данных, что приведет к поломке и остановке аппарата.</p>

<p><b>Угрозы:</b>  У1- отсутствие спроса на данное исследование;  У2-уменьшение бюджета на разработку;  У3- введение дополнительных требований на сертификацию продукции;  У4- появление инноваций, из-за которых принцип действия будет устаревшим.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»:  У3С1 – из-за использования оребренных труб вместо обычных может возникнуть введение дополнительных требований на сертификацию продукции, что плохо отразится на производстве.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»  У1Сл1Сл2 - возможно отсутствие спроса на данное исследование вследствие поломок оборудования из-за жестких климатических условий.  У2Сл4- возможно уменьшение бюджета из-за отсутствия возможности проверки результатов исследований с подкреплением практических опытов.</p>
--	--	--

#### **4.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований**

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования.

Реализация метода предусматривает следующие этапы.

Точная формулировка проблемы исследования: предложить новую эффективную конструкцию устройства.

Раскрытие всех важных морфологических характеристик объекта исследования.

Раскрытие возможных вариантов по каждой характеристике. В рамках этого этапа составляется морфологическая матрица.

Таблица 11 – Морфологическая матрица для аппарата воздушного охлаждения

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
А. Расположение теплообменника	горизонтальное	вертикальное	зигзагообразное	другое
Б. Использование хладагента	воздушное	газовое	другое	
В. Тип установки	неподвижный	передвижной		
Г. Число вентиляторов	один	два	три	
Д. Тип компрессора для АВО	поршневой	пластинчатый	винтовой	
Е. Тип мотора	электрический	гидравлич.	механический	другой
Ж. Тип операций	охлаждающий	обдувающий	теплообмен.	план.
З. Число секций АВО	две	четыре	шесть	много

Выбор наиболее желательных функционально конкретных решений. На этом этапе описываются возможные варианты решения поставленной проблемы с: А1Б1В2Г1Д2Е3Ж1З5И1; А2Б2В2Г3Д1Е2Ж2З2.

#### **4.5 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 необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение

исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в (таблице 12).

Таблица 12 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Выбор направления исследований	Руководитель дипломник
Выбор направления исследований	2	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
	3	Подбор и изучение	Дипломник
	4	Составление и утверждение технического задания	Руководитель проекта
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Поиск необходимых параметров для построения	Дипломник
	6	Расчет и построение модели АВО	Дипломник
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка результатов исследования	Руководитель, дипломник
Оформления отчета по исследовательской работе	8	Составление пояснительной записки	Руководитель, дипломник

### **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, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}; \quad (125)$$

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

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

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной 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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}; \quad (126)$$

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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}; \quad (127)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}; \quad (128)$$

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

$T_{\text{вых}} = 55$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 16$  – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 55 - 16} = 1,22; \quad (129)$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  округляем до целого числа. Рассчитанные значения сведены в таблице 13.

Таблица 13 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях, $T_{ki}$
	$t_{\text{min}}$ Чел - дни	$t_{\text{max}}$ Чел - дни	$t_{\text{ож}}$ Чел - дни			
Календарное планирование работ по теме	2	4	1,9	Руководитель Исполнитель проекта	3	3.69
Согласование материалов по	6	7	6,5	Руководитель	7	8.61

теме						
Составление и утверждение тех. задания	4	7	5,2	Руководитель	3	3.69
Подбор и изучение материалов по теме	11	16	13	Исполнитель проекта	11	13.53
Проведение теоретических расчетов и обоснование	7	19	11	Исполнитель проекта	9	11.07
Проектирование 3D модели аппарата воздушного охлаждения	4	11	7,7	Исполнитель проекта	8	9.7
Оценка результатов исследования	4	6	4,8	Руководитель, Исполнитель проекта	3	3.9
Составление пояснительной записки	8	17	12,5	Руководитель, Исполнитель проекта	5	6.15

На основе таблицы 13 строим план график, представленный в таблице 14.

Таблица 14 – Календарный план график проведения НИР

№ р	Вид работ	Испол - нител	Т <sub>кi</sub> , кал .	Продолжительность выполнения работ			
				Фев.	Март	Апрель	Май

		и	дни	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Календарное планирование работ по теме	Р	4											
2	Подбор и изучение материалов по теме	Д	17											
3	Согласование материалов по теме	Р	8											
4	Составление и утверждение тех. задания	Р, Д	4				 							
5	Проведение теоретических расчетов и обоснование	Д	14											
6	Проектирование 3D модели планетарного редуктора	Д	11											
7	Оценка результатов исследования	Р, Д	4,8						 					
8	Составление пояснительной записки	Р, Д	10						 					

 - руководитель (Р)  - дипломник (Д)

### Бюджет научно-технического исследования

Затраты на специальное оборудование и материальные затраты отсутствуют, поскольку настоящее исследование не требует закупки оборудования, сырья, материалов, запасных частей. В моем научно-

техническом исследовании изготовление опытного образца не производится, поэтому затраты на его производство отсутствуют.

Для проведения научного исследования нам необходим компьютер, с установленным на него специальных программ и с нужным нам программным обеспечением.

Затраты на покупку компьютера:

$$З = d_k + d_{по} = 27000 + 3000 = 30000 \text{ руб.} \quad (130)$$

где:  $d_k$  – стоимость компьютера;

$d_{по}$  – стоимость программного обеспечения.

Установка специальных программ для исследования и моделирования объекта производится бесплатно.

### **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 15 – Расчет основной заработной платы

№	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоем. чел.-дн.	Заработная плата, приходящ. на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу(оклад ам), тыс. руб.
1	Составление и утверждение	Руководитель	2,1	3.2	6.7

	тех. задания				
2	Выбор направления исследований	Руководитель	3,2	3.2	10.24
3	Подбор и изучение материалов по теме	Исполнитель проекта	11	1.7	18.7
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Исполнитель проекта	3,1	4.9	15.19
5	Проведение теоретических расчетов и обоснование	Исполнитель проекта	10	1.7	17
6	Проектирование 3D модели	Исполнитель проекта	6.5	1.7	11.05
7	Оценка результатов исследования	Руководитель, Исполнитель проекта	7,8	3.2	9.05
8	Составление пояснительной записки	Руководитель, Исполнитель проекта	1,7	4.9	8.33
Итого:					67311

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}; \quad (131)$$

где:  $Z_{осн}$  – 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:

$$Z_{\text{осн}} = T_p \cdot Z_{\text{дн}} ; \quad (132)$$

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:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{68510 \cdot 10,4}{222} = 3209 \text{ руб}; \quad (133)$$

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 16 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель проекта
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:		
- выходные	54	54
- праздничные	27	27
Потери рабочего времени:		
- отпуск	48	72
- невыходы по болезни	14	14

Действительный годовой фонд рабочего времени	222	198
--	-----	-----

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 68510 \text{ руб}; \quad (134)$$

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

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

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

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

Тарифная заработная плата  $Z_{tc}$  находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда  $T_{ci} = 600$  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 17 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{tc}$ , тыс. руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , тыс. руб.	$Z_{дн}$ , тыс. руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , тыс. руб.
Руководитель	31000	0,3	0,5	1,3	68510	3209	21	67389
Исполнитель проекта	14000	0	0	1,3	32760	1720	48	82560
Итого:								149949

### Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных трудовым кодексом РФ доплат за отк-

нение 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:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,13 \cdot 67389 = 8760 \text{ руб}; \quad (135)$$

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,13 \cdot 82560 = 10732 \text{ руб}; \quad (136)$$

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:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0.271 \cdot (67389 + 8760) = 20636 \text{ руб.}$$

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 18 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, тыс. руб	Дополнительная заработная плата, тыс. руб
-------------	-------------------------------------	---

	Исп. 1	
Руководитель	67389	8760
Исполнитель проекта	82560	10732
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0.271	
Итого		
Исполнение 1	45918	

### Прочие расходы

Таблица 19 – Прочие расходы

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед. руб.	Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), 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.

### **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 20 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	149949
2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	19492
3. Отчисления во внебюджетные фонды	20636
4. Затраты на покупку компьютера	30000
5. Прочие расходы	563.5
6. Бюджет затрат НИИ	220640

#### **4.6 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:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{220640}{220640} = 1; \quad (137)$$

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

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – 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:

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

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

$a_i$  – весовой коэффициент разработки;

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

Таблица 21 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэф.	Две секции вентил.	Четыре секции вентил.	Много секций вентиллятора
1. Безопасность	0,1	3	3	5
2. Удобство в эксплуатации	0,20	4	3	5
3. Срок службы	0,15	4	5	5
4. Ремонтопригодность	0,15	3	3	5
5. Надёжность	0,15	4	3	4
6. Материалоёмкость	0,25	3	4	4
Итого:	1	3,5	3,9	4,6

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p = 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 = 4,6; \quad (139)$$

$$I_p = 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 = 3,9; \quad (140)$$

$$I_p = 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 4; \quad (141)$$

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

По расчетам видно следующее, что самый наибольший коэффициент интегральности является у многосекционного аппарата воздушного охлаждения.

Таким образом, многосекционный аппарат воздушного охлаждения 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 НТИ равный 220640 руб.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4ЕЗ1	Изерскому Александру Владимировичу

Институт	Институт природных ресурсов
Направление подготовки (специальность)	15.03.02 «Технологические машины и оборудование» / «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»
Уровень образования	Бакалавриат
Кафедра	ТПМ
Период выполнения	весенний семестр 2016/2017 учебного года

**Задание**

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</li> <li>- опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li>- негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</li> <li>-- чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</li> </ul>	<p>Рабочее место - компрессорная установка. компрессор, ресивер.</p> <p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- шум;</li> <li>- вибрации.</li> </ul> <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- взрывоопасность;</li> <li>- пожароопасность.</li> </ul> <p>Воздействие на окружающую среду:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-воздействие на атмосферу;</li> <li>-воздействие на гидросферу;</li> <li>-воздействие на литосферу.</li> </ul> <p>Возникновение чрезвычайных ситуаций:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- пожар.</li> </ul>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>ВППБ-01-04-98. Правила пожарной безопасности для предприятий и организаций газовой промышленности. ПБ 08-624-03. Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. ГОСТ 12.0.004-90. Система стандартов безопасности труда.</p>
<p>1. Анализ выявленных <b>вредных</b> факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: физико-химическая природа фактора, его связь с разрабатываемой темой;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-- действие фактора на организм человека ;</li> <li>- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (с ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>-- предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul>	<p>Физико-химическая природа вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- большие уровни вибрации;</li> <li>- большие уровни шума.</li> </ul> <p>Действие факторов на организм человека:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- снижение иммунитета;</li> <li>- раздражение дыхательных путей;</li> <li>- ухудшение слуха;</li> <li>- расстройства центральной нервной системы.</li> </ul> <p>Средства коллективной защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- звукопоглощающие устройства;</li> <li>- виброизолирующие устройства;</li> <li>- звукоизолирующие устройства;</li> <li>- шумопоглощающая изоляция.</li> </ul> <p>Средства индивидуальной защиты:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- противошумные вкладыши;</li> <li>- изолирующие наушники.</li> </ul>	
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-механические опасности (источники, средства защиты)</li> <li>-термические опасности (источники, средства защиты)</li> <li>-электробезопасность ( в т.ч. статическое электричество ,молниезащита - источники, средства защиты);</li> <li>-пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>	<p>Источник опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- газовый трубопровод;</li> <li>- маслосистема.</li> </ul> <p>Средства защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- защитная одежда;</li> <li>-системы пожаротушения.</li> </ul> <p>Причины взрывов и пожаров:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разгерметизация сосудов работающих под давлением;</li> <li>- утечка газа.</li> </ul>	
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- защита селитебной зоны</li> <li>- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>- анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>- анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>- разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p>Защита селитебной зоны: при строительстве КУ учитывать санитарно-защитную зону.</p> <p>Воздействие на атмосферу: продукты сгорания газа.</p> <p>Воздействие на гидросферу: утечка жидкостей.</p> <p>Воздействие на литосферу: бытовые отходы.</p> <p>-Обеспечению экологической безопасности: - соблюдение инструкций по контролю слива смазочно-охлаждающей жидкости;</p>	
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>- выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>- разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>- разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>- разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	<p>Возможные ЧС на объекте:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-пожар;</li> <li>-остановка при превышении уровня шума;</li> <li>-остановка при превышении уровня вибрации;</li> </ul> <p>Меры предосторожности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-соблюдение правил пожарной безопасности;</li> <li>-действовать согласно инструкции по ЧС, предписанной данному предприятию</li> </ul>	
<p>5.Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>-организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>Специальные правовые нормы трудового законодательства:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- условия труда;</li> <li>- охрана труда женщин и подростков;</li> <li>- применение средств индивидуальной защиты;</li> <li>-допуск к работе лиц не моложе 18 лет, прошедших медицинское освидетельствование в установленном порядке;</li> <li>- обучение безопасным приемам работы.</li> </ul>	
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>		01.05.2017

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ	Невский Е.С.	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е31	Изерский Александр Владимирович		

## **5. Социальная ответственность**

Данная дипломная работа посвящена расчёту и подбору вспомогательного оборудования поршневой компрессорной установки. В связи с этим данный раздел ВКР посвящен анализу возможных вредных и опасных факторов при эксплуатации и обслуживании КУ. В качестве персонала в данном разделе рассматривается слесарь-ремонтник.

Слесарь-ремонтник компрессорных установок должен знать:

- устройство и принципы работы компрессорной установки;
- правила регулирования машин;
- способы устранения дефектов в процессе ремонта, сборки и испытания оборудования;
- устройство, назначение и правила применения используемых контрольно-измерительных инструментов;
- основные положения планово-предупредительного ремонта оборудования;
- конструктивные особенности ремонтируемого оборудования;
- технологический процесс ремонта, сборки и монтажа оборудования;
- способы определения преждевременного износа деталей;
- способы восстановления и упрочнения изношенных деталей и нанесения защитного покрытия;
- правила техники безопасности.

Эксплуатацию компрессорной установки необходимо осуществлять с соблюдением требований руководства завода-изготовителя.

Эксплуатирующая организация обязана:

1. Обеспечить правильное содержание, эксплуатацию, ремонт и безопасное обслуживание оборудования.
2. Организовать технический надзор во время эксплуатации.
3. Установить порядок обучения и допуска персонала, обслуживающего компрессорные установки.

4. Установить порядок проведения ревизии при обслуживании и ремонте компрессорных установок.

Рабочие места слесарей-ремонтников компрессорных установок должны быть обеспечены руководством по эксплуатации, планами локализации аварийных ситуаций (ПЛАС) и схемами эвакуации людей, при этом параметры безопасной работы и установленные значения блокировок и сигнализацией вывешиваются на стендах.

Компрессорные установки должны быть укомплектованы эксплуатационной документацией, разработанной в соответствии с требованиями ГОСТ 2.601-95 «ЕСКД. Эксплуатационные документы», в т. ч.:

1. Ведомостью эксплуатационных документов; руководством по эксплуатации, составленным с учетом требований действующих правил, инструкциями по рабочим местам и технике безопасности, инструкцией по монтажу, пуску и обкатке; паспортом; ведомостью спецификаций и спецификациями, в соответствии с ведомостью, а также ведомостью запасных частей и принадлежностей.

2. Схемой коммуникационных линий трубопроводов и размещения арматуры с указанием их назначения, проходных сечений, рабочих давлений, температур, направления движения среды, предельных значений параметров.

3. Паспортами на сосуды, работающие под давлением, согласно требованиям ПБ-10-115-96; трубопроводы, трубопроводную арматуру, согласно ПБ-03-108-96.

4. Актами осмотра, освидетельствования, испытаний на прочность, герметичность, приемо-сдаточными актами, сертификатами на ответственные детали, паспортами на смазочные масла и другой дополняющей технической документацией, прилагаемой к паспортам.

Целью данного раздела является рассмотрение оптимальных норм для улучшения условий труда, повышение производительности персонала,

обеспечение производственной безопасности, сохранение работоспособности, а также охрана окружающей среды.

### **5.1 Описание рабочего места на предмет возникновения опасных и вредных факторов, вредного воздействия на окружающую среду**

При работе на компрессорной установке согласно ГОСТ 12.0.003-74, на работника могут воздействовать опасные и вредные производственные факторы:

- подвижные части производственного оборудования;
- острые кромки, заусенцы и шероховатости на поверхности оборудования;
- опасный уровень напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- повышенный уровень локальной вибрации;
- повышенное давление сжатого воздуха в ресивере;
- воздействие разлетающихся частей при возможном разрушении оборудования;
- повышенная запыленность воздуха рабочей зоны;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- пожароопасность и взрывоопасность.

В связи с тем, что работа компрессорной установки связана с выделением значительного количества газообразных веществ, она оказывает большее влияние на атмосферу по сравнению с воздействием на гидросферу и почву.

В соответствии с технологическими процессами, которые осуществляются на компрессорной установке, основными вредными веществами, поступающими в атмосферу при эксплуатации, является природный газ и продукты его сгорания (оксиды азота, оксид углерода). Выбросы природного газа в атмосферу на компрессорной установке по их

действию во времени относятся к организованным залповым, но не продолжительным выбросам.

Основными источниками выбросов являются свечи. Постоянные выбросы природного газа на объектах газопровода исключены. Организованные выбросы природного газа в атмосферу в соответствии со штатными технологическими процессами возникают при:

- остановке газоперекачивающих агрегатов (стравливание газа из контура нагнетателя);
- обслуживание установки очистки ;
- стравливание газа из всех технологических коммуникаций цеха для проведения обслуживания или в экстраординарной ситуации.

## **5.2. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды**

Для количественного описания вибрации, создаваемой компрессорной установкой, и выдачи рекомендаций по возможным действиям вводят понятие зон вибрационного состояния для общих показателей вибрации. Числовые значения границ зон не предназначены служить в качестве технических условий при приемочных испытаниях, но вместе с тем эти границы могут быть использованы в качестве руководства с тем, чтобы избежать чрезмерно завышенных и нереалистических требований к вибрации установки.

Согласно ГОСТ 10816-8-2016, в ряде случаев для компрессоров некоторых типов могут быть отмечены особенности, требующие изменения значений границ зон (в большую или меньшую сторону), что является предметом соглашения между покупателем и поставщиком. При этом обычно необходимо объяснить причину данных изменений и, в частности, подтвердить, что установка не будет подвергаться опасности при работе с вибрацией повышенного уровня.

Вводится следующая классификация зон вибрационного состояния.

Зоны А и В: Компрессорные установки, вибрация которых попадает в эти зоны, обычно считают пригодными для дальнейшей эксплуатации без ограничения сроков.

Зона С: Компрессорные установки, вибрация которых попадает в эту зону, обычно рассматривают как непригодные для длительной непрерывной работы. Обычно такие установки могут функционировать ограниченный период времени, пока не появится подходящая возможность для проведения ремонтных работ. Следует провести анализ состояния установки, который бы позволил поставщику и покупателю прийти к соглашению о возможности ее длительной безопасной эксплуатации.

Зона D: Уровни вибрации в данной зоне обычно рассматривают как достаточно серьезные, для того чтобы вызвать повреждение компрессора и присоединенного оборудования.

Описание зон состояния для поршневых компрессорных установок приведено в таблице 22.

Таблица 22 – Зоны вибрационного состояния

Зона	Диапазон	Вибрационное состояние	Описание
А	Ниже границы А/В	Приемлемое	Компрессорные установки, вибрация которых попадает в эти зоны, обычно считают пригодными в эксплуатации без ограничения сроков.
В	От границы А/В до границы В/С		
С	От границы В/С до границы С/Д	Неопределенное	Необходим анализ и возможные корректирующие действия. Поставщику и покупателю следует решить, пригоден ли

			компрессор для длительной безопасной эксплуатации
D	Выше границы C/D	Неприемлемое	Как правило, необходимы срочные корректирующие действия или незамедлительная остановка

Шум создается при работе компрессоров, а так же при работе охладителей газа и масла (АВМ и АВГ). Он также передается при движении кран-балки, расположенной под перекрытием компрессорного цеха, по подкрановым путям.

Для снижения уровня шума, согласно ГОСТ 12.1.003-83, на компрессорной установке используют помещения, изолированные звукопоглощающими материалами. Для обслуживания агрегатов используются средства защиты (антифоны, наушники и т.д.).

Шум от всей установки, возможно уменьшить за счет уравнивания компрессора, жесткого соединения всех компонентов компрессорной станции на раме, и покрытием всей станции колпаком. Источниками шума являются масляный насос, а также аэродинамический шум. Шум, создаваемый остальным оборудованием (масляный насос) находится в пределах нормы в соответствии с требованиями, обеспечиваемыми заводом-изготовителем. С целью уменьшения аэродинамического шума при проектировании системы выбирались соответствующие скорости в узких сечениях теплообменников. Скорость движения воздуха в системе не превышает 10 м/с. Шумовые характеристики оборудования не должны превышать нормированный уровень шума для постоянных рабочих мест в производственных помещениях и на территории предприятия. Уровень звукового давления от всего оборудования не должен превышать 84 дБА.

### **5.3 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды**

При эксплуатации компрессорных установок, необходимо учитывать опасные факторы которые могут навредить производству. Например, при её перемещении необходимо зафиксировать всю компрессорную установку на полу, а также проверить надёжность креплений всех её составных частей. Для предотвращения аварийных ситуаций вследствие механических повреждений движущимися частями машин, необходимо устанавливать защитные решетки, закрывающие движущие части машин, для не допущения контакта с ними людей, а также засасывания и затягивания в них посторонних предметов, что может повлечь за собой как выход системы из строя, так нанесение физические травм персоналу платформы.

Взрывоопасным оборудованием является ресивер. Для обеспечения безопасности эксплуатации, проектируемую установку необходимо снабжать контрольными и измерительными приборами, а также защитными устройствами. Для уменьшения опасности основные агрегаты и узлы системы размещаются в отдельном помещении, допуск в которое имеет лишь персонал, работающий непосредственно с установкой.

Для предотвращения разрушения трубопроводов, вследствие высокого давления воздуха (в особенности после компрессора) необходимо обеспечить достаточную прочность стенок трубопровода, а также обеспечить прочность в местах присоединения трубопроводов.

При нормальной работе компрессорной установки нагнетаемый газ не несет в себе опасности, однако при неисправности (разрыве патрубка, к примеру) газ под температурой 110 градусов может нанести ожог. Поэтому следует следить за герметичностью соединений патрубков и фланцев. Для предотвращения разрыва магистралей или трубопроводов высоким давлением предусматривают предохранительные клапаны и разрывные мембраны.

## **5.4 Охрана окружающей среды**

### **Защита селитебной зоны**

Промышленные предприятия должны быть удалены от селитебной территории на расстояние, соответствующее степени вредности предприятия.

В соответствии с Санитарными Нормами 245-71, в зависимости от вида производства, выделяемых вредных выбросов и условий технического процесса установлена протяженность санитарно-защитной зоны. Территория санитарно-защитной зоны должна быть благоустроена и озеленена по проекту благоустройства, разрабатываемому одновременно с проектом строительства или реконструкции предприятия.

Компрессорные установки не находятся в пределах селитебной зоны.

### **Воздействие на атмосферу**

Во время эксплуатации компрессорной установки основными выбросами являются:

- продукты сгорания (оксиды азота, оксиды углерода, природный газ) через выхлопные трубы газоперекачивающих агрегатов – выбросы постоянного действия;
- продукты сгорания (оксиды азота, оксиды углерода) через дымовые трубы котельных и огневых нагревательных установок – выбросы периодического действия;
- природный газ в технологических установках (пуск и останов газоперекачивающих агрегатов, продувка и стравливание газа из аппаратов и коммуникаций) – технологически залповые выбросы.

### **Воздействие на литосферу**

Отрицательное воздействия на почвенный покров в период эксплуатации компрессорной установки являются в основном долгосрочными и заключаются во временной потере земельного фонда, который изымается из под размещение постоянных наземных сооружений

(комплекс сооружений самой станции, подъездные автодороги и др.). Из-за вредного воздействия возможно химическое загрязнение почв нефтепродуктами и другими загрязняющими элементами. Выделяют как вид негативного воздействия на почвенный покров в период эксплуатации объектов станции загрязнение его отходами деятельности агрегатов (в границах рабочей зоны и вне ее) и эксплуатации автомобильной техники вдоль подъездных дорог, в местах стоянок.

### **Воздействие на гидросферу**

Так как в компрессорной установке используются различные смазывающие жидкости, возможен не только их разлив, но и протечки охлаждающих жидкостей. Данные опасности предусмотрены производством и тщательно контролируются соответствующими подразделениями.

### **Защита в чрезвычайных ситуациях**

Причины возникновения чрезвычайных ситуаций:

- протечка в газопроводе;
- прекращение работы ресивера, что ведёт за собой взрыв;
- отказ работы компрессора при подаче газа;
- большое давление на входе в КУ;
- выход из строя аппарата воздушного охлаждения;
- протечка масла наружу через уплотнения подшипников.

Для того чтобы не возникали чрезвычайные ситуации связанные с пожаро-взрывобезопасностью, следует тщательно проверять каждый аппарат перед запуском установки, а также следить за показаниями приборов всей системы.

### **Система противопожарной защиты**

Противопожарная защита компрессорных установок в соответствии с Федеральными и ведомственными нормами пожарной безопасности

обеспечивается автоматическими установками пожаротушения, применения которых для защиты газоперекачивающих агрегатов является обязательным. Поскольку развитие пожаров на объектах транспорта нефти и газа характеризуется стремительностью распространения и взрывоопасностью, к автоматическим установкам пожаротушения предъявляются жесткие требования.

Автоматическая установка пожаротушения автоматически срабатывающая при превышении контролируемым фактором (факторами) пожара пороговых значений в защищаемой зоне. Отличительной особенностью автоматических установок является выполнение ими и функций автоматической пожарной сигнализации. При этом, все автоматические установки пожаротушения (кроме спринклерных) могут приводиться в действие ручным и автоматическим способом. Спринклерные установки пожаротушения приводятся в действие исключительно автоматически.

Максимальная температура, которая достигается в установке, будет температура сжатого воздуха после сжатия на выходе из компрессора. Для уменьшения пожарной опасности все эти части системы должны находиться на некотором удалении от основной системы, электрических коммуникаций и людей. Так же между ступенями применяют систему охлаждения (межступенчатые и конечные холодильники), что уменьшает температуру сжимаемого газа. Все основные элементы системы изготавливаются из негорючих материалов.

### **5.5 Требования охраны труда и промышленной безопасности**

К самостоятельной работе, в качестве слесаря-ремонтника поршневой компрессорной установки допускаются лица: достигшие 18-летнего возраста, прошедшие медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний по здоровью. Прошедшие обучение в области промышленной безопасности в специальном учебном центре и имеющие квалификационное удостоверение

слесаря-ремонтника, прошедшие вводный инструктаж, прошедшие стажировку на рабочем месте не менее 14 рабочих смен, проверку знаний и получившие допуск к выполнению самостоятельной работы; имеющие удостоверение об аттестации.

Слесарь – ремонтник обязан соблюдать правила внутреннего трудового распорядка, не нарушать производственную трудовую и технологическую дисциплину. Запрещается нахождение на рабочем месте в состоянии алкогольного, токсического и наркотического опьянения, а также употребление спиртных напитков, токсических и наркотических препаратов.

Выдача слесарю – ремонтнику спецодежды, перчаток, очков, спецобуви и других средств личной защиты производится в соответствии утверждённых норм бесплатной выдачи всего необходимого.

### **Заключение.**

Результатом данной работы является проведение расчёта и подбора вспомогательного оборудования поршневой компрессорной установки, а именно: газового сепаратора, ресивера, аппарата воздушного охлаждения с горизонтальным расположением теплообменника и масляного вертикального пылеуловителя.

Осуществлён экономический расчёт бюджета, построен SWOT анализ о сильных и слабых сторонах оборудования, а также в разделе социальная ответственность, были рассмотрены положения безопасности, которые необходимы при работе с вспомогательным оборудованием.

## Список использованных источников

1. Мустафин Ф.М., Коновалов Н.И., Гильметдинов Р.Ф. Машины и оборудование газонефтепроводов: учеб. пособие для вузов. Уфа: Монография, 2002. 384 с.
2. Демченко, Г.Демченко"Магистральные трубопроводы. Надежность. Условия работы и разрушений" «Академия», 2003. - 355 с.
3. Шиляев, М.И. Методы расчёта и принципы компоновки пылеулавливающего оборудования: учебное пособие / М.И. Шиляев, А.Р. Дорохов. – Томск: ТГАСУ, 1999. – 209 с.
4. Сеницкий Ю.Э., Еленицкий Э.Я., Дидковский О.В. «К вопросу о нормативных требованиях по расчету вертикальных цилиндрических стальных резервуаров, 2006-№ 4- С.65-70. Башта Т. М. Объемные насосы и гидравлические двигатели гидросистем: Учебник для вузов. – М.: «Машиностроение», 1974, - 606 с.
5. Мустафин Ф.М., Машины и оборудование газонефтепроводов: учеб. пособие для вузов. Уфа: Монография, 2002. 267 с.
6. Васильев Ю.Н. Системы охлаждения компрессорных и нефтеперекачивающих станций / Ю.Н. Васильев, Г.А. Марголин. М. Недра, 1977.
7. ГОСТ 25822-92. Аппараты воздушного охлаждения. М.: Издательство стандартов, 1992.
8. Мустафин Ф.М. Машины и оборудование газопроводов: учебн. пособие / Ф.М. Мустафин, Н.И. Коновалов, Р.Ф. Гильметдинов. – Уфа: Монография, 2002.
9. Справочник работника газовой промышленности / под ред. М.М. Волкова. – М.: Недра, 1989.
10. Промышленная трубопроводная арматура: каталог справочник. – М., 1970.
11. Громов А.В. Эксплуатационнику магистральных газопроводов / А.В. Громов. – М.: Недра, 1987.

12. Молчанов Г.В. Машины и оборудование для добычи нефти и газа / Г.В. Молчанов, А.Г. Молчанов. – М.: Недра, 1984.
13. Козловский Ю.Ф. Новые формы обслуживания ГРС / Ю.Ф. Козловский. – М.: Недра, 1987.
14. Аванесов В.А. Расчеты машин и оборудования для добычи и подготовки нефти и газа с применением ЭВМ: учебное пособие / В.А. Аванесов, Е.М. Москалева. – Ухта: УИИ, 1992.
15. Козаченко А.Н. Эксплуатация компрессорных станций магистральных газопроводов / А.Н. Козаченко. – М.: Нефть и газ, 1999.
16. Чичеров Л.Г. Нефтепромысловые машины и механизмы: Учеб. пособие / Л.Г. Чичеров М.: Недра, 1983.
17. Дятлов В.А. Оборудование, эксплуатация и ремонт магистральных газопроводов: учебник для техникумов / В.А. Дятлов, В.М. Михайлов, Е.И. Яковлев. – М.: Недра, 1990.
18. Техническое обслуживание и ремонт компрессоров / Н.А. Ястребова, А.Н. Кондаков, Б.А. Спектор и др. – М.: Машиностроение, 1991.
19. Комагин А.Ф. Автоматизация производственных процессов и АСУТП газонефтепроводов: учебник для техникумов / А.Ф. Комагин. – М.: Недра, 1993.
20. Актабаев Э.В. Сооружение компрессорных и нефтеперекачивающих магистральных трубопроводов / Э.В. Актабаев, О.А. Атаев. – М.: Недра, 1979.