



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа: Инженерная школа природных ресурсов  
Направление подготовки (специальность): 21.03.01 Нефтегазовое дело  
Отделение школы (НОЦ): Отделение нефтегазового дела

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ РАБОТЫ УЧАСТКА КОМПЛЕКСНОЙ ПОДГОТОВКИ ГАЗА ПУТЁМ МОДЕРНИЗАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ</b>

УДК 622.279.8.05-048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ББЕ	Джаладинов Тимур Рашидович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Саруев Лев Алексеевич	Д.Т.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Беляев Дмитрий Владимирович			

### КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Якимова Татьяна Борисовна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Манабаев К.К.	к.ф.-м.н.		

Томск – 2020 г.

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<b>В соответствии с универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями</b>		
<b>Общие по направлению подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»</b>		
P1	Применять базовые естественнонаучные, социально-экономические, правовые и специальные знания в области нефтегазового дела, самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, УК-6, УК-7, ОПК-1, ОПК-2), (ЕАС-4.2, АВЕТ-3А, АВЕТ-3i).
P2	Решать профессиональные инженерные задачи на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, УК-3, УК-4, УК-5, УК-8, ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7).
<i>в области производственно-технологической деятельности</i>		
P3	Применять процессный подход в практической деятельности, сочетать теорию и практику при эксплуатации и обслуживании технологического оборудования нефтегазовых объектов	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-5, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11).
P4	Оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности технологических процессов в практической деятельности и применять принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды в нефтегазовом производстве	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-8, ОПК-6, ПК-12, ПК-13, ПК-14, ПК-15).
<i>в области организационно-управленческой деятельности</i>		
P5	Эффективно работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, организовывать работу первичных производственных подразделений, используя принципы менеджмента и управления персоналом и обеспечивая корпоративные интересы	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3, УК-8, ОПК-3, ОПК-7, ПК-16, ПК-17, ПК-18), (ЕАС-4.2-h), (АВЕТ-3d).
P6	Участвовать в разработке организационно-технической документации и выполнять задания в области сертификации нефтегазопромышленного оборудования	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-7, ПК-19, ПК-20, ПК-21, ПК-22).
<i>в области экспериментально-исследовательской деятельности</i>		
P7	Получать, систематизировать необходимые данные и проводить эксперименты с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий для решения расчетно-аналитических задач в области нефтегазового дела	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26).
<i>в области проектной деятельности</i>		
P8	Использовать стандартные программные средства для составления проектной и рабочей и технологической документации объектов бурения нефтяных и газовых скважин, добычи, сбора, подготовки, транспорта и хранения углеводородов	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ОПК-3, ОПК-5, ОПК-6, ПК-27, ПК-28, ПК-29, ПК-30), (АВЕТ-3с), (ЕАС-4.2-e).
<b>Модуль специализации «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»</b>		
P9	Планировать и организовывать работу по проведению планово-предупредительных ремонтов установок, технического обслуживания и ремонта оборудования.	ОПК-5, ОПК-6, ПК-3, ПК-7, ПК-9, ПК-11, ПК-13, ПК-14, ПК-21, требования профессионального стандарта 19.003 "Специалист по ремонту и обслуживанию

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
		<i>нефтезаводского оборудования", 19.029 «Специалист по эксплуатации газораспределительных станций», 19.0015 «Специалист по эксплуатации оборудования подземных хранилищ газа»</i>
P10	Планировать внедрение новой техники и передовых технологий, разрабатывать и реализовывать программы модернизации и технического перевооружения предприятия.	<i>ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-10, ПК-12, ПК-17, ПК-21, ПК-23, требования профессионального стандарта 19.003 "Специалист по ремонту и обслуживанию нефтезаводского оборудования", 19.029 «Специалист по эксплуатации газораспределительных станций», 19.0015 «Специалист по эксплуатации оборудования подземных хранилищ газа»</i>
P11	Организовывать проведение проверок технического состояния и экспертизы промышленной безопасности, проводить оценку эксплуатационной надежности технологического оборудования.	<i>ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-9, ПК-10, ПК-17, ПК-30, требования профессионального стандарта 19.003 "Специалист по ремонту и обслуживанию нефтезаводского оборудования", 19.029 «Специалист по эксплуатации газораспределительных станций», 19.0015 «Специалист по эксплуатации оборудования подземных хранилищ газа»</i>

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа: Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки (специальность): 21.03.01 Нефтегазовое дело  
 Отделение школы (НОЦ): Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)    (Дата)    (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2Б6Е	Джаладинов Тимур Рашидович

Тема работы:

Повышение надёжности работы участка комплексной подготовки газа путём модернизации оборудования	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	59-103/с от 28.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	22.06.2020
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Тексты и графические материалы отчетов и исследовательских работ, фондовая и научная литература, технологические регламенты, нормативные документы.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Обзор компрессорной станции и основного оборудования участка комплексной подготовки газа. Модернизация оборудования. Подбор и расчёт оборудования.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>

Компрессорная станция	Старший преподаватель Беляев Дмитрий Владимирович
Основное оборудование	Старший преподаватель Беляев Дмитрий Владимирович
Расчётная часть	Старший преподаватель Беляев Дмитрий Владимирович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент, к.э.н. Якимова Татьяна Борисовна
Социальная ответственность	Ассистент, Черемискина Мария Сергеевна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Компрессорная станция	
Основное оборудование	
Расчётная часть	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
Социальная ответственность	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	29.02.2020
---	------------

**Задание выдал руководитель / консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Саруев Лев Алексеевич	д.т.н.		29.02.2020
Старший преподаватель	Беляев Дмитрий Владимирович			29.02.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6Е	Джаладинов Тимур Рашидович		29.02.2020

## **ОБОЗНАЧЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ**

**КС** – компрессорная станция

**ПНГ** – попутный нефтяной газ

**ТЭГ** – триэтиленгликоль

**ГПА** – газоперекачивающий агрегат

**АВО** – аппарат воздушного охлаждения

**АВЗ** – аппарат воздушный зигзагообразный

**ПДК** – предельно допустимая концентрация

**ГСМ** – горюче-смазочные материалы

**ЧС** – чрезвычайные ситуации.

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 71 страницы, в том числе 9 рисунков, 21 таблицу. Список литературы включает 31 источник.

Ключевые слова: компрессорная станция, аппарат воздушного охлаждения, охлаждение газа, повышение эффективности и надёжности, комплексная подготовка.

Объектом исследования является участок комплексной подготовки газа.

Цель исследования – модернизация участка комплексной подготовки газа за счёт установки аппарата воздушного охлаждения другого типа.

В процессе исследования было изучено основное оборудование участка комплексной подготовки газа. Проведён подбор и расчёт оборудования под конкретные условия технологического процесса с целью замены им существующего.

В результате исследования выявлена возможность установки более эффективного и надёжного аппарата воздушного охлаждения газа. С помощью которого удастся уменьшить габариты производства, затраты на электроэнергию и ремонт.

Область применения: компрессорные станции.

Потенциальная экономическая эффективность связана с уменьшением затрат на обслуживание.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	10
1 КОМПРЕССОРНАЯ СТАНЦИЯ.....	11
1.1 Технологическая схема.....	11
2 ОСНОВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.....	13
2.1 Сепаратор.....	13
2.2 Газоперекачивающий агрегат.....	14
2.3 Абсорбционная колонна .....	15
2.4 Аппарат воздушного охлаждения .....	16
2.4.1 Основные элементы аппаратов воздушного охлаждения .....	17
2.4.2 Основные типы аппаратов воздушного охлаждения .....	20
2.4.3 Классификация аппаратов воздушного охлаждения.....	24
3 РАСЧЁТНАЯ ЧАСТЬ.....	25
3.1 Исходные данные для расчёта АВО.....	26
3.2 Расчёт аппарата воздушного охлаждения.....	27
3.3 Вывод .....	35
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	37
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	37
4.2 Анализ конкурентных технических решений.....	37
4.3 Технология QuaD .....	39
4.4 SWOT-анализ.....	41
4.5 Планирование управления исследовательским проектом .....	42
4.5.1 План проекта.....	42
4.5.2 Определения трудоемкости выполнения работ .....	43
4.5.3 Разработка графика проведения исследования.....	44
4.5.4 Бюджет проекта .....	46
4.5.5 Расчет материальных затрат .....	46
4.5.6 Основная заработная плата исполнителей темы.....	47
4.5.7 Отчисления во внебюджетные фонды .....	50
4.5.8 Накладные расходы .....	50
4.5.9 Формирование бюджета затрат исследовательского проекта .....	51
4.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	51
4.7 Вывод по разделу.....	54
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....	57
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	57
5.2 Производственная безопасность.....	59
5.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов .....	60
5.4 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работающего .....	64



5.5	Экологическая безопасность.....	65
5.6	Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	66
5.7	Выводы по разделу .....	67
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	68
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	69

## ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день добычу природного и попутного нефтяного газа на территории страны осуществляют 251 предприятие [1]. За 2017 г. добыча природного и попутного газа увеличилась на 8% к 2016г, а за 2018 г. на 5% к предыдущему и достигла нового рекорда за весь период существования газодобычи в Российской Федерации, что говорит о том, что предприятия нефтегазовой отрасли и далее продолжают наращивание объёмов добычи и переработки углеводородов [2]. Для транспортировки газа от месторождений до газоперерабатывающих заводов и иных потребителей по магистральным трубопроводам используются компрессорные станции, которые осуществляют компримирование газа газоперекачивающими агрегатами со вспомогательными системами, охлаждение компримированного газа, очистку газа от конденсата, выделяющегося при компримировании и последующем охлаждении газа, а также его осушку для дальнейшего безгидратного транспорта. В связи с повышением уровней добычи природного газа, такой сложный процесс его подготовки нуждается в модернизации и повышении эффективности и надёжности технологического оборудования и агрегатов.

Актуальность данной работы: уменьшение массогабаритных характеристик и энергопотребления оборудования, увеличение надёжности и эффективности за счёт уменьшения числа электродвигателей и подвижных частей.

Целью выпускной квалификационной работы является модернизация участка комплексной подготовки газа за счёт установки аппарата воздушного охлаждения другого типа.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Подробно изучить устройство участка комплексной подготовки газа
2. Определить возможное оборудование для возможной модернизации
3. Произвести подбор и расчёт оборудования.

## **1 КОМПРЕССОРНАЯ СТАНЦИЯ**

Газовая компрессорная станция представляет собой комплекс сооружений и оборудования для повышения давления газа при его добыче, транспортировке и хранении.

По виду выполняемой работы КС выделяют:

- дожимные (головные),
- линейные КС магистральных газопроводов,
- КС подземных хранилищ газа,
- нагнетательные КС обратной закачки газов в пласт.

Дожимные компрессорные станции предназначены для поднятия давления газа с уровня месторождения до давления в газопроводе.

Линейные устанавливаются на газопроводе для компенсации потерь давления.

Компрессорные станции предназначенные для подземных хранилищ газа, обеспечивают закачку и отбор газа, обеспечивают равномерную сезонную загрузку системы.

Нагнетательные предназначены для обратной закачки газа в пласт. Они поддерживают пластовое давление на необходимом уровне [3].

### **1.1 Технологическая схема**

Поток газа направляется на компрессорную станцию для компримирования и осушки. Технологическая схема компримирования включает в себя следующие последовательные процессы:

–сепарация и фильтрация для тонкой очистки газа от жидкости и механических примесей перед компримированием во входных сепараторах и фильтр-сепараторах. Очистка от жидкости и механических примесей происходит как под действием гравитационных сил, так и при помощи пористого материала фильтр-патрона. Эффективность очистки от твердых частиц размером до 5мкм составляет 99%, размером более 5 мкм 100%;

–первая ступень компримирования, где происходит повышение давление газа до 10-12 кгс/см<sup>2</sup>. Также, при этом происходит повышение его температуры до сотни градусов, вследствие повышения давления, для исключения выхода из строя компрессорного оборудования газ необходимо охладить перед следующим этапом;

–охлаждение компримированного газа до приемлемых температур в аппаратах воздушного охлаждения;

–сепарация охлажденного газа для отделения сконденсировавшихся в результате сжатия и охлаждения углеводородного конденсата и воды;

–вторая ступень компримирования, где повышается давление газа до 39-44 кгс/см<sup>2</sup>;

–повторное охлаждение и сепарация;

Далее компримированный газ направляется на установку осушки. Газ осушается абсорбционным способом с помощью триэтиленгликоля (ТЭГ). Технологическая схема осушки состоит из линий осушки и регенерации ТЭГ.

Компримированный осушенный газ направляется в трубопровод.

## **2 ОСНОВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

Основное оборудование участка комплексной подготовки газа представлено следующим оборудованием:

- сепараторы;
- газоперекачивающие агрегаты;
- абсорбционные колонны;
- аппараты охлаждения газа.

### **2.1 Сепаратор**

Сепаратор представляет собой устройство, предназначенное для отделения капельной жидкости из газовой смеси и очистки от механических примесей.

По положению в пространстве:

- вертикальные;
- горизонтальные.

По форме:

- цилиндрические;
- сферические.

По числу фаз:

- 2-х;
- 3-х фазные.

По показателям рабочего давления:

- до 0,6 Мпа;
- от 0,6 до 2,5 Мпа;
- выше 2,5 Мпа.

По принципу действия основной силы:

- гравитационные;
- центробежные;
- инерционные.

Особенности сепараторов различного типа:

- В гравитационных сепараторах разделение основано на разности удельных масс – лёгкие вещества поднимаются вверх, тяжёлые оседают.
- В центробежных разделение происходит за счет центробежной силы.
- В инерционных отделение осуществляется за счёт различных сил инерции частиц. Тяжелые вытесняются к стенкам и перетекают на дно емкости.

Продуктивность и скорость сепарации зависит от различных факторов: рабочей среды, температуры, давления и др.

## **2.2 Газоперекачивающий агрегат**

ГПА – газоперекачивающий агрегат, технологическое устройство, включающее привод (газотурбинную установку, поршневой либо электродвигатель), а также нагнетатель (центробежный или осевой). Предназначен для повышения давления в магистральном газопроводе.

ГПА различают:

по типу нагнетателей:

- поршневые;
- центробежные.

по типу привода:

- с газовым двигателем внутреннего сгорания;
- с газотурбинным приводом;
- с электроприводом.

ГПА с газотурбинным приводом, в свою очередь, подразделяются на агрегаты со стационарной газотурбинной установкой и с приводами от газотурбинных двигателей авиационного и судового типов.

Агрегаты подразделяются в зависимости от давления на компрессоры:

- низкого давления (0,3-2 МПа);
- среднего давления (2-5 МПа);
- высокого давления (9,8-12 МПа).

Компрессоры низкого давления используются на КС при транспортировке газа с истощённых месторождений и нефтяного газа с промыслов.

Компрессоры среднего давления предназначены, в основном, для увеличения пропускной способности газопроводов и устанавливаются на промежуточных КС.

Для закачки газа в подземные хранилища используют компрессоры высоко давления. [4].

### **2.3 Абсорбционная колонна**

Абсорбционная колонна представляет собой колонну барботажного типа. Так называют колонны, в которых происходит процесс поглощения газов жидкостью при пробулькивании (барботировании) пузырьков газа через слой жидкости. При этом применяют различные устройства, разбивающие струю на мелкие пузырьки и увеличивающие поверхность соприкосновения газообразных продуктов с жидкостью.

В зависимости от внутреннего устроенного устройства различают:

- Тарельчатые;
- Насадочные;
- Распылительные;
- Роторные;
- Каскадные.

Наиболее широко распространены тарельчатые и насадочные.

В зависимости от давления вакуумные, атмосферные и работающие под давлением выше атмосферного.

Тарельчатые абсорберы представляют колонны, внутри которых располагаются горизонтальные перегородки – тарелки для развития поверхности контакта и многократном взаимодействии.

В качестве абсорбентов при осушке углеводородов используют диэтиленгликоль и триэтиленгликоль [5].

Процесс осушки газа с помощью ТЭГ основан на явлении абсорбции, которая заключается в поглощении газов или паров из смесей за счет диффузии жидкими веществами (абсорбентами), основанный на парциальных давлениях компонентов. Процесс абсорбции избирательный и обратимый. Обратный процесс называется десорбция. Абсорбент способен поглощать некоторые компоненты среды, незначительно или совсем не трогая другие.

Чем выше давление в процессе абсорбции, тем выше коэффициент извлечения влаги. При понижении температуры уменьшается влажность газа и увеличивается фактор абсорбции и коэффициент извлечения.

## **2.4 Аппарат воздушного охлаждения**

Впервые теплообменники воздушного охлаждения в нефтеперерабатывающей промышленности были применены в конце 50-х годов, что позволило к настоящему времени снизить водопотребление более чем на 80%. Невысокие коэффициенты теплоотдачи приводили к значительному увеличению габаритов и металлоёмкости при их производстве. Но современные решения в аппаратах воздушного охлаждения позволили серьёзно усовершенствовать их тепло- и аэродинамические характеристики и снизить материалоемкость.

Опыт применения АВО показывает, что его применение уменьшает расход воды, уменьшает общее число отходов и является более экономичным, чем водяное, особенно в северных районах, где пресная вода большую часть года из-за климатических условий требует больших финансовых затрат. Грамотный выбор типоразмера, правильной установки и эксплуатации позволяют сократить затраты и повысить надёжность и эффективность производства.

Также, АВО легче в обслуживании и ремонте, чем другие типы теплообменников. Исключается обмерзание и разрушение градирен при низкой температуре окружающей среды, уменьшается загрязнение теплообменной аппаратуры. В случае отключения электроэнергии, за счёт естественной конвекции воздуха, в аппарате продолжается теплообмен на уровне 25-30%.



Таким образом, снижается риск аварий из-за резкого повышения температуры охлаждаемого продукта [6].

### 2.4.1 Основные элементы аппаратов воздушного охлаждения

АВО состоят нескольких основных частей, которые представлены на рисунке 1.

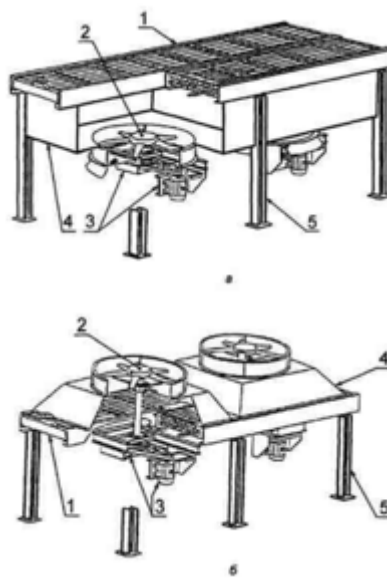


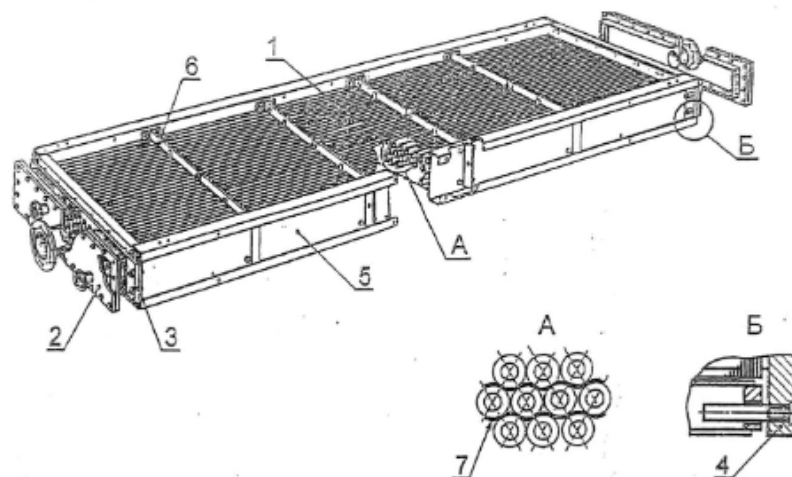
Рисунок 1 – Схема аппарата воздушного охлаждения

а – аппарат нагнетательного вида; б – аппарат вытяжного вида

1 – теплообменная секция; 2 – колесо вентилятора; 3 – привод вентилятора; 4 – диффузор с коллектором; 5 – металлоконструкция.

#### Теплообменная секция

Основной составляющей всех аппаратов является теплообменная секция, представленная на рисунке 2.



1 - трубный пучок; 2 - крышка камеры; 3 и 4 - неподвижная и подвижная трубные доски;  
5 - боковая стенка; 6 - балка; 7 - дистанционирующий элемент

### Рисунок 2 – Конструкция теплообменной секции

Она представляет собой оребренные трубы, закреплённые в трубных досках по 4, 6, либо 8 рядов. К доскам присоединены крышки камеры, внутренняя полость которых служит для распределения охлаждаемого продукта по трубам. Камеры фиксируют с одного конца жёстким соединением, а с другого подвижным для обеспечения беспрепятственного теплового расширения при нагреве теплообменника. Боковые стенки служат для организации потока воздуха и образуют вместе с соединительными балками несущую раму.

АВО были бы не столь эффективны из-за низкой плотности и теплопроводности воздуха в сочетании с невысокой скоростью его потока, проигрывая своим конкурентам. Но эти недостатки были компенсированы развитой поверхностью самих труб. Площадь наружной поверхности которых, благодаря оребрению, стала больше внутренней в 5 – 20 раз [6, стр.30].

Для характеристики увеличения наружной поверхности принято отношение поверхности оребренной трубы к поверхности трубы по основанию рёбер, называемый коэффициентом оребрения.

Схемы различного оребрения представлены на рисунке 3.

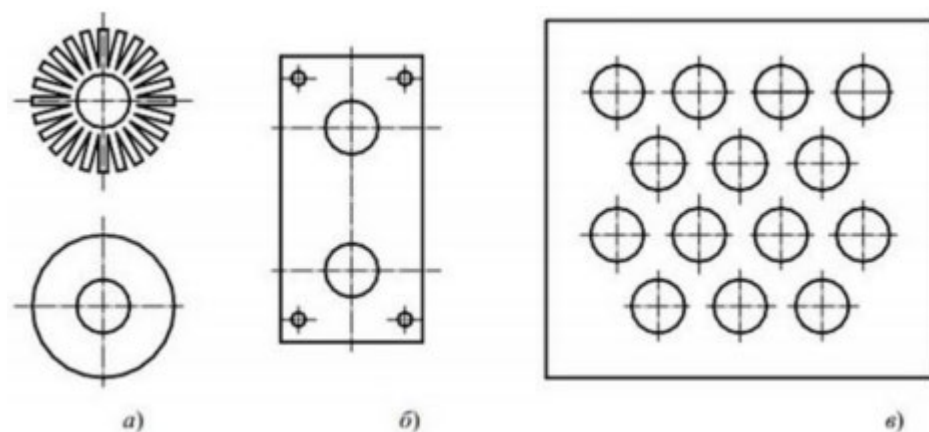


Рисунок 3 – Виды геометрии ребра

а – круглые ребра; б – прямоугольные ребра; в – прямоугольные ребра для пучков труб.

Оребрение может изготавливаться различными способами: навивкой, прессовкой, приваркой и пайкой.

Наиболее практичным и технологичным решением, на сегодняшний день, является изготовление оребрения из сплошной толстостенной трубы с её обработкой на станке. Ребра нарезаются формовочными дисками при поперечно-винтовой прокатке.

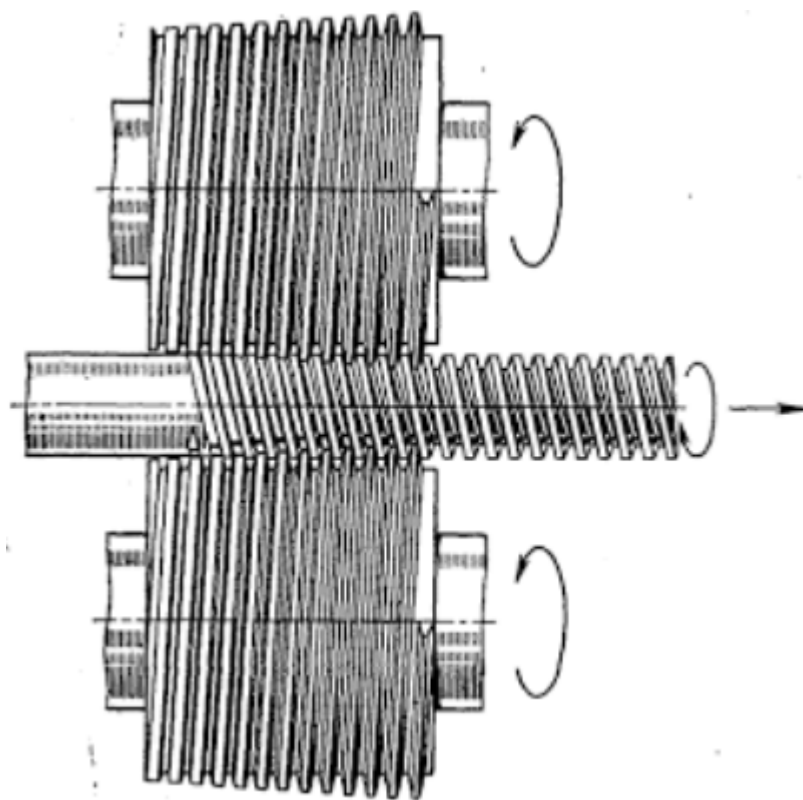


Рисунок 4 – Поперечно-винтовая прокатка

Такой способ является высокопроизводительным, т.к. хорошо поддается автоматизации.

### **Вентилятор**

Вентилятор необходим для нагнетания воздуха в межтрубное пространство секций. Для лучшей организации движения и выравнивания потока воздуха следует использовать диффузор с плавными обводами. Во избежание срыва воздушного потока и снижения его рециркуляции необходимо использование коллектора плавного входа, что позволяет увеличить расход и снизить температуру набегающего потока на 1-2 °С [7].

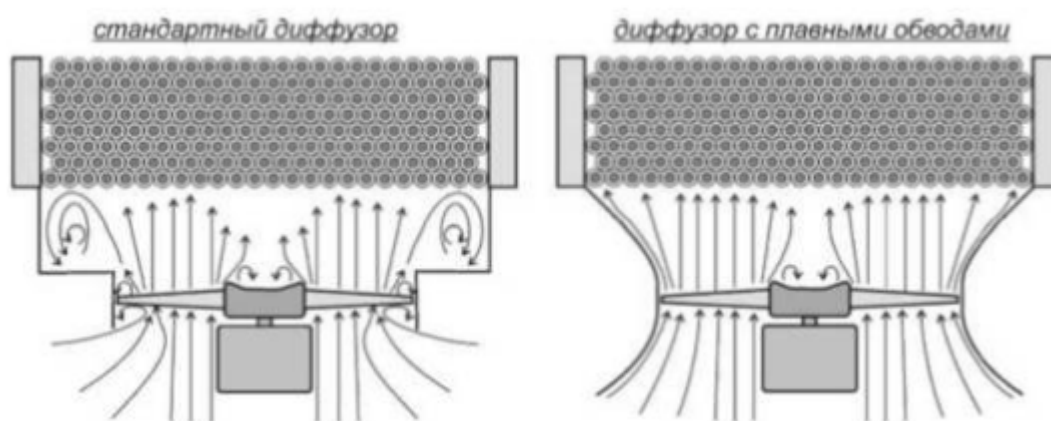


Рисунок 5 – Виды диффузора

Переменным характер нагрузки и окружающей среды, вынуждает предусматривать функцию регулирования расхода воздуха, в зависимости от вышеперечисленных факторов. Это позволяет повысить надёжность и срок службы аппарата, а также сэкономить на электроэнергии, т.к. это является основной статьей расходов.

Наиболее распространенным способом системы регулирования является изменение расхода охлаждающего воздуха, которое осуществляется:

- изменением числа оборотов;
- изменение угла поворота лопастей вентилятора.

### **2.4.2 Основные типы аппаратов воздушного охлаждения**

Аппараты воздушного охлаждения отличаются расположением секций и количеством вентиляторов. Существует несколько основных типов компоновки.

Аппарат горизонтального типа (АВГ), представленный на рисунке 6, характеризуются горизонтальным расположением теплообменников и нижним или верхним расположением вентиляторов.

Основным вариантом является установка снизу, т.к. он способствует повышению надёжности и упрощает обслуживание аппарата.

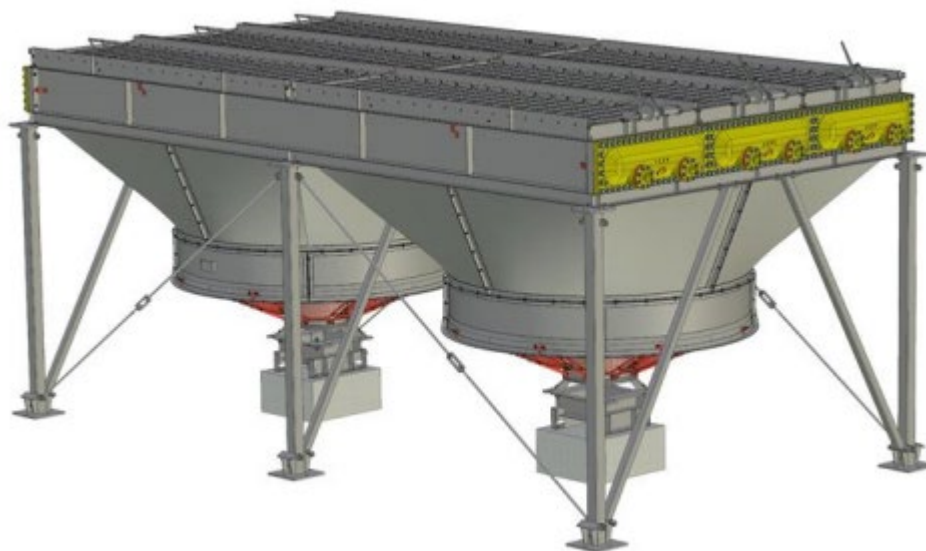


Рисунок 6 – АВО горизонтального типа

Компонуется АВГ из отдельных секций с одним или несколькими вентиляторами, всё зависит от необходимой поверхности теплообмена. Плюсами такого аппарата является простота конструкции, а недостаток – большая занимаемая площадь.

На рисунке 7 представлен аппарат вертикального типа. В таком варианте компоновки теплообменник расположен вертикально, а вентиляторы установлены по бокам от него.

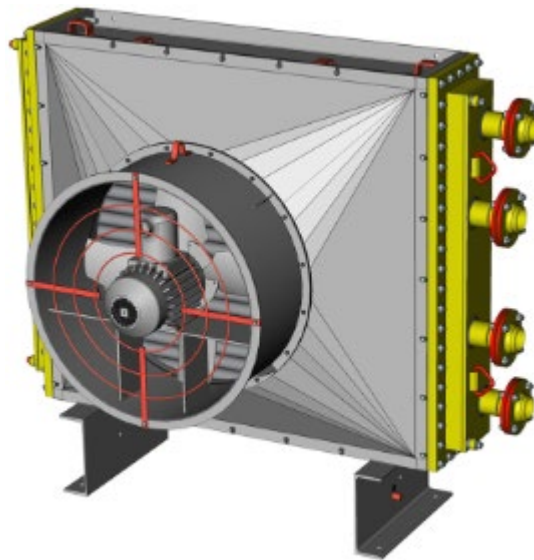


Рисунок 7 – АВО вертикального типа

Такие аппараты применяются ограниченно из-за их высоты. В основном используются малопоточные АВО с высотой труб не более 3 м.

В аппаратах шатрового типа теплообменники располагаются под наклоном в несколько десятков градусов, а вентилятор устанавливается в основании (рис.8). К недостаткам следует отнести сложность и неудобство обслуживания и ремонта, а также неравномерность обдува секций, что приводит к неравномерному отводу тепла.



Рисунок 8 – АВО шатрового типа

Аппараты зигзагообразного типа (АВЗ) получили широкое распространение (рис.9). Они характеризуются установкой теплообменников под углом друг к другу и горизонтальным расположением труб.

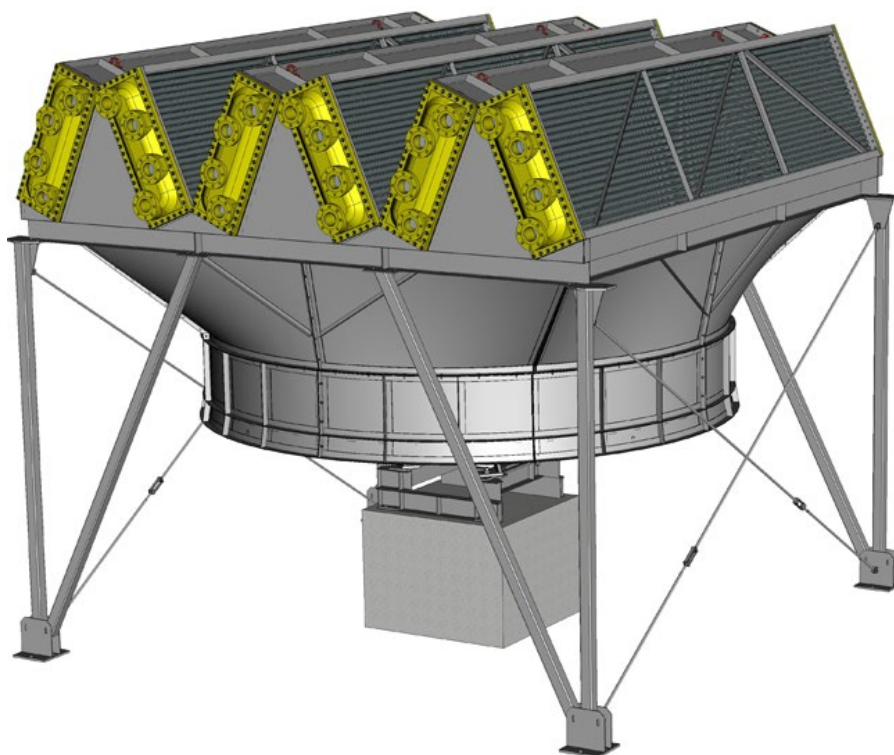


Рисунок 9 – АВО зигзагообразного типа

Особенностью данного аппарата является существенно повышенные значения поверхности теплообмена, в отличие от аппарата с горизонтальным расположением секций, занимая практически такое же пространство, а также имеет меньшую высоту в сравнении с другими типами компоновки.

Кроме того, существуют специальные аппараты для систем охлаждения газов в поршневых компрессорах и воды (антифриза), подаваемой к цилиндрам.

Типы конструкций, требования к изготовлению и промышленной безопасности установлены ГОСТ Р 51364–99 (соответствует ИСО 675880) «Аппараты воздушного охлаждения. Общие технические условия» [8], разработанным специалистами ООО «НИИхиммаш» и введенным в действие с января 2001г. Стандарт распространяется на аппараты воздушного охлаждения, предназначенные для охлаждения газов и жидкостей и конденсации паровых и парожидкостных сред в технологических процессах химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей, газовой, нефтяной и других

отраслях промышленности при давлении среды не более 16 МПа или под вакуумом с остаточным давлением не ниже 665 Па и температуре не выше 400°С.

### **2.4.3 Классификация аппаратов воздушного охлаждения**

Выпускаемые отечественной промышленностью аппараты воздушного охлаждения классифицируются по следующим признакам.

По величине и расположению теплообменной поверхности:

- малопоточные;
- горизонтальные;
- специального;
- зигзагообразные;
- блочные.

По количеству рядов труб в секции: (4, 6, 8).

По числу ходов в трубном пространстве (1, 2, 3, 4, 6, 8).

По длине труб (1,5, 3, 4, 6 и 8 м).

По величине коэффициента оребрения труб:  $\phi = 9, 14,6$  и 20.

По материалному исполнению:

- с биметаллическими трубами;
- с монометаллическими трубами;
- трубы целиком из алюминиевого сплава.

По величине давления охлаждаемого продукта: до 0,6, 1,6, 2,5, 4,0, 6,4, 16 МПа [9].



### **3 РАСЧЁТНАЯ ЧАСТЬ**

Цель расчёта: выяснить возможность установки аппарата воздушного охлаждения зигзагообразного типа на участок комплексной подготовки газа с конкретными технологическими условиями, т.к. по сравнению с аппаратами горизонтального типа, установленными на месторождении при тех же условиях работы, позволяют сократить массогабаритные характеристики и потребление электроэнергии практически в двое, а также за счёт уменьшения количества деталей и движущихся частей увеличить надёжность АВО.

Исходными данными для расчёта являются технические характеристики АВЗ, характеристики процесса согласно технологическому регламенту участка комплексной подготовки газа.

### 3.1 Исходные данные для расчёта АВО

Данные для расчёта представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные

Объёмный расход газа $Q$ через один АВО при нормальном давлении и температуре 293 К	$Q=11 \text{ м}^3/\text{с}$
Плотность газа	$\rho_{\text{г}}=1,14 \text{ кг}/\text{м}^3$
Избыточное давление газа на входе в АВО	$P_{\text{вх}}=43 \text{ МПа}$
Температура газа на входе в АВО	$T_{\text{вх}}=373\text{К}$
Удельная теплоёмкость газа	$c_{\text{р}} = 1955 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$
Индекс сжимаемости газа	$Z = 0,98$
Динамическая вязкость газа	$\mu_{\text{г}} = 9,4\cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$
Теплопроводность газа	$\lambda_{\text{г}} = 0,025 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$
Относительная плотность газа по воздуху	$\Delta=0,88$
Температура атмосферного воздуха	$T_{\text{в}}=293\text{К}$
Барометрическое давление воздуха	$P_{\text{бар}} = 0,1013 \text{ МПа}$
Удельная теплоёмкость воздуха	$c_{\text{рв}} = 1005 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$
Динамическая вязкость воздуха	$\mu_{\text{в}} = 1,8\cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$
Теплопроводность воздуха	$\lambda_{\text{в}} = 0,026 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$
Число вентиляторов одного АВО	АВО $n_{\text{вент}} = 1$
Производительность по воздуху одного вентилятора	$G_{\text{в}} (97 \text{ кг}/\text{с})$
КПД вентилятора	$\eta_{\text{в}} = 0,7$
Номинальная мощность электродвигателя вентилятора	$N_{\text{н}} = 37 \text{ кВт}$
Число секций одного АВО	$n_{\text{с}} = 6$
Число труб в каждой секции	$n_{\text{трс}} = 168$
Число труб в одном ряду секции	$n_{\text{тр}} = 28$
Число рядов труб в секции	$R = 6$
Полная длина трубы, обдуваемая воздухом	$l = 6 \text{ м}$
Расстояние вдоль трубы между крайними ребрами по их основанию	$l_{\text{р}} = 5,9 \text{ м}$
Шаг между осями 2-х соседних труб в горизонтальной плоскости	$l_{\text{л}} = 0,064 \text{ м}$
Диаметр труб по основанию ребер	$d_{\text{н}} = 0,028 \text{ м}$
Диаметр труб по высоте ребер	$D_{\text{н}} = 0,056 \text{ м}$
Внутренний диаметр труб	$d_{\text{вн}} = 0,022 \text{ м}$
Высота ребер	$h = 0,014 \text{ м}$
Шаг между ребрами	$l_{\text{пр}} = 0,0025 \text{ м}$
Площадь поперечного сечения ребра	$S_{\text{р}} = 5,6\cdot 10^{-6} \text{ м}^2$
Толщина ребра у основания и на высоте $h$	$\delta_{\text{осн}} = 0,0004 \text{ м}$ , на высоте $h$ $\delta_{\text{h}} = 0,0004 \text{ м}$
Теплопроводность материала ребра	$\lambda_{\text{р}} = 230 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$
Тепловые сопротивления загрязнений труб внутреннего и наружного	$r_{\text{Звн}} = 0,00017 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ , $r_{\text{Зн}} = 0,000013 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$

### 3.2 Расчёт аппарата воздушного охлаждения

Расчёт площадь полного горизонтального сечения по осям труб одного ряда труб секции АВО

$$S_r = l \cdot [l_1 \cdot (n_{\text{тр}} - 1) + D_H] \quad (1)$$

$$S_r = 6 \cdot [0,064 \cdot (28 - 1) + 0,056] = 10,704 \text{ м}^2.$$

Расчёт площади узкого сечения одного ряда труб секции АВО

$$n_p = \frac{l_p}{l_{\text{мп}}} + 1 \quad (2)$$

$$n_p = \frac{5,9}{0,0025} + 1 = 2361.$$

$$S_y = S_r - l \cdot d_H \cdot n_{\text{тр}} - 2 \cdot S_p \cdot n_{\text{тр}} \cdot n_p. \quad (3)$$

$$S_y = 10,704 - 6 \cdot 0,028 \cdot 28 - 2 \cdot 5,6 \cdot 10^{-6} \cdot 28 \cdot 2361 = 5,26 \text{ м}^2.$$

Расчёт площади боковой поверхности ребер

$$S_{\text{бр}} = 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D_H^2 - d_H^2) \cdot n_p \quad (4)$$

$$S_{\text{бр}} = 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot (0,056^2 - 0,028^2) \cdot 2361 = 8,723 \text{ м}^2.$$

Расчёт площади поверхности торцов ребер

$$S_{\text{тр}} = \pi \cdot D_H \cdot \delta_h \cdot n_p \quad (5)$$

$$S_{\text{тр}} = 3,14 \cdot 0,056 \cdot 0,0004 \cdot 2361 = 0,166 \text{ м}^2.$$

Расчёт полной площади поверхности ребер

$$S_{\text{пр}} = S_{\text{бр}} + S_{\text{тр}} \quad (6)$$

$$S_{\text{пр}} = 8,723 + 0,166 = 8,889 \text{ м}^2.$$

Расчёт площади промежутков между ребер

$$S_{\text{пром}} = (l_{\text{мп}} - \delta_{\text{осн}}) \cdot \frac{l_p}{l_{\text{мп}}} \cdot \pi \cdot d_H \quad (7)$$

$$S_{\text{пром}} = (0,0025 - 0,0004) \cdot \frac{5,9}{0,0025} \cdot 3,14 \cdot 0,028 = 0,436 \text{ м}^2.$$

Расчёт площади оребренной поверхности трубы

$$S = S_{\text{пр}} + S_{\text{пром}} \quad (8)$$

$$S = 8,889 + 0,436 = 9,325 \text{ м}^2.$$

Расчёт площади наружной поверхности трубы у основания ребер

$$S_H = \pi \cdot d_H \cdot l \quad (9)$$

$$S_H = 3,14 \cdot 0,028 \cdot 6 = 0,528 \text{ м}^2.$$

Расчёт площади внутренней поверхности трубы

$$S_H = \pi \cdot d_{\text{вн}} \cdot l \quad (10)$$

$$S_B = 3,14 \cdot 0,022 \cdot 6 = 0,415 \text{ м}^2.$$

Расчёт поверхности охлаждения одной секции АВО

$$S_T = [S + \pi \cdot d_H \cdot (l - l_p)] \cdot n_{\text{трс}} \quad (11)$$

$$S_T = [9,325 + 3,14 \cdot 0,028 \cdot (6 - 5,9)] \cdot 168 = 1568,052 \text{ м}^2.$$

Определение коэффициента теплоотдачи со стороны газа

Расчёт температуры охлаждения газа в АВО в первом приближении

$$T_{\text{охл}} = 313 \text{ К}$$

Средняя температура газа в АВО

$$T_{\text{срr}} = \frac{T_{\text{вх}} + T_{\text{охл}}}{2} \quad (12)$$

$$T_{\text{срr}} = \frac{313 + 373}{2} = 343 \text{ К}.$$

Расчёт скорости газа в трубах

$$Q_r = Q \cdot \frac{z \cdot T_{\text{вх}} \cdot R_{\text{воз}} \cdot \rho_{\text{воз}}}{P_{\text{вх}}} \quad (13)$$

$$Q_r = 11 \cdot \frac{0,98 \cdot 373 \cdot 287 \cdot 1,2}{4300000} = 0,322 \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$W_r = Q_r \div \left( \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{вн}}^2 \cdot n_c \cdot n_{\text{трс}} \right) \quad (14)$$

$$W_r = 0,322 \div \left( \frac{3,14}{4} \cdot 0,022^2 \cdot 6 \cdot 28 \right) = 0,84 \text{ м/с}.$$

Расчёт средней плотности газа

$$\rho_{\text{срr}} = \frac{\Delta \cdot P_{\text{вх}}}{(z \cdot T_{\text{срr}} \cdot R_{\text{воз}})} \quad (15)$$

$$\rho_{\text{срr}} = \frac{0,88 \cdot 4300000}{(0,98 \cdot 343 \cdot 287)} = 39,224 \text{ кг/м}^3.$$

Расчёт числа Рейнольдса для газа

$$\text{Re}_r = \frac{\rho_{\text{срr}} \cdot d_{\text{вн}} \cdot W_r}{\mu_r} \quad (16)$$

$$Re_r = \frac{39,224 \cdot 0,022 \cdot 0,84}{9,4 \cdot 10^{-6}} = 77156,118.$$

Расчёт критерия Прандтля для газа

$$Pr_r = \frac{c_{p\Gamma} \cdot \mu_{\Gamma}}{\lambda_{\Gamma}} \quad (17)$$

$$Pr_r = \frac{1955 \cdot 9,4 \cdot 10^{-6}}{0,025} = 0,81.$$

Расчёт коэффициента теплоотдачи со стороны газа

$$\alpha_{BH} = 0,023 \cdot Re_{\Gamma}^{0,8} \cdot Pr_{\Gamma}^{0,4} \frac{\lambda_{\Gamma}}{d_{BH}} \quad (18)$$

$$\alpha_{BH} = 0,023 \cdot 77156,118^{0,8} \cdot 0,81^{0,4} \frac{0,025}{0,022} = 187,791 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Расчёт количества тепла, передаваемого в АВО

$$Q_T = \rho_{\Gamma} \cdot Q \cdot c_{p\Gamma} \cdot (T_{B\text{X}} - T_{\text{Oxл}}) \quad (19)$$

$$Q_T = 1,14 \cdot 11 \cdot 1955 \cdot (373 - 313) = 1470942 \text{ Дж.}$$

Расчёт средней температуры воздуха на выходе из АВО

$$T_{BB} = T_B + \frac{Q_T}{G_B \cdot c_{pB} \cdot n_B} \quad (20)$$

$$T_{BB} = 293 + \frac{1470942}{97 \cdot 1005 \cdot 1} = 308,089 \text{ К.}$$

Расчёт средней температуры воздуха в секциях АВО

$$T_{cpB} = 0,5 \cdot (T_B + T_{BB}) \quad (21)$$

$$T_{cpB} = 0,5 \cdot (293 + 308,089) = 300,544 \text{ К.}$$

Статическое давление вентилятора

$$P_{CT} = 25 \text{ Па.}$$

Расчёт средней плотности воздуха в секциях АВО при нижнем расположении вентиляторов

$$\rho_{cpB} = \frac{(P_{\text{бар}} + 0,5 \cdot P_{CT})}{R_{\text{воз}} \cdot T_{cpB}} \quad (22)$$

$$\rho_{cpB} = \frac{(101300 + 0,5 \cdot 80)}{287 \cdot 300,544} = 1,175 \text{ кг}/\text{м}^3.$$

Расчёт средней скорости воздуха в узком сечении АВО

$$W_B = \frac{G_B \cdot n_B}{\rho_{срв} \cdot S_y \cdot n_c} \quad (23)$$

$$W_B = \frac{97 \cdot 1}{1,175 \cdot 5,26 \cdot 6} = 2,617 \text{ м/с.}$$

Расчёт коэффициента оребрения

$$K_{ор} = \frac{S}{S_H} \quad (24)$$

$$K_{ор} = \frac{9,325}{0,528} = 17,668.$$

Расчёт условного определяющего размера

$$l_y = l_p \cdot (D_H^2 - d_H^2) \cdot \frac{\left[ 1 + \frac{\sqrt{\frac{\pi}{4} \cdot (D_H^2 - d_H^2)}}{d_H} \right]}{2lR K_{ор} l_{мп}} \quad (25)$$

$$l_y = 5,9 \cdot (0,056^2 - 0,028^2) \cdot \frac{\left[ 1 + \frac{\sqrt{\frac{3,14}{4} \cdot (0,056^2 - 0,028^2)}}{0,028} \right]}{2 \cdot 6 \cdot 6 \cdot 17,668 \cdot 0,0025} = 0,011 \text{ м.}$$

Расчёт числа Рейнольдса по условному определяющему размеру

$$Re_r = \frac{\rho_{срв} \cdot W_B \cdot l_y}{\mu_B} \quad (26)$$

$$Re_r = \frac{1,175 \cdot 0,011 \cdot 2,617}{1,8 \cdot 10^{-5}} = 1888,89.$$

Расчёт эквивалентного диаметра сжатого поперечного сечения пучка труб

$$d_э = \frac{2 \cdot [l_{мп} \cdot (l_1 - d_H) - h \cdot (\delta_{очн} + \delta_h)]}{2h + l_{мп}} \quad (27)$$

$$d_э = \frac{2 \cdot [0,0025 \cdot (0,064 - 0,028) - 0,014 \cdot (0,0004 + 0,0004)]}{2 \cdot 0,014 + 0,0025} = 0,00517 \text{ м.}$$

Расчёт коэффициента формы шахматного пучка труб

$$C_S = 5,4 \cdot \left( \frac{l_y}{d_э} \right)^{0,3} \quad (28)$$

$$C_S = 5,4 \cdot \left( \frac{0,011}{0,00517} \right)^{0,3} = 6,785.$$

Расчёт коэффициента гидравлического сопротивления пучка труб с шахматным расположением оребренных труб

$$\zeta = RC_S C_R Re^{-0,25} + \frac{2 \cdot (T_{\text{вв}} - T_{\text{в}})}{T_{\text{срв}}} \quad (29)$$

$$\zeta = 6 \cdot 6,785 \cdot 1888,89^{-0,25} + \frac{2 \cdot (308,089 - 293)}{300,544} = 6,276 .$$

Расчёт статистического давления вентилятора

$$P_{\text{ст}} = 0,5 \xi \rho_{\text{срв}} \cdot W_{\text{в}}^2 \quad (30)$$

$$P_{\text{ст}} = 0,5 \cdot 6,276 \cdot 1,175 \cdot 2,616^2 = 25,235 \text{ Па.}$$

Это значение нужно сравнить с  $P_{\text{ст}}$ :

$$\frac{(25 - 25,235)}{25,235} = 0,94 \%$$

- нужная точность достигнута.

Расчёт критерия Прандтля для воздуха

$$Pr_{\text{в}} = \frac{c_{\text{пв}} \mu_{\text{в}}}{\lambda_{\text{в}}} \quad (31)$$

$$Pr_{\text{в}} = \frac{1005 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5}}{0,026} = 0,696 .$$

Расчёт числа Рейнольдса для воздуха

$$Re_{\text{в}} = \frac{\rho_{\text{срв}} \cdot W_{\text{в}} \cdot d_{\text{н}}}{\mu_{\text{в}}} \quad (32)$$

$$Re_{\text{в}} = \frac{1,175 \cdot 2,617 \cdot 0,028}{1,8 \cdot 10^{-5}} = 4781,389 .$$

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

$$K_R = 0,8937 \cdot R^{0,0457} \quad (33)$$

$$K_R = 0,8937 \cdot 6^{0,0457} = 0,97 .$$

Расчёт критерия Нуссельта

$$Nu_{\text{в}} = 0,23 K_R K_{\text{ор}}^{0,2} \cdot Re_{\text{в}}^{0,65} \times \left( \frac{d_{\text{н}}}{l_{\text{мп}}} \right)^{-0,54} \left( \frac{h}{l_{\text{мп}}} \right)^{-0,14} \quad (34)$$

$$Nu_{\text{в}} = 0,23 \cdot 0,97 \cdot 17,667^{0,2} \cdot 4781,389^{0,65} \times \\ \times \left( \frac{0,028}{0,0025} \right)^{-0,54} \cdot \left( \frac{0,014}{0,0025} \right)^{-0,14} = 20,812 .$$

Расчёт конвективного коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха

$$\alpha_K = \frac{Nu_B \cdot \lambda_B}{d_H} \quad (35)$$

$$\alpha_K = \frac{20,812 \cdot 0,026}{0,028} = 19,325 .$$

Расчёт безразмерной высоты ребер

$$B_1 = \left( h + \frac{\delta_h + \delta_{очн}}{2} \right) \cdot \sqrt{\frac{4\alpha_K}{\lambda_p(\delta_h + \delta_{очн})}} \quad (36)$$

$$B_1 = \left( 0,014 + \frac{0,0004 + 0,0004}{2} \right) \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 19,325}{230 \cdot (0,0004 + 0,0004)}} = 0,295 .$$

$$B_2 = h \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot \alpha_K}{\lambda_p(\delta_h + \delta_{очн})}} = 0,287 \quad (37)$$

$$B_2 = 0,014 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 19,325}{230 \cdot (0,0004 + 0,0004)}} = 0,287 .$$

Расчёт безразмерное значение

$$C = \frac{D_H}{d_H} \quad (38)$$

$$C = \frac{0,056}{0,028} = 2 .$$

Расчёт коэффициента эффективности круглых поперечных ребер прямоугольного сечения  $E=f(B_1, C)$

$$E = 1,0965 - 0,2888B_1 + 0,7131 \cdot 10^{-2}c - 0,1216B_1c + 0,01277B_1^2 - 0,1521 \cdot 10^{-2}c^2 + 0,03417cB_1^2 + 0,01173B_1c^2 - 0,3291 \cdot 10^{-2}(cB_1)^2. \quad (39)$$

$$E = 1,0965 - 0,2888 \cdot 0,295 + 0,7131 \cdot 10^{-2} \cdot 2 - 0,1216 \cdot 0,295 \cdot 2 + \\ + 0,01277 \cdot 0,295^2 - 0,1521 \cdot 10^{-2} \cdot 2^2 + 0,03417 \cdot 2 \cdot 0,295^2 + \\ + 0,01173 \cdot 0,295 \cdot 2^2 - 0,3291 \cdot 10^{-2} \cdot (2 \cdot 0,295)^2 = 0,967$$

Расчёт поправочного коэффициента, учитывающего неравномерность распределения коэффициента теплоотдачи по поверхности ребра

$$\Psi = 0,97 - 0,056B_2 \quad (40)$$

$$\Psi = 0,97 - 0,056 \cdot 0,287 = 0,954 .$$

Расчёт приведенного коэффициента теплоотдачи



$$\alpha_{\text{пр}} = \alpha_{\text{к}} \cdot \left[ 1 + \frac{(E\tau\psi - 1)}{s} \right] \quad (41)$$

$$\alpha_{\text{пр}} = 34,2215 \cdot \left[ 1 + \frac{19,9546 \cdot (0,8544 \cdot 1 \cdot 0,6262 - 1)}{20,7397} \right] = 18,914.$$

Расчёт отношения полной наружной поверхности трубы с ребрами к её внутренней поверхности

$$\beta = \frac{s}{s_{\text{в}}} \quad (42)$$

$$\beta = \frac{9,325}{0,415} = 22,486.$$

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

$$K_{\text{АВО}} = \frac{1}{\frac{\beta}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{пр}}} + \beta \cdot r_{\text{звн}} + r_{\text{зн}}} \quad (43)$$

$$K_{\text{АВО}} = \frac{1}{\frac{22,486}{187,79} + \frac{1}{17,898} + 22,486 \cdot 0,00017 + 0,000013} = 5,573.$$

Расчёт значения M и N

$$M = \frac{373 - 313}{308,089 - 293} \quad (44)$$

$$M = \frac{373 - 313}{308,089 - 293} = 3,976.$$

$$N = \frac{308,089 - 293}{373 - 293} \quad (45)$$

$$N = \frac{308,089 - 293}{373 - 293} = 0,187.$$

Расчёт поправочного коэффициента при однократном перекрестном ходе

$$\varepsilon = 0,9959 - 0,3359MN - 0,0259NM^2 + 0,6235MN^2 +$$

$$+ 3,0054(MN)^2 - 0,4337N^2M^3 - 9,6514M^2N^3 + \quad (46)$$

$$+ 0,5624(MN)^3 + 7,0741M^2N^4 - 0,868MN^5 - 2,7969MN^6.$$

$$\varepsilon = 0,9959 - 0,3359 \cdot 3,976 \cdot 0,187 - 0,0259 \cdot 0,187 \cdot 3,976^2 + 0,6235 \cdot 3,976$$

$$\cdot 0,187^2 + 3,0054 \cdot (3,976 \cdot 0,187)^2 - 0,4337 \cdot 0,187^2 \cdot 3,976^3 -$$

$$9,6514 \cdot 3,976^2 \cdot 0,187^3 + 0,5624 \cdot (3,976 \cdot 0,187)^3 + 7,0741 \cdot 3,976^2 \cdot$$

$$0,187^4 - 0,868 \cdot 3,976 \cdot 0,187^5 - 2,7969 \cdot 3,976 \cdot 0,187^6 = 0,829.$$

Расчёт среднего температурного напора

$$\Theta_1 = T_{\text{ВХ}} - T_{\text{ВВ}} \quad (47)$$

$$\Theta_1 = 373 - 308,089 = 64,91 \text{ К.}$$

$$\Theta_2 = T_{\text{ОХЛ}} - T_{\text{В}} \quad (48)$$

$$\Theta_2 = 313 - 293 = 20 \text{ К.}$$

$$\Theta_{\text{ср}} = \frac{\Theta_1 - \Theta_2}{\ln \frac{\Theta_1}{\Theta_2}} \cdot \varepsilon \quad (49)$$

$$\Theta_{\text{ср}} = \frac{64,91 - 20}{\ln \frac{64,91}{20}} \cdot 0,829 = 31,628 \text{ К.}$$

Расчёт плотности теплового потока

$$q_T = K_{\text{АВО}} \Theta_{\text{ср}} \quad (50)$$

$$q_T = 5,573 \cdot 31,628 = 176,263 \text{ Вт/м}^2.$$

Уточняется количество тепла, передаваемого в АВО

$$Q_T^1 = q_T S_T n_c \quad (51)$$

$$Q_T^1 = 176,263 \cdot 1568,05 \cdot 6 = 1658337 \text{ Дж.}$$

Расчёт температуры охлаждения газа

$$T_{\text{ОХЛ}}^1 = T_{\text{ВХ}} - \frac{Q_T^1}{Q \cdot \rho_{\text{Г}} \cdot c_{\text{ПГ}}} \quad (52)$$

$$T_{\text{ОХЛ}}^1 = 373 - \frac{1658337}{11 \cdot 1,14 \cdot 1955} = 305,36 \text{ К.}$$

Значение  $T_{\text{ОХЛ}}^1$  сравнивается с температурой  $T_{\text{ОХЛ}}$ .

Расчёт погрешности, она должна составлять не более 3 %.

$$\frac{|T_{\text{ОХЛ}}^1 - T_{\text{ОХЛ}}|}{T_{\text{ОХЛ}}^1} \cdot 100\% = 2,5\% \quad (53)$$

$$\frac{|305,36 - 313|}{305,36} \cdot 100\% = 2,5\% \text{ - допустимая погрешность.}$$

Расчёт поверхности теплообмена одной секции

$$S_{\text{рас}} = \frac{Q_T}{T_{\text{ВВ}} \cdot R_{\text{ВОЗ}}} \quad (54)$$

$$S_{\text{рас}} = \frac{1470942}{176,263 \cdot 6} = 1390,859 \text{ м}^2.$$

Расчёт плотности воздуха на выходе из АВО

$$\rho_{\text{ВВ}} = \frac{P_{\text{бар}}}{T_{\text{ВВ}} \cdot R_{\text{Воз}}} \quad (55)$$

$$\rho_{\text{ВВ}} = \frac{101300}{308,089 \cdot 287} = 1,146 \text{ кг/м}^3.$$

Расчёт динамического давления вентилятора при нижнем расположении вентиляторов

$$P_{\text{дин}} = \frac{\left(\frac{G_{\text{В}} \cdot n_{\text{В}}}{S_{\text{У}} \cdot n_{\text{С}}}\right)^2}{2 \rho_{\text{ВВ}}} \quad (56)$$

$$P_{\text{дин}} = \frac{\left(\frac{97 \cdot 1}{5,26 \cdot 6}\right)^2}{2 \cdot 1,146} = 4,122 \text{ Па.}$$

Расчёт мощности, потребляемой вентилятором

$$\rho_{\text{В}} = \frac{P_{\text{бар}}}{T_{\text{В}} \cdot R_{\text{Воз}}} \quad (57)$$

$$\rho_{\text{В}} = \frac{101300}{293 \cdot 287} = 1,205 \text{ кг/м}^3.$$

$$N_{\text{В}} = \frac{G_{\text{В}}(P_{\text{ст}} + P_{\text{дин}})}{\rho_{\text{В}} \cdot n_{\text{В}}} \quad (58)$$

$$N_{\text{В}} = \frac{97(25,242 + 4,122)}{1,205 \cdot 0,7} = 3377 \text{ Вт.}$$

### 3.3 Вывод

Результаты расчёта параметров АВО представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Расчётные параметры АВО

мощность потребляемая вентиляторами	3377 Вт
динамическое давление вентилятора	4,122 Па
плотность воздуха на выходе из АВО	1.205 кг/м <sup>3</sup>
поверхность теплообмена одной секции	1568,052 м <sup>2</sup>
температуру охлаждения газа	305,36 К
статистическое давление вентилятора	25,235 Па
количество тепла, передаваемого в АВО	1658337 Дж

Следовательно, выбираем аппарат АВЗ с коэффициентом оребрения теплообменных труб 20 с условным давлением 6,3 МПа, мощностью электродвигателя 37кВт, с числом рядов труб в секции 6, длиной труб 6м. В климатическом исполнении ХЛ1.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Б6Е	Джаладинов Тимур Рашидович

<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа природных ресурсов</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Отделение нефтегазового дела</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	21.03.01 «Нефтегазовое дело»

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами.
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- коэффициент доплат – 15%; - накладные расходы – 16%; - районный коэффициент – 1,3.
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды – 30,2%

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

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Проведение SWOT-анализа проекта.
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Определение этапов работ; определение трудоемкости работ; разработка графика Ганта. Определение бюджета проекта
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Проведение оценки ресурсной, финансовой эффективности

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

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оценка конкурентоспособности технических решений</li> <li>2. Матрица SWOT</li> <li>3. Альтернативы проведения НИ</li> <li>4. График проведения и бюджет НИ</li> <li>5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</li> </ol>
---

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН	Якимова Татьяна Борисовна	Кандидат экономических наук		29.02.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2Б6Е	Джаладинов Тимур Рашидович		29.02.2020

## 4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

### 4.1 Потенциальные потребители результатов исследования


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

Продукт: Аппарат воздушного охлаждения газа в составе участка комплексной подготовки попутного и природного газа.


Целевой рынок: предприятия нефтеперерабатывающей отрасли промышленности.

Таблица 3 – Карта сегментирования рынка


		Вид исследования: Аппарат воздушного охлаждения (АВО)		
		Расчет и модернизация АВО	Модель и анализ работы АВО	Проектирование и конструирование
Размер компании	Крупные	Фирма А		
	Средние	Фирма Б	Фирма В	Фирма А
	Мелкие	Фирма А	Фирма Б	Фирма В



Фирма А



Фирма Б



Фирма В

### 4.2 Анализ конкурентных технических решений

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

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

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

Таблица 4 – Оценочная карта для конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Проект	Кон-т1	Кон-т2	Проект	Кон-т1	Кон-т2
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,06	5	5	3	0,3	0,3	0,18
2. Удобный в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,06	4	4	3	0,24	0,24	0,18
3. Ремонтнопригодность	0,08	4	4	3	0,32	0,32	0,24
4. Энергоэкономичность	0,13	5	4	4	0,65	0,52	0,52
5. Надежность	0,10	5	4	4	0,5	0,4	0,4
6. Безопасность	0,12	4	4	4	0,48	0,48	0,48
7. Простота эксплуатации	0,05	4	5	5	0,2	0,25	0,25
8. Материалоёмкость	0,08	4	3	4	0,32	0,24	0,32
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
9. Конкурентоспособность продукта	0,06	4	4	3	0,24	0,24	0,18
10. Уровень проникновения на рынок	0,03	3	4	2	0,09	0,12	0,06
11. Цена	0,06	4	3	3	0,24	0,18	0,18
12. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
13. Послепродажное обслуживание	0,02	4	4	3	0,08	0,08	0,06
14. Наличие финансирования	0,05	3	3	3	0,15	0,15	0,15
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>58</b>	<b>55</b>	<b>48</b>	<b>4,31</b>	<b>3,92</b>	<b>3,6</b>

Оценка конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (59)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;  $B_i$  – вес показателя (в долях единицы);  $B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Основываясь на знаниях о конкурентах, следует объяснить:

-чем обусловлена уязвимость позиции конкурентов и возможно занять свою нишу и увеличить определенную долю рынка;

-в чем конкурентное преимущество разработки.

По результатам оценки можно выделить следующие конкурентные преимущества модернизации АВО: повышение энергоэкономичности, надёжности, безопасности (уменьшение количества подвижных частей), увеличение производительности. Длительный срок эксплуатации.

#### 4.3 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество и перспективность результатов исследований на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в проект.

Таблица 5 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное Значения (5x2)
1	2	3	4	5	6
<b>Показатели оценка качества разработки</b>					
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,06	70	100	0,7	0,042
2. Удобный в эксплуатации	0,06	75	100	0,75	0,045
3. Ремонтнопригодность	0,08	80	100	0,8	0,064
4. Энергоэкономичность	0,13	90	100	0,9	0,117
5. Надёжность	0,1	80	100	0,8	0,08
6. Безопасность	0,12	40	100	0,4	0,048
7. Простота эксплуатации	0,05	70	100	0,7	0,035

Продолжение таблицы 5

8. Материалоёмкость	0,08	70	100	0,7	0,056
<b>Показатели оценки коммерческого потенциала разработки</b>					
9. Конкурентоспособность продукта	0,06	80	100	0,8	0,048
10. Уровень проникновения на рынок	0,03	50	100	0,5	0,015
11. Цена	0,06	90	100	0,9	0,054
12. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	60	100	0,6	0,06
13. Послепродажное обслуживание	0,02	65	100	0,65	0,013
14. Наличие финансирования	0,05	60	100	0,6	0,03

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i, \quad (60)$$

где  $P_{cp}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;  $B_i$  – вес показателя (в долях единицы);  $B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

Значение  $P_{cp}$  – позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя  $P_{cp}$  – получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i = 0,707$$

Данное значение лежит в интервале от 0,6 до 0,8, следовательно, перспективность разработки проекта модернизации – выше среднего уровня.



#### 4.4 SWOT-анализ

Для получения четкой оценки проекта и его перспектив необходимо провести SWOT-анализ. SWOT-анализ – это определение сильных и слабых сторон проекта, а также возможностей и угроз, исходящих из ближайшего окружения (внешней среды).

Результаты SWOT-анализа представлять в табличной форме (таблица 6).

Таблица 6 - SWOT-анализ

	<b>Сильные стороны</b> С1. Повышение степени охлаждения газа С2. Сокращение расходов на электроэнергию С3. Отсутствие необходимости закупки комплектующих С4. Квалифицированный персонал	<b>Слабые стороны</b> Сл1. Отсутствие возможности проверки результатов исследования Сл2. Высокая стоимость модернизации Сл3. Сложность модернизации Сл4. Большой срок поставок.
<b>Возможности</b> В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Появление дополнительного спроса В3. Повышение стоимости конкурентных исследований. В4. Сотрудничество с предприятиями использующими АВО	<b>Сильные стороны и возможности:</b> В1С4 – использование инновационной инфраструктуры ТПУ для проведения научного исследования предполагает возможности для реализации бюджетного финансирования с вовлечением квалифицированного персонала; В4С1С2С3 - Сотрудничество с предприятием, эксплуатирующим АВО, подразумевает практическое подтверждение или опровержение результатов расчетов, более глубокое исследование повышения надёжности и эффективности систем охлаждения;	<b>Слабые стороны и возможности:</b> В4Сл2Сл3Сл4 - предприятие, эксплуатирующее АВО, может не быть заинтересованно в модернизации, в связи с высокой стоимостью и сложностью установки оборудования и большим сроком поставки;

Продолжение таблицы 6

<p><b>Угрозы</b>          У1. Отсутствие спроса на результат исследования          У2. Развитая конкуренция          У3. Недостаточная точность расчётов, по причине упрощении при их проведении.          У4. Снижение уровня финансирования исследований</p>	<p><b>Сильные стороны и угрозы:</b>          У1С1С2. Продвижение с целью создания спроса.          У2С1С2. Конкурентные исследования могут обладать более точными данными и позволяют эффективнее модернизировать системы.</p>	<p><b>Слабые стороны и угрозы:</b>          У2Сл2Сл3Сл4 – конкурентные исследования могут быть проведены с более высокой точностью и обладать более низкой стоимостью и сложностью модернизации;          У4Сл1 – снижение бюджета может быть обусловлено невозможностью проверить результаты исследования на практике;          У4Сл2Сл3Сл5 – недостаточная точность расчетов может быть обусловлена влиянием на точность расчетов упрощений и допущений, а также неверным определением причин исследуемой проблемы.</p>
--	--	---

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

#### 4.5 Планирование управления исследовательским проектом

##### 4.5.1 План проекта

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Порядок этапов работ

Основные этапы	№	Содержание	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1		Руководитель, дипломник
Выбор направления исследования	2	Выбор направления исследования	Дипломник
	3	Подбор и изучение литературы	Дипломник
	4	Календарное планирование	Руководитель, дипломник

## Продолжение таблицы 7

Теоретические и экспериментальные исследования	5	Поиск технических решений усовершенствования компрессорной станции	Дипломник
	6	Проведение теоретических расчётов и обоснований	Дипломник
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка результатов исследований	Руководитель, дипломник
Оформление отчёта по исследовательской работе	8	Составление пояснительной записки	Дипломник

### 4.5.2 Определения 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  $t_{ож\ i}$  используется следующая формула:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min\ i} + 2t_{\max\ i}}{5}, \quad (61)$$

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

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

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

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

составляет около 65%.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (62)$$

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

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

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

#### 4.5.3 Разработка графика проведения исследования

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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (63)$$

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

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

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (64)$$

где  $T_{кал}$  – количество календарных дней в году; ( $T_{кал} = 366$ );

$T_{вых}$  – количество выходных дней в году; ( $T_{вых} = 104$ );

$T_{пр}$  – количество праздничных дней в году. ( $T_{пр} = 15$ );

$$k_{кал} = \frac{366}{366 - 104 - 15} = 1,48.$$

Все рассчитанные значения приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Временные показатели проведения исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{min}$ , чел.-дни.	$t_{max}$ , чел.-дни.	$t_{ожі}$ , чел.-дни.			
Разработка технического задания	1	3	2	Руководитель, Дипломник	1	1
Выбор направления исследования	5	10	7	Дипломник	7	10
Подбор и изучение литературы	8	15	11	Дипломник	11	16
Календарное планирование	1	2	1	Руководитель, Дипломник	1	1
Поиск технических решений для усовершенствования компрессорной станции	10	20	14	Дипломник	14	21
Проведение теоретических расчетов и обоснований	7	12	9	Дипломник	9	13
Оценка результатов исследования	3	7	5	Руководитель, Дипломник	2	3
Составление пояснительной записки	5	10	7	Дипломник	7	10

На основании таблицы 8 построим диаграмму Ганта (таблица 9), представляющую из себя ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения работ.

Таблица 9 – Календарный план-график проведения работ по теме

№	Вид работ	Исполнители	T <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				февр.			Март			апрель			май			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление ТЗ	Руководитель, Дипломник	1	■												
2	Выбор напр. исслед.	Дипломник	10	▨	▨											
3	Изучение литературы	Дипломник	16		▨	▨										
4	Календар. план.	Руководитель, Дипломник	1				■									
5	Поиск тех. решений	Дипломник	21				▨	▨	▨							
6	Провед. теор. расч.	Дипломник	13						▨	▨						
7	Оценка результатов	Руководитель, Дипломник	3								■					
8	Сост. пояс. записки	Дипломник	10									▨	▨			



Дипломник



Руководитель

#### 4.5.4 Бюджет проекта

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

- материальные затраты;
- затраты на специальное оборудование для выполняемых работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи

#### 4.5.5 Расчет материальных затрат

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi}, \quad (65)$$

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

$N_{расxi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

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

Величина коэффициента ( $k_T$ ), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, занесены в таблицу 10.

Таблица 10 – Материальные затраты

Наименование затрат	Единица измерений	Кол-во	Цена за единицу, руб	Сумма, руб
Бумага для принтера	уп.	1	300	300
Ручка	шт.	2	20	40
Карандаш	шт.	2	10	20
USB-флеш-накопитель	шт.	1	300	300
<b>Итого:</b>				<b>660</b>

#### 4.5.6 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.

За основу оклада берется ставка работника ТПУ, согласно занимаемой должности. Руководитель (старший преподаватель) – 26050 руб., для исполнителя (студента) – 12130 руб. Расчет основной заработной платы сводим в таблице 11.

Таблица 11 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	З <sub>б</sub> , руб.	$k_p$	З <sub>м</sub> , руб	З <sub>дн</sub> , руб.	T <sub>p</sub> , раб.дн.	З <sub>осн</sub> , руб.
Руководитель	26050	1,3	33865	1361,41	4	5445,64
Дипломник	12130	1,3	15769	937,13	52	48730,76

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

$$C_{zn} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (66)$$

где  $Z_{осн}$ ,  $Z_{доп}$  – основная и дополнительная заработная плата.

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (67)$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 8);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:



$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (68)$$

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;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн. (таблица 12).

Таблица 12 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Дипломник
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней – выходные дни – праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени – отпуск – невыходы по болезни	48	72
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	175

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10–15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (69)$$

где  $Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата, руб;  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной зарплаты (0,15);  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, руб.

В таблице 13 приведена форма расчета основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 13 – Заработная плата исполнителей

Заработная плата	Руководитель	Дипломник
Основная зарплата	5445,64	48730,76
Дополнительная зарплата	816,85	7309,61
Итого по статье $C_{зп}$	6262,49	56040,37

#### 4.5.7 Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений по внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = K_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{дол}), \quad (70)$$

где  $k_{внеб} = 30,2\%$  коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Отчисления во внебюджетные фонды приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Отчисления во внебюджетные фонды

	Руководитель	Дипломник
Зарплата	6262,49	56040,37
Отчисления во внебюджетные фонды	1891,27	16924,23

#### 4.5.8. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей}) \cdot k_{нр}, \quad (71)$$

где  $k_{нр}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы (величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%).

$$Z_{накл} = 81778,36 \cdot 0,16 = 13084,54$$

#### 4.5.9 Формирование бюджета затрат исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта.

Таблица 15 – Расчет бюджета затрат

Наименование статьи	Сумма, руб.
	Исп 1
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	54176,4
2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	8126,46
3. Отчисления во внебюджетные фонды	18815,5
4. Материальные затраты	660
5. Накладные расходы	13084,54

В данной разделе планирования исследовательской работы была создана структура необходимой работы, проанализирована трудоёмкость выполняемых работ, построен план-график проведения работы, рассчитан необходимый бюджет для выполнения исследовательской работы, а также заработная плата исполнителям работ и отчисления во внебюджетные фонды, так и прочие расходы, составлен бюджет затрат на исследовательскую работу.

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Интегральный показатель финансовой эффективности исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения исследования.

Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносится

финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\phi_{pi}}{\phi_{max}}, \quad (72)$$

где  $I_{финр}^{исп.i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;  $\phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;  $\phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{94202,9}{94202,9} = 1;$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля) [10].

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i ; \quad (73)$$

$a_i$  – весовой коэффициент разработки;

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

Таблица 16–Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Способствует росту производительности труда	0,20	5	5
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	4
3. Ремонтнопригодность	0,10	4	4
4. Энергосбережение	0,15	5	4
5. Надежность	0,25	5	4
6. Материалоемкость	0,15	4	3
ИТОГО:	1	27	24

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p = 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,10 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 = 4,6;$$

$$I_p = 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,10 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 = 4,1$$

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

$$I_{исп1} = \frac{I_p}{I_{финр}} = \frac{4,6}{1} = 4,6$$

$$I_{исп2} = \frac{I_p}{I_{финр}} = \frac{4,1}{1} = 4,1$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}} = \frac{4,6}{4,1} = 1,12$$

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп2}}{I_{исп2}} = \frac{4,1}{4,1} = 1$$

Таблица 17 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,6	4,1
3	Интегральный показатель эффективности	4,6	4,1
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,12	1

#### **4.7 Вывод по разделу**

В ходе выполнения данной работы были рассмотрены следующие вопросы: составление календарного плана проект, на основании которого была построена диаграмма Ганта; определение бюджета проекта.

Учитывая показатели ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности, целесообразно для проведения исследования будет выбрать исполнения 1, АВО с одним вентилятором, т.к. его достаточно для выполнения задач и, по сравнению с вариантом с двумя вентиляторами, требуется меньше металла на изготовление, лучшая надёжность, меньше затраты на электроэнергию.

В ходе выполнения данной части выпускной работы была доказана конкурентоспособность данного технического решения, был произведён SWOT-анализ. Также был посчитан бюджет равный 94202,9 руб.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Б6Е	Джаладинов Тимур Рашидович

<b>Школа</b>	Инженерная школа природных ресурсов	<b>Отделение (НОЦ)</b>	Отделение нефтегазового дела
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	21.03.01 «Нефтегазовое дело»

Тема ВКР:

<b>Повышение надёжности работы участка комплексной подготовки газа путём модернизации оборудования</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: аппаратвоздушного охлаждения газа Область применения: компрессорные станции
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	1. Трудовой кодекс РФ; 2. ГОСТ 12.2.032-78; 3. ГОСТ Р 50923-96; 4. ГОСТ 22269-76; 5. ГОСТ 21899-76; 6. ГОСТ 21958-76.
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	1. Загазованность воздуха рабочей зоны; 2. Повышенный уровень вибрации; 3. Повышенный уровень шума; 4. Недостаточная освещённость; 5. Отклонение показателей микроклимата.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Атмосфера: выброс газа; Гидросфера: производственные стоки; Литосфера: загрязнение почвы твёрдыми отходами..
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	1. Возгорание ГСМ; 2. Разгерметизация системы. 3. Аварийная остановка при превышении уровня вибрации 4. Аварийная остановка при превышении температуры газа 5. Стихийные бедствия Наиболее типичная ЧС: Разгерметизация системы

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	29.02.2020
---	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна	-		29.02.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6Е	Джаладинов Тимур Рашидович		29.02.2020



## **5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

Процессы компримирования и осушки газа являются взрывопожароопасными. Разгерметизация оборудования и трубопроводов ведет к выбросу легковоспламеняющихся жидкостей и газов в производственные помещения и на территорию промышленного объекта с возможностью последующего воспламенения или взрыва.

Основными взрыво-и пожароопасными, вредными и токсичными веществами, находящимися в производстве, являются попутный нефтяной газ, углеводородный конденсат, химические реагенты, которые представляют опасность для обслуживающего персонала, населения и окружающей среды.

При эксплуатации аппаратов воздушного охлаждения представляет опасность высокое напряжение электрического тока, подаваемого на электродвигатели.

Ошибки персонала представляют особую опасность при пуске и остановке оборудования, ведении ремонтных и профилактических работ, связанных с неустойчивыми переходными режимами, с освобождением и заполнением оборудования опасными веществами. В случае неправильных действий обслуживающего персонала существует возможность травматизма персонала, разгерметизации системы и возникновения аварии.

В качестве оборудования и вероятного места использования рассматривается аппарат воздушного охлаждения газа на компрессорных станциях северных районов Западной Сибири.

В качестве персонала рассматривается машинист технологических компрессоров, который следит за показаниями приборов на пульте, осуществляет контроль за техническим процессом и поддерживает технологическое оборудование в рабочем состоянии.

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Работа машиниста в основном ведётся вахтовым методом и возможна в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях. Особенности регулирования труда указаны в главах 47, 50 ТК РФ [11]. Рабочие смены

машиниста длаться по 12 часов, так как необходим постоянный контроль за состоянием оборудования. Не допускаются к работе лица, не имеющие соответствующих допусков.

В соответствии со статьей 221 ТК РФ работникам, занятым на работах с вредными и опасными условиями труда, выдается сертифицированная специальная одежда и другие средства индивидуальной защиты.

В соответствии со статьей 215 ТК РФ средства индивидуальной и коллективной защиты работников, производственное оборудование и технологические процессы должны соответствовать государственным нормативным требованиям охраны труда и иметь декларацию о соответствии и (или) сертификат соответствия.

В соответствии со статьей 183 и 184 ТК РФ работникам (семьям) выплачиваются пособия и компенсации в случае получения им физического ущерба или смерти, т.к. работы на нефтяных и газовых промыслах являются вредными и опасными для здоровья.

Машинист контактирует с нефтегазовым оборудованием, которое должно отвечать требованиям надёжности и безопасности. Конструкция оборудования должна содержать защитные средства, и обеспечивать удобное выполнение трудовых обязанностей для того, чтобы обеспечить устранение или снижение опасных и вредных факторов до соответствующих значений.

Рабочее место машиниста, а также компоновка рабочей зоны исследователя в положении сидя должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78 [12].

Согласно ГОСТ Р 50923-96 [13] и ГОСТ 22269-76 [14] рабочее место работника с дисплеем должно обеспечивать возможность удобного выполнения работ в положении сидя. Оно должно соответствовать требованиям к производственной среде: уровню освещённости, шума, микроклимата. Органы управления должны быть сгруппированы и располагаться в зоне лёгкой досягаемости. Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов должны соответствовать антропометрическим физиологическим и

психологическим требованиям, а также характеру работы. Кресло должно соответствовать требованиям, предъявляемым в ГОСТ 21899-76 [15] и обеспечивать рациональную рабочую позу, не затрудняя рабочих движений. Сама операторная и взаимное расположение рабочих мест должно соответствовать требованиям ГОСТ 21958-76 [16].

## 5.2 Производственная безопасность

Идентификация потенциальных опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ) проводится с использованием ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [17]. Основные виды ОВПФ, в зависимости от их источников и уровня воздействия на рабочих местах указаны в таблице 18.

Таблица 18 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ		Нормативные документы
	Изготов- ление	Эксплу- атация	
Загазованность воздуха рабочей зоны	+	+	ГН 2.2.5.1313-03[18] ГОСТ 12.1.005- 88[19]
Повышенный уровень вибрации	+	+	СН 2.2.4/2.1.8.556-96 [20] ГОСТ 12.1.012-90 [21]
Повышенный уровень шума	+	+	СН 2.2.4/2.1.8.562-96[22] ГОСТ 12.1.003-83[23]
Недостаточная освещённость	+	+	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278- 03[24]
Отклонение показателей микроклимата	+	+	ГОСТ 12.1.005-88[25] СанПиН 2.2.4.3359-16[26] СанПиН 2.2.4.548-96[27] СП 60.13330.2016[28]

### **5.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов**

**Загазованность воздуха рабочей зоны.** Обслуживание и эксплуатация АВО сопряжена с риском воздействия вредных для организма веществ: попутный нефтяной газ, углеводородный конденсат, химические реагенты.

Все летучие соединения углеводородов оказывают неблагоприятное воздействие на нервную систему, а при длительном воздействии малых доз развиваются нарушения различных систем организма. Оксиды и диоксиды в больших концентрациях вызывают нарушения дыхательной и кровеносной систем, удушье.

Предельно допустимые концентрации веществ согласно ГН 2.2.5.1313-03: метан – 7000 мг/м<sup>3</sup>, остальные предельные углеводороды – 300 мг/м<sup>3</sup>, диоксид азота – 2 мг/м<sup>3</sup>, метанол – 5 мг/м<sup>3</sup>, оксид углерода – 20 мг/м<sup>3</sup>, диоксид углерода – 9000 мг/м<sup>3</sup>.

Предполагаемыми средствами защиты являются: контроль за уровнем загазованности установка систем обнаружения утечек газов и паров, установка вытяжной вентиляции помещений, противогазы.

**Повышенный уровень вибраций.** Дисбаланс в технической системе (вентиляторе) создаёт сильные вибрации, которые воздействуют на персонал.

Воздействие вибрации приводит к заболеваниям суставов и мышц, нарушению двигательных рефлексов организма. Длительное воздействие вибрации ведет к развитию профессиональной вибрационной болезни.

Согласно ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ предельно допустимым уровнем вибрации на рабочих местах является 112 дБ локальная, 92 дБ общая для категории 3 «а».

Предполагаемыми средствами защиты являются: размещение АВО таким образом, чтобы воздействие вибрации на персонал было минимальным, выбор машины с наименьшей вибрацией, использование резиновых прокладок в блоке установки двигателя.

**Повышенный уровень шума.** Источниками шума и вибрации является аппарат воздушного охлаждения (осевой вентилятор и электродвигатель) и

газоперекачивающий агрегат. Частота вращения вентилятора может превышать 1000 об/мин, что значительно повышает шум движущихся узлов.

В зависимости от длительности и интенсивности шумового воздействия происходит снижение чувствительности органов слуха и временным или постоянным снижением порога слышимости.

Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 предельно допустимым уровнем шума на рабочих местах является 80 дБА.

Предполагаемыми средствами защиты являются: применение звукоизолирующего кожуха на АВО, применение персоналом наушников.

**Недостаточная освещённость.** Недостаточное освещение рабочего места вызвано недостаточным количеством или отсутствием источников искусственного и естественного освещения (окон, ламп, светильников, прожекторов).

Недостаточное освещение рабочего места затрудняет длительную работу, вызывает повышенное утомление и способствует развитию близорукости. Слишком низкие уровни освещенности вызывают апатию и сонливость. Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения сопровождается нарушением и снижением интенсивности обмена веществ в организме.

Необходимыми для зрительного комфорта условиями являются достаточное однородное освещение с оптимальной яркостью и отсутствием бликов.

Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 нормы естественного, искусственного и совместного освещения представлены в таблице 19.

Таблица 19 - Нормы естественного, искусственного и совместного

освещения.

Помещения	Естественное освещение		Совместное освещение		Искусственное освещение				
	КЕО $e_k$ , %		КЕО $e_k$ , %		Освещённость, лк			Показатель дискомфорта, М, не более	Коэффициент пульсации $K_{п}$ , % не более
	При верхнем или комбинированном	При боковом	При верхнем или комбинированном	При боковом	При комбинированном	При общем			
					Всего		От общего		
Рабочие комнаты	3,0	1,0	1,8	0,6	400	200	300	40	15
Проектные залы	4,0	1,5	2,4	0,9	600	400	500	40	10
Ремонтные мастерские	-	-	3,0	1,2	750	200	300	40	15/20

Предполагаемыми средствами защиты являются: установка люминесцентных ламп, мачт освещения, использование портативных источников освещения.

**Отклонение показателей микроклимата.** Одним из основных факторов, оказывающим влияние на работоспособность и здоровье человека является состояние микроклимата производственных помещений. Микроклимат характеризуется следующими параметрами: температурой, относительной влажностью, а также интенсивностью теплового излучения от нагретых поверхностей.

Длительное воздействие на человека неблагоприятных условий резко ухудшает его самочувствие, снижает производительность труда и приводит к заболеваниям.

Высокая температура воздуха способствует быстрой утомляемости работающего, может привести к перегреву организма, тепловому удару или профзаболеваниям.

Низкая температура может вызвать местное или общее охлаждение

организма, стать причиной простудного заболевания либо обморожения.

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности в рабочей зоне производственных помещений представлены в таблице 20.

Таблица 20 - Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности в рабочей зоне производственных помещений.

Период года	Категория работ	Температура, °С			Относительная влажность, %	
		оптимальная	допустимая		оптимальная	Допустимая
			Верхняя граница	Нижняя граница		
Холодный	Легкая 1б	21-23	25	17	40-60	75
	Средней тяжести 2а	18-20	24	15	40-60	75
Тёплый	Легкая 1б	22-24	30	19	40-60	60
	Средней тяжести 2а	21-23	29	17	40-60	65

Согласно СанПиН 2.2.4.3359-16 Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела рабочих от производственных источников, нагретых до температуры не более 600<sup>0</sup>С представлены в таблице 21.

Таблица 21 - Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела рабочих от производственных источников, нагретых до температуры не более 600<sup>0</sup>С.

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м <sup>2</sup> , не более
50 и более	35
25-50	70
Не более 25	100

Предполагаемыми средствами защиты являются: специальная одежда для различных периодов года, обогрев и вентиляция помещений;

**Загазованность воздуха рабочей зоны.** Обслуживание и эксплуатация АВО сопряжена с риском воздействия вредных для организма веществ: попутный нефтяной газ, углеводородный конденсат, химические реагенты.

Все летучие соединения углеводородов оказывают неблагоприятное воздействие на нервную систему, а при длительном воздействии малых доз развиваются нарушения различных систем организма. Оксиды и диоксиды в больших концентрациях вызывают нарушения дыхательной и кровеносной систем, удушье.

Предельно допустимые концентрации веществ согласно ГН 2.2.5.1313-03: метан – 7000 мг/м<sup>3</sup>, остальные предельные углеводороды – 300 мг/м<sup>3</sup>, диоксид азота – 2 мг/м<sup>3</sup>, метанол – 5 мг/м<sup>3</sup>, оксид углерода – 20 мг/м<sup>3</sup>, диоксид углерода – 9000 мг/м<sup>3</sup>.

Предполагаемыми средствами защиты являются: контроль за уровнем загазованности установка систем обнаружения утечек газов и паров, установка вытяжной вентиляции помещений, противогазы.

#### **5.4 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работающего**

Для предотвращения выбросов в атмосферу проводят полную герметизацию оборудования для сбора и транспортировки газа, осуществляют контроль швов сварных соединений трубопроводов, проводят защиту оборудования от коррозии. Чистота атмосферного воздуха обеспечивается путем сокращения выбросов газов и обезвреживанием выбросов, содержащих вредные вещества при помощи фильтров и рассеиванием. ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны и воздухе населённых пунктов указаны в ГН 2.2.5.3532–18 [29] и ГН 2.1.6.3492-17 [30].

Т.к. обслуживание и эксплуатация АВО производится на пожаро- и взрывоопасных объектах, то необходимо соблюдение всеми работниками



требований пожарной безопасности при проведении работ. Обслуживающий персонал должен быть обучен, проинструктирован и аттестован в соответствии с требованиями нормативных документов в области промышленной безопасности и охраны труда. Планы ликвидации аварий вместе с необходимыми приложениями к ним должны находиться на рабочих местах, обслуживающий персонал должен быть ознакомлен с ними. Знание плана ликвидации аварий проверяется во время учебных и тренировочных занятий с персоналом. Все установки, мастерские и другие объекты должны иметь инструкции по охране труда и промышленной безопасности по профессиям и видам работ. Инструкции по охране труда и промышленной безопасности должны находиться в производственных помещениях.

Работники должны быть ознакомлены с технологической схемой установки, технологическим регламентом, планом ликвидации аварий.

Все электрооборудование в пределах взрывоопасной зоны должно быть взрывозащищенным в соответствии с категорией и группой взрывоопасной смеси.

Все токоведущие части электрооборудования должны быть заземлены.

## **5.5 Экологическая безопасность**

**Защита селитебной зоны.** При строительстве компрессорных станций, в которых для охлаждения и конденсации газа используются АВО, учитываются нормы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 [31]. Согласно данному документу, производство газов (нефтяного) относится ко 2-му классу, для которого санитарно-защитная зона составляет 500м.

**Защита атмосферы.** АВО использует в качестве охлаждаемого продукта попутный нефтяной газ, который представляет собой смесь продуктов сгорания, которые содержат продукты полного и неполного сгорания: угарный и углекислый газы, окислы азота и серы, несгоревшие углеводороды, загрязняющие атмосферу и наносящие вред здоровью человека, попадая в органы дыхания. Для снижения концентрации вредных веществ необходима

более тщательная подготовка топливного газа и фильтрация выбросов.

**Защита гидросферы.** В процессе производственной деятельности образуются производственно-дождевые стоки. В связи с высокой минерализацией и загрязненностью нефтепродуктами стоки подвергаются очистке. АВО использует в качестве дополнительного охлаждения в тёплый период года подготовленную воду в оросительных системах, водозабор происходит из скважин или ближайших водоёмов. Для снижения водозабора и отходов следует повторно применять воду.

**Защита литосферы.** Работа АВО подразумевает осуществление регулярного технического обслуживания. Замена отработавших материалов и узлов приводит к образованию твердых отходов производства (металлолом черный и цветной, бытовой и технический мусор). Необходимо накапливать отходы на специальной площадке и затем передавать специализированной организации на переработку и утилизацию.

## **5.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Возможные ЧС на объекте:

- возгорание ГСМ;
- разгерметизация системы;
- аварийная остановка при превышении уровня вибрации;
- аварийная остановка при превышении температуры газа;
- стихийные бедствия.

Наиболее типичной ЧС является разгерметизация системы. Для предотвращения утечек АВО снабжен средствами измерения и контроля загазованности, имеет защитные блокировки, обеспечивающие отключение агрегата при возникновении внештатных ситуаций. Для уменьшения риска возникновения данной ЧС необходимо выполнение регламентированных мер по подготовке, включению и эксплуатации АВО. Регулируется давление в агрегате сбросным клапаном, проверяются защиты и блокировки, сварные швы и соединения муфт. При возникновении аварийной ситуации в аппарате

воздушного охлаждения и невозможности восстановления режима необходимо произвести разгрузку секции и отключить АВО. Выяснить причину ЧС, в случае необходимости произвести ремонт или замену оборудования. Причинами разгерметизации могут быть неплотности муфтовых соединений, сварных соединений, нарушение целостности труб в результате коррозии.

### **5.7 Выводы по разделу**

В данном разделе были рассмотрены специальные нормы трудового законодательства, которые характерны для лиц, работающих на компрессорных станциях, в частности с аппаратами воздушного охлаждения.

Проанализированы потенциально вредные и опасные факторы при разработке, изготовлении и эксплуатации АВО, а также мероприятия по их устранению. Изучены вопросы влияния на экологическую безопасность и рассмотрены возможные ЧС и мероприятия по минимизации рисков возникновения наиболее вероятной.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В выпускной квалификационной работе было рассмотрено основное оборудование участка комплексной подготовки газа. Рассмотрены основные типы аппаратов воздушного охлаждения газа и их особенности. Проведён подбор и расчёт аппарата воздушного охлаждения зигзагообразного типа под конкретные условия технологического процесса с целью замены существующего.

Данная замена позволит сократить необходимое пространство для установки аппарата воздушного охлаждения, уменьшить затраты на электроснабжение и обслуживание аппаратов, позволяет увеличить надёжность и эффективность при неизменных параметрах технологического процесса, т.к. уменьшается количество электродвигателей и вентиляторов.

Также была рассчитана стоимость выполненных работ, материальных ресурсов на данное исследование, доказана конкурентоспособность применяемого решения.

Были рассмотрены меры производственной безопасности, которые позволяют избежать наступления вредных и опасных производственных факторов, в процессе изготовления и эксплуатации аппарата воздушного охлаждения. Также были рекомендованы мероприятия по их устранению

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Добыча природного и нефтяного газа [Электронный ресурс]. – URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1215>
2. Об отрасли [Электронный ресурс]. – URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1156>
3. Компрессорная станция магистральных газопроводов [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.turbunist.ru/31606-kompressornaya-stanciya.html>
4. Газоперекачивающий агрегат [Электронный ресурс]. – URL: <https://neftegaz.ru/tech-library/transportirovka-i-khranenie/141724-gazoperekachivayushchiy-agregat-gpa/>
5. Быков Ю.А. Расчёт абсорбционной установки: курсовой проект/ Быков Ю.А.; Павлодарский государственный университет (ПГУ), – Павлодар, 2009.
6. Кунтыш В.Б Основы расчёта и проектирования теплообменников воздушного охлаждения /В.Б. Кунтыш А.Н. Бессонный [и др.] // Справочник Спб.: Недра, 1996. – 512 с.
7. Модернизация вентиляторов АВО газа при реконструкции КС [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.turbunist.ru/80-modernizacija-ventiljatorov-avo-gaza-pri.html>
8. ГОСТ Р 51364–99 Аппараты воздушного охлаждения. Общие технические условия.
9. Шмурыгин Р. В. Разработка системы воздушного охлаждения газа на компрессорной станции : дипломный проект / Р. В. Шмурыгин ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт природных ресурсов (ИПР), Кафедра теоретической и прикладной механики (ТПМ) ; науч. рук. Л. А. Саруев. — Томск, 2016.
10. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова [и др.]; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

11. Трудовой Кодекс – ТК РФ.
12. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
13. ГОСТ Р 50923-96 Дисплей. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения.
14. ГОСТ 22269-76 Система "Человек-машина". Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.
15. ГОСТ 21889-76 Система "Человек-машина". Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования.
16. ГОСТ 21958-76 Система "Человек-машина". Зал и кабины операторов. Взаимное расположение рабочих мест. Общие эргономические требования.
17. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
18. ГН 2.2.5.1313-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
19. ГОСТ 12.1.005-88 (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
20. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы
21. ГОСТ 12.1.012-90 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования.
22. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы.
23. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.
24. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и

общественных зданий.

25. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).  
Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

26. СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к  
физическим факторам на рабочих местах.

27. СанПиН 2.2.4.548-96. Санитарные правила и нормы.

28. СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование  
воздуха.

29. ГН 2.2.5.3532-18 Предельно допустимые концентрации (ПДК)  
вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

30. ГН 2.1.6.3492-17 Предельно допустимые концентрации (ПДК)  
загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений.

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