

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

Инженерная школа новых производственных технологий
Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера
Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
Профиль Машины и аппараты химических производств

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Модернизация основного производственного оборудования компрессорной станции обратной закачки газа в пласт

УДК 005.936.31-048.35:622.276.41

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К41	Рамазанов Салават Зайнитдинович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Беляев В. М.	к. т. н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Подопригора И. В	к. э. н. доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова О. А			

По разделу «Механический расчет оборудования»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Беляев В.М.	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Беляев В.М.	к.т.н., доцент		

Томск – 2019 г.

Запланированные результаты обучения по ООП 18.03.02 выпуска 2019 г.

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р1	Применять базовые математические, естественнонаучные, социально-экономические и специальные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОПК-1,2,3; ПК-8,10,11,12; ОК-1,2,3,4), Критерий 5 АИОР (п.1.1)
Р2	Применять знания в области энерго-и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии для решения производственных задач	Требования ФГОС (ОПК-1,2; ПК-1,3,,9; ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2)
Р3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.	Требования ФГОС (ОПК-2; ПК-2,4,5,16; ОК-5,7), Критерий 5 АИОР (пп.1.2)
Р4	Проектировать и использовать энерго-и ресурсосберегающее оборудование химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ОПК – 1; ПК-2,4,5,8,17,18; ОК-3,4), Критерий 5 АИОР (п.1.3)
Р5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области энерго-и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ОПК -2,3; ПК-13,14,15; ОК-7), Критерий 5 АИОР (п.1.4)
Р6	Осваивать и эксплуатировать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ОПК – 3; ПК-1,4,6,7,9,10,11; ОК-9), Критерий 5 АИОР (п.1.5)
<i>Общекультурные компетенции</i>		
Р7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,6), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5)
Р8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-7), Критерий 5 АИОР (2.6)
Р9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-5) , Критерий 5 АИОР (п.2.2)
Р10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-4,6,8) , Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3)

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

Школа ИШНПТ

Направление подготовки (специальность) Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
Отделение школы (НОЦ) Н.М. Кижнера

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
3-2К41	Рамазанову Салавату Зайнитдиновичу

Тема работы:

Модернизация основного производственного оборудования компрессорной станции обратной закачки газа в пласт
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Вертикальный газовый сепаратор.
Производительность по газу: 15000 нм³/ч
Температура среды: 12°С
Давление в аппарате: 0,7 МПа
Материал: 09Г2С
Режим работы: непрерывный
Требования к эксплуатации и обслуживанию:
простота ремонта и обслуживания

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Введение. Обзор литературы. Описание технологической схемы. Технологический расчет. Механический расчет. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Социальная ответственность. Заключение.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Лист 1. Технологическая схема. Лист 2. Общий вид сепаратора. Лист 3. Выносные элементы сепаратора</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Немцова О.А.</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Подопригора И.В.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Беляев Василий Михайлович	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К41	Рамазанов Салават Зайнитдинович		

Реферат

Выпускная квалифицированная работа состоит из 78 страниц, 14 рисунков, 37 источников информации, 4 листов графического материала.

Ключевые слова: сепаратор, конденсат, газ, прочность, устойчивость.

Объектом исследования является компрессорная станция обратной закачки газа в пласт и входящая в ее состав установка подготовки топливного газа Верхнечонского нефтегазоконденсатного месторождения, производительностью 15 тыс. м³/ч

Цель работы: модернизация вертикального газового сепаратора установкой центробежных сепарационных элементов.

Проведен технологический и механический расчет.

Проведен расчет толщины стенки аппарата и эллиптических крышек, укреплений отверстий, фланцевых соединений и опор.

В результате расчетов выявлена возможность использования центробежных сепарационных элементов в сепараторе диаметром 1,2 м и высотой 5,1 м. Использование данного сепаратора позволяет эффективнее производить очистку газа от капельно-аэрозольной жидкости (до 5 мг/м³) размером до 10 мкм. Эффект от модернизации повышает срок службы входящего в состав установки компрессорного оборудования за счет улучшения процесса очистки газа от жидкости.

Рассчитаны затраты на модернизацию, а также произведен расчет экономического эффекта.

В работе рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при проведении работ по модернизации, а также в процессе эксплуатации. Выявлены вредные и опасные производственных факторы, с которыми можно столкнуться при работе с аппаратом, проведен их анализ. Так же обоснованы мероприятия по устранению этих факторов. Рассмотрены экологические риски и предложены мероприятия по недопущению негативного воздействия на окружающую среду. Определены вероятные сценарии развития аварийных ситуаций и разработан комплекс мер по их устранению.

Данный проект и расчеты выполнены соответственно в «Microsoft Word», «Mathcad» и «Autodesk Autocad».

Abstract

The final qualified work consists of 78 pages, 14 drawings, 37 sources of information, 4 graphic materials.

Keywords: separator, condensate, gas, strength, resilience.

The object of the research is a compressor station for gas re-injection into the reservoir and a fuel gas treatment unit of the Verkhnechonsk oil and gas condensate field with a capacity of 15 thousand m³/h

Objective: modernization the vertical gas separator by installing centrifugal separation elements.

Performed technological and mechanical calculation.

As a result of the calculations, the possibility of using centrifugal separation elements in a separator with a diameter of 1.2 m and a height of 5.1 m was revealed. The use of this separator makes it possible to more efficiently clean the gas from a droplet-aerosol liquid (up to 5 mg / m³) with a size of up to 10 microns. The effect of modernization increases the service life of the compressor equipment included in the installation by improving the process of gas cleaning from liquid.

The costs of modernization are calculated, and the economic effect is calculated.

The paper discusses the legal and organizational issues of security during the modernization work, as well as during operation. Identified harmful and dangerous production factors that can be encountered when working with the device, carried out their analysis. Also justified measures to eliminate these factors. Considered environmental risks and proposed measures to prevent a negative impact on the environment. Probable scenarios for the development of emergency situations were identified and a set of measures was developed to eliminate them.

This project and calculations are performed respectively in « Microsoft Word », « Mathcad » and « Autodesk Autocad »

Содержание

Введение.....	9
1 Литературный обзор.....	11
2 Описание технологического процесса и технологической схемы производственного объекта.....	14
2.1 Описание технологической схемы процесса УПКГ.....	14
3 Расчет сепаратора.....	22
3.1. Технологический расчет.....	22
3.2 Механический расчет.....	24
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	58
5 Социальная ответственность при выполнении работ.....	65
Заключение.....	77
Список использованных источников.....	78

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Рамазанов С.З.			<i>Пояснительная записка</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		Беляев В.М.					8	77
<i>Реценз.</i>						<i>3-2К31</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Утверд.</i>								

Введение

В данной работе рассматривается объект – компрессорная станция обратной закачки газа в пласт Верхнечонского нефтегазоконденсатного месторождения, расположенного на территории Катангского района Иркутской области в 250 км севернее города Киренска, в 120 км юго-восточнее п. Ербогачен и в 400 км северо-восточнее г. Усть-Кут.

Месторождение расположено в труднодоступной, практически незаселенной местности. Ближайшим населенным пунктом является п. Преображенка. Транспортная сеть представлена зимниками и водными путями в период высокой воды.

Климат района характеризуется резко континентальный, который проявляется в очень низких зимних и высоких летних температурах.

Согласно данным из технической документации, на месторождении складываются следующие температурно-климатические условия:

Абсолютная минимальная температура составляет минус 58 °С;

Абсолютная максимальная температура – плюс 39 °С;

Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,98 – минус 51 °С.

Основным продуктом установки подготовки нефти (УПН-1) на Верхнечонском нефтегазоконденсатном месторождении является нефть 1 группы качества по ГОСТ 51858-2002. Попутная продукция УПН-1- газ углеводородный.

Производственная программа АО «ВЧНГ» по направлению деятельности «Подготовка нефти» предусматривает достижение суммарной производственной мощности существующих и вновь проектируемых объектов 7,5 млн. т/год по товарной нефти.

Для реализации этой программы предусматривается поэтапное введение в эксплуатацию четырех пусковых комплексов, в число которых входит строительство газокomppressorных станций высокого и низкого давления, установки подготовки топливного газа, а также установки осушки газа.

Технология подготовки попутного нефтяного газа по проектной документации полномасштабной разработки включает следующие стадии:

- предварительное компримирование попутного нефтяного газа низкого давления, поступающего с сепараторов первой и второй ступени подготовки нефти и из дегазатора углеводородного конденсата;
- трехступенчатое сжатие газа, поступающего от блока подготовки газа, сепараторов первой ступени ОРН, от входных сооружений и компрессора НД;

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- абсорбционную осушку газа после второй ступени сжатия;
- подачу подготовленного газа на закачку в пласт;
- индивидуальную подготовку низконапорного попутного нефтяного газа, используемого для собственных нужд.

Целью данного дипломного проекта является модернизация установки подготовки топливного газа компрессорной станции обратной закачки газа в пласт.

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 Литературный обзор

1.1 Описание процесса сепарации

Сепарация – отделение легких фракций из нефти однократным или многократным испарением при понижении давления. Иногда для наиболее полного и быстрого извлечения необходимо предварительно нагреть нефть. Нефть нагревается путем пропускания ее через печи.

Наибольшее распространение среди аппаратов в объектах сбора, подготовки нефти и газа получили сепараторы. Эти аппараты применяются для отделения жидкости от газа, газа от жидкости, а также для разделения нескольких жидких фаз, различных плотностями.

По характеру действующих сил сепараторы разделяются на:

- Гравитационные, разделение происходит из-за разной плотности жидкостей, газов или твердых частиц газа.
- Насадочные сепараторы, разделение происходит за счет инерции и силы тяжести.
- Центробежные, разделение происходит за счет центробежных и инерционных сил.

По форме и положению в пространстве сепараторы разделяются на: сферические, цилиндрические вертикальные, цилиндрические горизонтальные.

Существует большое количество сепараторов разных конструкций, но все они, как правило, состоят из следующих секций.

Основная сепарационная секция.

Предназначена для отделения основной части жидкости (газового конденсата, нефти, воды) от входящего в аппарат газожидкостного потока. Для обеспечения эффективной предварительной сепарации и равномерного распределения потока по всему аппарату применяют следующие конструктивные устройства:

- Тангенциальный ввод потока, при таком вводе жидкость отбрасывается к стенкам сосуда под действием центробежной силы и стекает по ней, в то время как газ, распределяется по сечению аппарата и выводится;
- Отражательные устройства, устанавливаются в месте входа смеси в сепаратор;
- Встроенный циклон, устанавливается в месте входа смеси в сепаратор;

Конструкции, которые позволяют осуществить отдельный ввод газа и жидкости в сепаратор

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Секция сбора жидкости.

Предназначена для сбора конденсата. Для сепараторов, в которых разделяются газ и легкие углеводороды, содержащиеся в жидкой фазе, объем данной секции выбирают так, чтобы он позволил удержать отсепарированную жидкость в течение времени, необходимого для выхода пузырька газа на поверхность и вторичного попадания в газовый поток.

Секция каплеулавливания.

Обычно секция состоит из отбойных устройств различного вида (пакетов из плетеной проволоочной сетки, керамических колец) и необходима для улавливания капель жидкости в газе при выходе из сепаратора.

Кроме функций, которые выполняют вышеописанные секции, в конструкциях сепараторов должны предусматриваться элементы пеногашения, или же элементы, предотвращающие пенообразование, а также снижающие пагубное влияние пульсации газожидкостного потока на сепарацию нефти и газа.

1.2 Патентный обзор

Центробежные сепарационные элементы (РФ 2150315)

Изобретение относится к технике разделения газожидкостных.

Основным недостатком вертикальных газовых сепараторов является низкая эффективность при отделении мелкодисперсных капель небольшого диаметра (менее 100 мкм), которые не успевают переместиться к периферии (стенке обечайки сепаратора) и присутствуют во всем поперечном сечении потока. В результате происходит вторичное дробление капель жидкости и унос их вместе с газовым потоком.

Техническая задача, стоящая перед изобретением, заключается в повышении эффективности отделения жидкости от газа и снижении гидравлического сопротивления.

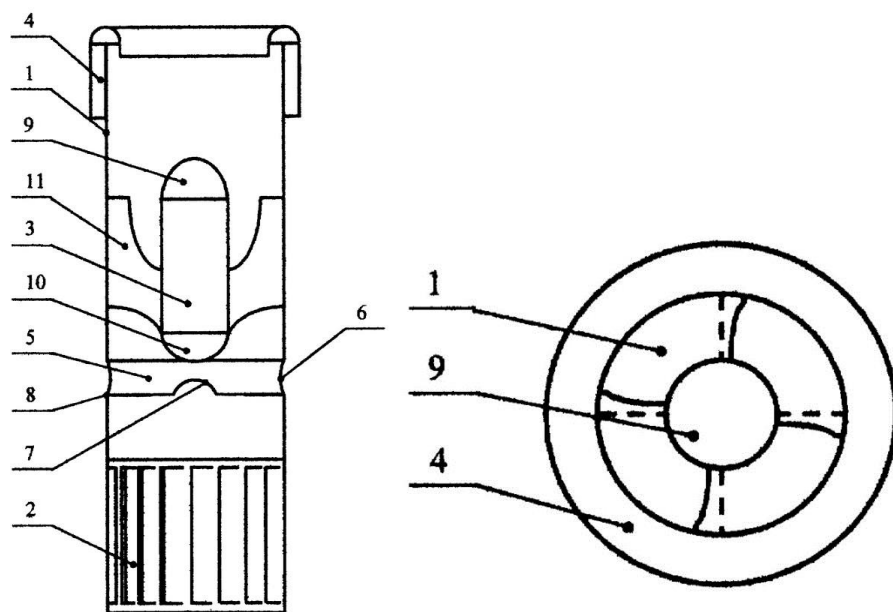
Поставленная цель достигается тем, что в центробежном сепарационном элементе, включающем обечайку, два последовательно установленных завихрителя и ловушку отделенной жидкости, внутри обечайки между завихрителями установлен рециркуляционный элемент, выполненный в виде замкнутой полости, снабженной входами и выходом, а в стенке обечайки выполнены отверстия.

Выполнение выходного отверстия рециркуляционного элемента с площадью поперечного сечения обеспечивает достаточную рециркуляцию газа, что предотвращает вторичный унос жидкости.

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Выполнение второго завихрителя в виде полого цилиндра с торцами, выполненными в виде полушарий, позволяет снизить гидравлическое сопротивление сепарационного элемента, а также предотвращает возникновение циркуляционных токов и вторичного уноса.

Центробежный сепарационный элемент представлен на рисунке 1.



Фиг. 1

Фиг. 2

Рисунок 1. Центробежный сепарационный элемент

Центробежный сепарационный элемент включает обечайку 1 с установленными в ней последовательно первым и вторым завихрителями 2 и 3 и ловушкой отделенной жидкости 4. Внутри обечайки 1 между завихрителями 2 и 3 установлен рециркуляционный элемент 5, выполненный в виде замкнутой полости, имеющей входы 6 и выход 7. В стенке обечайки 1 выполнены отверстия 8. Входы 6 рециркуляционного элемента 5 соединены с обечайкой 1 по периметру отверстий 8. Выход 7 расположен в центральной части обечайки 1 на расстоянии 0,8-1,0 диаметра обечайки. Площадь поперечного сечения выходного отверстия 7 соответствует 0,4-0,6 суммарной площади поперечного сечения входных отверстий 6. Завихритель 3 выполнен в виде полого цилиндра диаметром 0,3-0,5 диаметра обечайки 1. Верхний и нижний торцы 9 и 10 завихрителя 3 выполнены в виде полушарий. Завихритель 3 имеет направляющие лопасти 11, расположенные под углом 55-60° к оси обечайки 1.

Центробежный сепарационный элемент работает следующим образом. Газожидкостный поток поступает внутрь элемента через вертикальные щели завихрителя 2, где под действием центробежных сил, возникающих за счет наклонного расположения лопаток завихрителя, он закручивается и делится на центральный газовый с зоной пониженного давления и периферийный газожидкостный с зоной повышенного давления.

За счет размещения завихрителя 3 предлагаемой конструкции центральный газовый поток объединяется с периферийным газожидкостным, что устраняет вторичный унос, вызванный обратными токами, и снижает гидравлическое сопротивление аппарата. Жидкость под действием центробежных сил осаждается на внутреннюю поверхность обечайки 1 и потоком направляется к ловушке 4. Через кольцевой зазор между обечайкой 1 и ловушкой 4 жидкость с частью газа отводится из потока. Основной поток газа, отделившись от жидкости, выходит из сепарационного элемента. Часть газа, вышедшего через ловушку 4 вместе с жидкостью, засасывается через входы 6 рециркуляционного элемента 5 и из выходного отверстия 7 подается в зону пониженного давления центробежного поля на доочистку от капель жидкости.

Направляющие лопасти 11 стабилизируют крутку потока и возникшие вихри в результате прохождения им рециркуляционного элемента 5.

Данный способ может быть применен в рассматриваемом сепараторе в качестве дополнительных сепарационных устройств, позволяющих добиться отделения более мелких капель жидкости из газа, продлевая тем самым срок службы компрессорного оборудования.

2 Описание технологического процесса и технологической схемы производственного объекта

2.1 Описание технологической схемы процесса УПКГ

Технологический процесс подготовки газа предназначен для сбора и доведения попутного нефтяного газа (ПНГ) до требований, необходимых для обратной закачки его в пласт с отбором части подготовленного газа на собственные нужды.

В процессе подготовки попутный нефтяной газ компримируется, из него удаляются тяжелые углеводороды, механические примеси и вода. Удаление углеводородов C5+ происходит в результате повышения давления. Обезвоживание (осушка) осуществляется абсорбционным методом с использованием в качестве абсорбента триэтиленгликоля (ТЭГ).

Технология подготовки ПНГ по проектной документации полномасштабной разработки включает следующие стадии:

1 Компрессорная установка низкого давления

- предварительное компримирование попутного нефтяного газа низкого давления, поступающего с сепараторов первой и второй ступени подготовки нефти и из дегазатора углеводородного конденсата;

2 Компрессорная установка высокого давления

- трехступенчатое сжатие газа, поступающего от блока подготовки газа,

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- подачу подготовленного газа на закачку в пласт; сепараторов первой ступени ОРН, от входных сооружений и компрессора низкого давления;

3 Установка осушки газа и регенерации ТЭГа.

- абсорбционную осушку газа после второй ступени сжатия;

4 Компрессорная установка топливного газа

- индивидуальную подготовку низконапорного попутного нефтяного газа, используемого для собственных нужд.

Установка подготовки топливного газа и дожимная компрессорная установка с блоком подготовки газа входит в состав цеха подготовки и компримирования газа.

Установка подготовки и дожимная компрессорная установка предназначены для очистки газа от механических примесей и капельной жидкости, компримирования попутного нефтяного газа до требуемых параметров с дальнейшим обеспечением продуктом энергогенерирующих газотурбинных агрегатов электростанции собственных нужд и других потребителей.

Установка подготовки топливного газа состоит из:

- сепаратора входного с технологической обвязкой и приборами КИП и А;
- компрессорного модуля с вспомогательным оборудованием, технологической обвязкой, приборами КИП и А;
- блок-бокса с устройствами плавного пуска;
- межблочной технологической обвязки;
- системы автоматизации верхнего уровня с автоматизированными рабочими местами.

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.2 Установка подготовки топливного газа.

Попутный нефтяной газ из трубопровода от линии поз. 280-03-01 с температурой 12 °С и давлением 0,4...0,7 МПа поступает в входной сепаратор- пробкоуловитель С-1, где происходит отделение капельной жидкости и механических примесей на внутренних контактных устройствах аппарата. Контроль технологических параметров в С-1 осуществляется по показаниям манометра PG101, термометра TG101, датчика давления PISA101 с верхней предупредительной сигнализацией 0,7 МПа, температуры TI101, TI102. Контроль уровня жидкости в С-1 осуществляется по показаниям уровнемерной колонки LG101, по показаниям LICA101 посредством срабатывания соленоидного клапана XV-103 осуществляется отвод жидкости (при достижении 90 % уровня по LICA101 осуществляется открытие клапана XV-103, при достижении 46 % уровня по LICA101 клапан XV-103 закрывается). На С-1 также предусмотрен контроль уровня по LIZA101 с сигнализацией верхних и нижних аварийных уровней (1215 мм и 465 мм соответственно). При срабатывании верхнего или нижнего аварийного сигнала по LIZA101 с задержкой 180 сек. инициируется алгоритм аварийного останова АО, сопровождающийся остановом компрессорных станций КУ-1, КУ-2, закрытием арматуры XV-101, XV-104, открытием арматуры сброса газа на факел XV-102.

На сепараторе предусмотрены датчики загазованности AE2.01 и AE2.02 с предупредительной сигнализацией по первому порогу загазованности (20 % НКПР) и аварийной сигнализацией по второму порогу загазованности (50 % НКПР), с инициацией алгоритма аварийного останова А1, сопровождающимся остановом компрессорных станций КУ-1, КУ-2, закрытием арматуры XV-101, XV-104, открытием арматуры сброса газа на факел XV-102.

Отсепарированный газ направляется в компрессорные установки КУ-1, КУ-2. Технологической схемой предусмотрена возможность работы как одной из компрессорных установок, так и 2-х одновременно. Ввод/вывод из работы одной из компрессорных установок осуществляется в автоматическом режиме по предусмотренным производителем компрессорных установок алгоритмам. Подача и прекращение подачи газа в компрессорную установку КУ-1 осуществляется посредством срабатывания арматуры XV-105, XV-106, в КУ-2 - посредством срабатывания XV-107, XV-108.

Поступая в компрессорную установку КУ-1, газ проходит через фильтр - обратный клапан F101.03, после чего направляется на прием компрессора K101.04. На входе в компрессор предусмотрен контроль давления по показаниям манометра PG111.02, датчика давления PIRSA111.01 с предупредительной нижней (0,35 МПа (изб.)), верхней (0,705 МПа (изб.)),

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

аварийной нижней (0,3 МПа (изб.)) и верхней (0,85 МПа (изб.)) сигнализацией. При срабатывании сигнализации по LL или НН в ЛСУ КУ-1 поступает команда запрета на пуск компрессора. На входе в компрессор также предусмотрен контроль температуры газа по показаниям TIRSA111.06 с предупредительной и аварийной сигнализацией. При срабатывании LL или НН поступает команда запрета пуска компрессора.

В компрессоре происходит сжатие газа до 3,0 МПа, после чего газомаслянная смесь направляется в маслоотделитель S101.06.

На линии выхода газа из компрессора K101.04 предусмотрены:

- датчик температуры с предупредительной и аварийной сигнализацией;
- датчик давления с верхней аварийной сигнализацией.

На компрессоре K101.04 предусмотрены датчики:

- контроля температуры подшипников;
- датчики контроля вибрации с предупредительной и аварийной сигнализацией по верхнему уровню;
- датчики контроля вибрации электродвигателя с предупредительной и аварийной сигнализацией по верхнему уровню;
- температуры электродвигателя с предупредительной и аварийной сигнализацией по верхнему уровню;
- температура электродвигателя с сигнализацией верхнего аварийного уровня;
- датчик положения золотника производительности компрессора;
- датчики положения соленоидов управления золотником компрессора.

На линии нагнетания газа из компрессора предусмотрен разгрузочный клапан Y101.08. Газомасляная смесь после компрессора поступает в маслоотделитель S101.06, где происходит отделение масла от скомпримированного газа. Газ уходит с верха маслоотделителя и направляется на охлаждение в рекуперативный теплообменник НЮ 1.09. Масло с низа маслоотделителя поступает на охлаждение в теплообменник масло-гликоль Н102.05.

На маслоотделителе предусмотрены:

- манометр;
- датчик давления PIRCSA111.14 с верхней аварийной и предупредительной сигнализацией. По сигналу от датчика PIRCSA111.14 осуществляется регулировка производительности компрессора;
- датчик температуры масла TIRCSA111.21 с предупредительной верхней сигнализацией. По сигналу от датчика TIRCSA111.21 осуществляется включение ТЭНа подогрева масла в предпусковой период;

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- уровнемер LG111.10;
- датчик уровня LIRA111.09 с предупредительной и аварийной сигнализацией
- датчик уровня LRSA111.09 с аварийной сигнализацией нижнего уровня.

Газ, пройдя теплообменник Н101.09 охлаждается до температуры 60...90 оС, после чего направляется на отделение остаточной капельной жидкости в сепаратор S101.13, откуда уходит в общий сборный коллектор.

На сепараторе предусмотрены следующие приборы КИП:

- манометр PG111.28;
- PIRA111.27 с аварийной и предупредительной сигнализацией;
- PDIRSA111.27 с аварийной и предупредительной сигнализацией;
- уровнемер LG111.23;
- датчик уровня LRSA111.22 с аварийной сигнализацией;
- датчик уровня LIRCA111.22 с аварийной и предупредительной сигнализацией;
- датчик температуры на выкидной линии из сепаратора TIRCSA111.32 с аварийной и предупредительной сигнализацией.

Охлаждение газа и масляного контура в теплообменниках Н101.09 и Н102.05 осуществляется посредством циркуляции гликоля по замкнутому контуру: P103.07- Н101.09- Н102.05-Н103.01. Перекачка гликоля по контуру осуществляется насосом P103.07. Охлаждение нагретого гликоля осуществляется в аппарате воздушного охлаждения Н 103.01. Регулирование температуры гликоля предусматривается также перепускным клапаном Y103.19, срабатывающим по показаниям TIRCA111.60. Кроме того, по датчику TIRCA111.60 осуществляется регулирование частоты вращения вентиляторов АВО Н103.01.

На контуре циркуляции гликоля предусмотрены:

- манометр PG111.62;
- датчик давления PIRA111.61 с предупредительной сигнализацией;
- датчик температуры TIRCA111.60 с предупредительной сигнализацией.

Циркуляция масла осуществляется по замкнутому контуру S101.07-Н102.05-F102.12- P102.18-F102.22/F102.27-К 101.04.

На контуре циркуляции масла предусмотрены:

- манометры PG111.34, PG111.39, PG111.44;
- датчик давления PIRA111.33 с аварийной и предупредительной сигнализацией;
- датчик перепада давления PDIRSA111.38 с предупредительной и аварийной сигнализацией;
- датчик давления PDIRS A111.43 с аварийной и предупредительной сигнализацией;

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- датчик температуры TIRSA111.48 с аварийной и предупредительной сигнализацией.

В компрессорном отсеке осуществляется контроль температуры воздуха по показаниям TIRCA111.66, в отсеке автоматизации TIRSA111.68 с аварийной и предупредительной сигнализацией. По показаниям TIRCA111.66 и TIRSA111.68 работают система вентиляции и обогрева внутри отсеков. Снаружи компрессорного блока предусмотрен контроль температуры окружающего воздуха по показаниям TIRSA111.67 с аварийной и предупредительной сигнализацией (L минус 57 оС, LL минус 59 оС). При достижении нижнего аварийного уровня поступает команда на блокировку пуска компрессора.

Схемой также предусмотрен контроль:

- температуры обмотки электродвигателя TIRS 101.05с аварийной и предупредительной сигнализацией;
- температуры обмотки электродвигателя насоса масла TRSA102.18 с предупредительной сигнализацией;
- температуры обмоток электродвигателей ABO TRSA103.1-M1, TRSA103.1-M2, TRSA103.1-M3, TRSA103.1-M4 с предупредительной сигнализацией;
- температура обмотки электродвигателя гликоля TRSA 103.07 с предупредительной сигнализацией;
- температура обмотки электродвигателя TRSA105.08 с предупредительной сигнализацией;
- температура обмотки электродвигателя системы вентиляции TRSA105.09, TRSA105.10 с предупредительной сигнализацией;
- пожара в модуле ARCSA1.1, ARCSA1.2, ARCSA1.3;
- загазованности ARCSA1, ARCSA2с предупредительной сигнализацией по первому порогу срабатывания (10 % НКПР) при срабатывании одного из 2-х датчиков, аварийной сигнализацией и остановом компрессорной при срабатывании либо 2-х датчиков одновременно по 1-му порогу (10 % НКПР), либо при срабатывании одного из датчиков по 2-му порогу срабатывания (40 % НКПР).

КУ-1 имеет возможность ручного и автоматического сброса газа в факельную систему посредством вентиля VI 04.08 и соленоидного клапана Y104.09 соответственно.

Также установка имеет возможность ручного и автоматического сброса газа на свечу рассеивания посредством вентиля V104.03 и соленоидного клапана Y104.22 соответственно. Сброс газа с блока предохранительных клапанов VI 04.07 осуществляется в факельную систему.

Поступая в компрессорную установку КУ-2, газ проходит через фильтр-обратный клапан F201.03, после чего направляется на прием компрессора K201.04. На входе в компрессор

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

предусмотрен контроль давления по показаниям манометра PG211.02, датчика давления PIRSA211.01. На входе в компрессор также предусмотрен контроль температуры газа по показаниям TIRSA211.06 с предупредительной и аварийной сигнализацией (LL минус 2 оС, L минус 1 °С, Н 13 °С, НН 14 °С). При срабатывании LL или НН поступает команда запрета пуска компрессора.

В компрессоре происходит сжатие газа до 3,0 МПа, после чего газомаслянная смесь направляется в маслоотделитель S201.07.

На линии выхода газа из компрессора K201.04 предусмотрены:

- датчик температуры TIRCSA211/07 с предупредительной и аварийной сигнализацией верхнего уровня;
- датчик давления PRSA211.08.

Газ, пройдя теплообменник H201.09 охлаждается до температуры 60...90 °С, после чего направляется на отделение остаточной капельной жидкости в сепаратор S201.14, откуда уходит в общий сборный коллектор.

На сепараторе предусмотрены следующие приборы КИП:

- манометр PG211.28;
- PIRA211.27 с аварийной и предупредительной сигнализацией;
- PDIRSA211.27 с аварийной и предупредительной сигнализацией;
- уровнемер LG211.23;
- датчик уровня LRSA211.22 с аварийной сигнализацией;
- датчик уровня LIRCA211.22 с аварийной и предупредительной сигнализацией;
- датчик температуры на выходе из сепаратора TIRCSA211.32.

Охлаждение газа и масляного контура в теплообменниках H201.09 и H202.05 осуществляется посредством циркуляции гликоля по замкнутому контуру: P203.07- H201.09- H202.05-H203.01. Перекачка гликоля по контуру осуществляется насосом P203.07. Охлаждение нагретого гликоля осуществляется в аппарате воздушного охлаждения H203.01. Регулирование температуры гликоля предусматривается также перепускным клапаном Y203.18, срабатывающим по показаниям TIRCA211.60. Кроме того, по датчику TIRCA211.60 осуществляется регулирование частоты вращения вентиляторов АВО H203.01.

Циркуляция масла осуществляется по замкнутому контуру S201.07-H202.05-F202.12- P202.18-F202.22/F202.27-K201.04.

Также установка имеет возможность ручного и автоматического сброса газа на свечу рассеивания посредством вентиля V204.03 и соленоидного клапана Y204.22 соответственно. Сброс газа с блока предохранительных клапанов V204.07 осуществляется в факельную систему.

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Газ из выкидных трубопроводов КУ-1 и КУ-2 собирается в общий коллектор и направляется в трубопровод подачи топливного газа на ЭСН-3 (в линию 430-05-02).

Жидкость из С-1 и концевых сепараторов КУ-1 и КУ-2 направляется в дренажную систему (в линию 280-06-02).

Продувка азотом оборудования осуществляется через съемные участки трубопровода азота, подключаемые к сепаратору С-1, компрессорной установке КУ-1 через вентили V104.01 и V104.03, компрессорной установке КУ-2 через вентили V204.01 и Y204.03. Газ продувки оборудования направляется на местные свечи.

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3 Расчет сепаратора

3.1. Технологический расчет

Целью технологического расчета аппарата является определение его геометрических параметров, а именно его высоты и диаметра.

Сепаратор газовый вертикальный предназначен для подготовки газа к дальнейшему компримированию на установке подготовки топливного газа компрессорной станции обратной закачки газа в пласт Верхнечонского НГКМ, расположенного в Катангском районе Иркутской области

Исходные данные для расчета:

$$P_{\text{раб}} := 0.9 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Рабочее давление

$$T_{\text{раб}} := 12^\circ\text{C}$$

Рабочая температура (температура среды)

$$Q_{\text{г}} := 1500 \frac{\text{нм}^3}{\text{ч}}$$

Производительность сепаратора по газу при нормальных условиях

$$\rho_1 := 0.6 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Плотность газа при нормальных условиях

$$\mu_1 := 1092 \cdot 10^{-8} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Вязкость газа

$$d := 100 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

Диаметр капель жидкости

$$Q_2 := 17.5 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

Содержание жидкой фазы в газе

$$\rho_2 := 701 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Средняя плотность газового конденсата ВЧНГКМ

$$Z := 0.8$$

[36]

Степень сжатия газа при рабочем давлении

Температура при нормальных условиях (перевод температуры по Кельвину)

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$T_0 := 273 \text{ К}$$

Давление при нормальных условиях

$$P_0 := 101325 \text{ Па}$$

Ускорение свободного падения

$$g_1 := 9.80 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Приведем рабочую температуру к шкале Кельвина

$$T_1 := T_0 + T_{\text{раб}} = 285 \text{ К}$$

Определим производительность сепаратора по газу при рабочих условиях

$$Q_1 := \frac{Z \cdot P_0 \cdot T_1 \cdot Q_{\text{г}}}{P_{\text{раб}} \cdot T_0} = 1.534 \times 10^3 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \quad [24]$$

Определим плотность газа при рабочих условиях:

$$\rho_{\text{г}} := \frac{\rho_1 \cdot P_{\text{раб}} \cdot T_0}{P_0 \cdot T_1 \cdot Z} = 6.063 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad [24]$$

Определим скорость осаждения частиц в сепараторе

$$v_1 := \frac{d^2 \cdot (\rho_2 - \rho_{\text{г}}) \cdot g_1}{18 \cdot \mu_1} = 0.347 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad [22]$$

Максимальную скорость газа, при которой капля успеет осесть в сепараторе находим по уравнению Сандер-Брауна:

При этом коэффициент

$$k := 0.12$$

- для вертикальных сепараторов, оборудованных каплеотбойником

$$U_{\text{max}} := \sqrt{\frac{\rho_2 \cdot \rho_{\text{г}}}{\rho_{\text{г}}}} \cdot k = 3.177 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad [22]$$

Минимальная площадь сечения, необходимая для жидкой фазы:

$$A_{\text{конд}} := \frac{Q_2}{v_1} = 0.014 \text{ м}^2 \quad [22]$$

Минимальная площадь сечения, необходимая для газовой фазы:

$$A_{\text{г}} := \frac{Q_1}{U_{\text{max}}} = 0.134 \text{ м}^2 \quad [22]$$

Минимальная площадь сечения аппарата, необходимая для разделения среды:

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$A_{\text{сеп}} := A_{\text{конд}} + A_{\text{г}} = 0.148 \text{ м}^2 \quad [22]$$

Определим диаметр сепаратора

$$D := \sqrt{4 \cdot \frac{A_{\text{сеп}}}{\pi}} = 0.434 \text{ м} \quad [22]$$

Минимальная высота сепаратора

$$H := D \cdot S$$

где S - коэффициент стройности

$$S := 4.1$$

тогда

$$H := D \cdot S = 1.954 \text{ м}$$

Выбираем сепаратор, имеющийся на производстве:

Диаметр:

$$D := 1.2 \text{ м}$$

Высота:

$$H := 4.2 \text{ м}$$

Объем:

$$V := 4.8 \text{ м}^3$$

3.2 Механический расчет

Целью механического расчета является обеспечение механической надежности работы проектируемого оборудования. Показателями механической надежности данного аппарата являются прочность, устойчивость, герметичность фланцевых соединений. Все эти критерии должны обеспечить сохранение во времени механических свойств деталей в установленных пределах значений всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортировки.

Расчетная модель аппарата представлена на рисунке 2

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

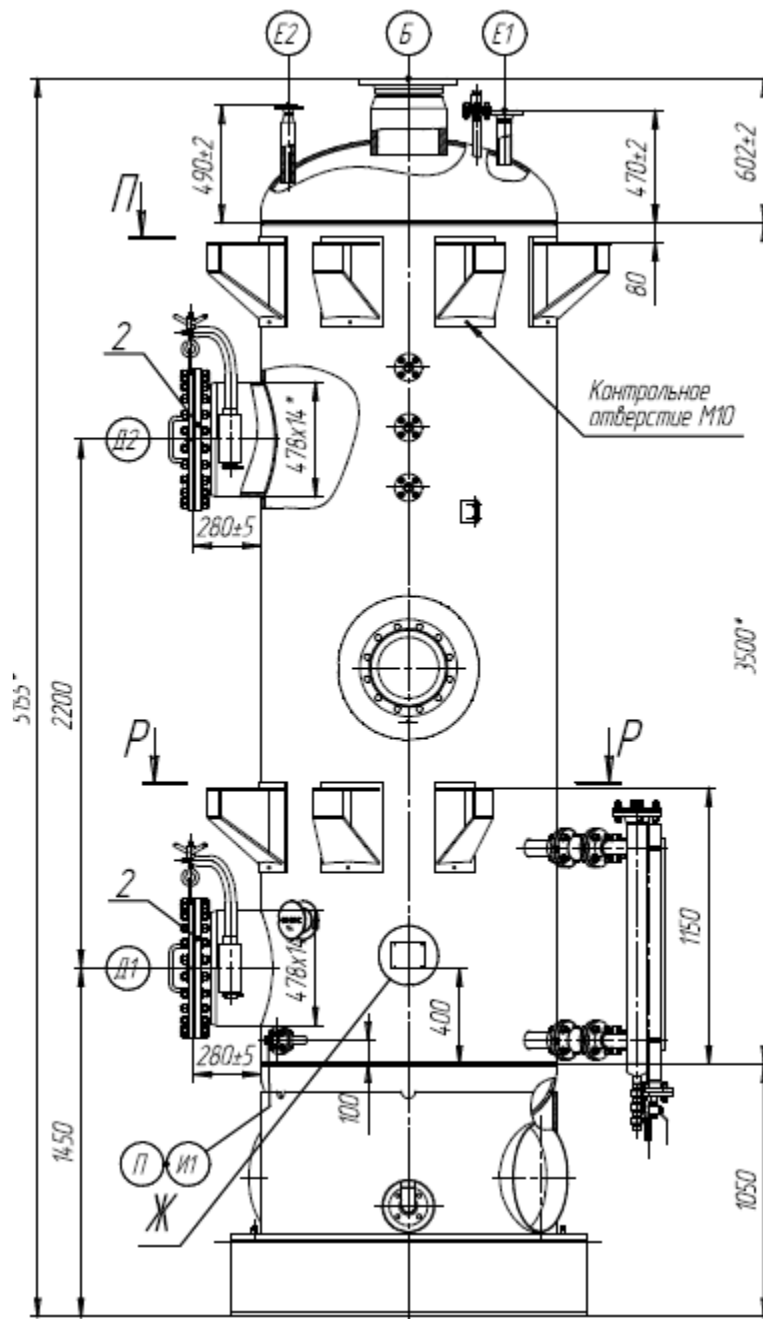


Рисунок 2. Расчетная модель сепаратора

Исходные данные:

Внутреннее давление, МПа	1,6
Прибавка на коррозию, мм	2
Срок эксплуатации, лет	20
Рабочая температура, °С	$t := 5 - 12 \text{ °С}$ примем $t := 50$
Внутренний диаметр аппарата, мм	$D := 1200$
Объем аппарата, м ³	$V := 4.8$

Диаметр патрубка входа смеси, мм $d_1 := 250$

Диаметр патрубка вывода газа, мм $d_2 := 250$

Диаметр патрубка вывода конденсата, мм $d_3 := 50$

Выбор материала для элементов аппарата

Условия эксплуатации химического оборудования определяют следующие основные требования к конструкционным материалам:

- высокая химическая и коррозионная стойкость материала в агрессивных средах при рабочих параметрах;
- высокая механическая прочность при заданных рабочих давлениях, температурах и дополнительных нагрузках, возникающих при гидравлических испытаниях и в период эксплуатации аппаратов;
- хорошая свариваемость материалов с обеспечением высоких механических свойств сварных соединений;
- низкая стоимость и не дефицитность материалов.

Выберем материал основных деталей сталь 09Г2С (19281-2014). Сталь характеризуется хорошей свариваемостью и высокой коррозионной стойкостью. Данная сталь используется для изготовления всех частей аппарата, в том числе фланцев и патрубков. Т.к. данный материал имеет высокую хладостойкость и относительно низкую стоимость по сравнению с другими хладостойкими сталями, поэтому данный фактор стал определяющим в выборе конструкционного материала.

Расчитаем на прочность цилиндрическую обечайку сепаратора в соответствии с ГОСТ 34233.2-2017

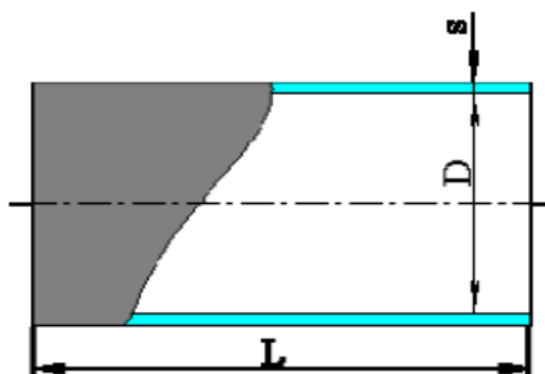


Рисунок 3. Цилиндрическая обечайка

Цилиндрическая часть теплообменника представляет собой тонкостенный цилиндр, исполнительную толщину стенки которого определяют:

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

расчетное давление обечайки $P_p := 1.6 \text{ МПа}$

внутренний диаметр обечайки

$D_{вн} := 1200 \text{ мм}$

допускаемое напряжение для стали 09Г2С до 32 мм при температуре расчетной 70С согласно приложению А1 ГОСТ Р 34233.1-2017:

$$t_1 := \begin{pmatrix} 20 \\ 100 \end{pmatrix} \quad \sigma_{pt} := \begin{pmatrix} 196 \\ 177 \end{pmatrix} \quad t_p := 50$$

Таблица А1 [3]

$$\sigma := \text{Floor}(\text{linterp}(t_1, \sigma_{pt}, t_p), 0.1)$$

$$\sigma = 188.8 \text{ МПа}$$

допускаемое напряжение для стали 09Г2С ГОСТ 19281-2014 при расчетной температуре 20 °С согласно приложения А1 ГОСТ 34233.1-2017

$$\sigma_{20} := 196 \text{ МПа}$$

допускаемое напряжение для стали 09Г2С ГОСТ 19281-2014 при расчетной температуре 50 °С согласно приложения А1 ГОСТ 34233.1-2017

$$\sigma_{доп} := \sigma = 188.8 \text{ МПа}$$

коэффициент прочности продольного стыкового сварного шва, выполненного автоматической сваркой с двусторонним сплошным проваром, Таблица Д [3]

$$\phi_1 := 1$$

Давление пробное гидравлического испытания:

$$P_{пр} := 1.25 \cdot P_p \cdot \frac{\sigma_{20}}{\sigma} = 2.076 \text{ МПа} \quad [6]$$

толщина стенки обечайки для расчетного давления:

$$sp_1 := \frac{P_p \cdot D_{вн}}{2\sigma_{доп} \cdot \phi_1 - P_p} = 5.106 \text{ мм} \quad [1]$$

толщина стенки обечайки для пробного давления:

$$sp_{пр} := \frac{P_{пр} \cdot D_{вн}}{2\sigma_{доп} \cdot \phi_1 - P_{пр}} = 6.626 \text{ мм} \quad [1]$$

$$sp_1 := \max(sp_1, sp_{пр}) = 6.626 \text{ мм}$$

округляем результат в большую сторону до значения сортамента

Сумма прибавок к расчетной толщине стенки:

$c_{кк} := 2 \text{ мм}$ – прибавка для компенсации коррозии - 2 мм из расчета на коррозию по 0,1 мм в год, принимая срок службы аппарата 20 лет

$$c_{мо} := 0.8 \text{ мм} \text{ – прибавка на минусовое отклонение от сортамента [5]}$$

$$c_{ус} := 0 \text{ мм} \text{ – прибавка на утонение стенки элемента при технологических операциях}$$

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$c := c_{\text{кк}} + c_{\text{мо}} + c_{\text{yc}} = 2.8 \text{ мм}$$

$$s1 := sp1 + c = 9.426 \text{ мм}$$

[1]

$$s1 := 14 \text{ мм}$$

округляем результат в большую сторону до значения сортамента

Допускаемое внутреннее избыточное давление рассчитаем по формуле:

$$p_{\text{доп}} := \frac{2 \cdot \sigma_{\text{доп}} \cdot \phi1 \cdot (s1 - c)}{D_{\text{вн}} + (s1 - c)} = 3.492 \text{ МПа}$$

[1]

Вывод : устанавливаем толщину стенки обечайки 14 мм.

$$Us1 := \begin{cases} \text{"Условие применимости формул выполняется"} & \text{if } \frac{s1 - c}{D_{\text{вн}}} \leq 0.1 \\ \text{"Условие применимости формул НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Us1 = "Условие применимости формул выполняется"

$$Us1 := \begin{cases} \text{"Условие выполняется"} & \text{if } s1 \geq sp1 + c \\ \text{"Условие НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Us1 = "Условие выполняется"

Произведем расчет на необходимость укрепления отверстий для штуцеров:

На данной обечайке врезаны близко расположенные друг к другу штуцеры А диаметром 250 мм для входа газа и К диаметром 25 мм для установки датчика давления, произведем расчет укрепления отверстий при действии давления. В качестве штуцера А применим трубу диаметром наружным 273 мм с толщиной стенки 14 мм, длиной 177мм.

Рассмотрим штуцер К

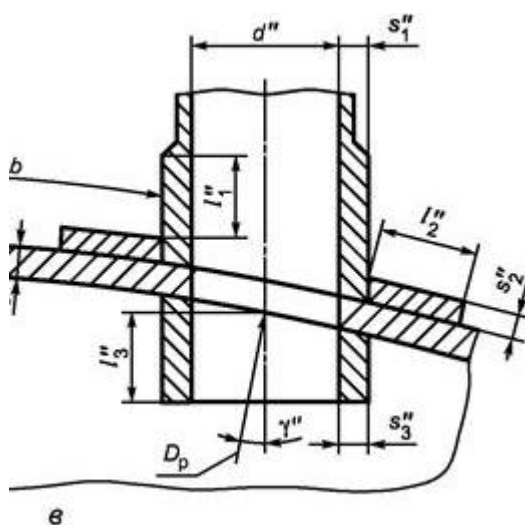


Рисунок 4. Расчетная схема штуцера

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ФЮРА.061634.001 ПЗ

Лист
28

$d_{нш} := 272 \text{ мм}$

наружный диаметр штуцера

$sш := 14 \text{ мм}$

исполнительная толщина стенки штуцера

$d := d_{нш} - 2 \cdot sш = 245 \text{ мм}$

внутренний диаметр штуцера

$\varphi := 1$

коэффициент прочности сварного шва

На штуцер оказывает влияние штуцер И2 диаметром 25 мм

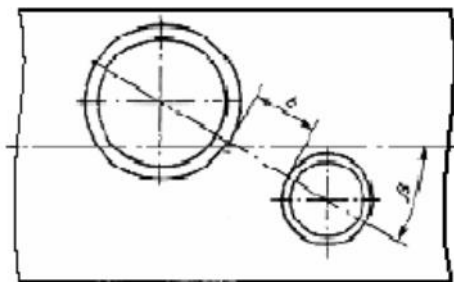


Рисунок 5. Взаимовлияние отверстий для штуцеров

Расстояние до стенки ближайшего штуцера

$b := 587 \text{ мм}$

Угол $\beta := 0$

Расчетные диаметры укрепляемых элементов для цилиндрической обечайки вычисляются:

$$D_p := D_{вн} = 1.2 \times 10^3 \text{ мм} \quad [2]$$

Расчетный диаметр отверстия в стенке цилиндрической обечайки вычисляют по формуле:

$c_s := 0 \text{ мм}$ сумма прибавок к расчетной толщине стенки штуцера

$$d_p := d + 2c_s = 254 \text{ мм} \quad [2]$$

Отверстие считается одиночным, если ближайшее к нему отверстие не оказывает на него влияния, что имеет место, когда минимальное расстояние между наружными поверхностями соответствующих штуцеров удовлетворяет условию:

$$b := \sqrt{D_{p1} \cdot (s - c)} + \sqrt{D_{p2} \cdot (s - c)} \quad [2]$$

где :

b - минимальное расстояние между наружными поверхностями двух соседних

					ФЮРА.061634.001 ПЗ	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

штуцеров, измеряемое по поверхности укрепляемого элемента, мм

D_{p1}, D_{p2} - расчетные внутренние диаметры укрепляемых элементов, мм

s - толщина стенки обечайки, мм

c - сумма прибавок к расчетной толщине стенки обечайки

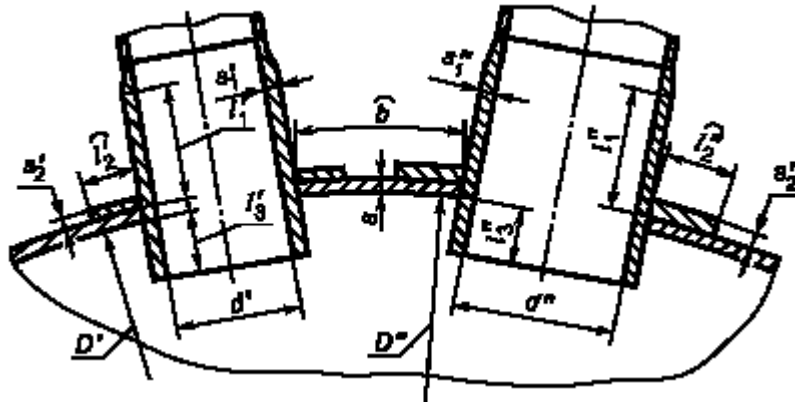


Рисунок 6. Расчетная схема укрепления отверстий в цилиндрической обечайке

$$D_{p1} := 1200 \text{ мм}$$

$$D_{p2} := 1200 \text{ мм}$$

$$s_{\text{с.к.}} := 14 \text{ мм}$$

$$c_{\text{с.к.}} := 2.1 \text{ мм}$$

$$b := \sqrt{D_{p1} \cdot (s - c)} + \sqrt{D_{p2} \cdot (s - c)} = 231.862 \text{ мм}$$

Расстояние между двумя диаметрально расположенными штуцерами 587 мм:

$$b_{\text{шт}} := \frac{\pi D_{\text{вн}}}{2} - d_{\text{нш}} = 1.612 \times 10^3 \text{ мм}$$

что является больше чем 231,862 мм, поэтому отверстия в обечайке считаем одиночными.

Расчетный диаметр одиночного отверстия не требующего дополнительного укрепления при наличии избыточной толщины стенки сосуда:

максимальный диаметр отверстия для отверстий в цилиндрической обечайках

$$d_{\text{max}} := D_{\text{вн}} = 1.2 \times 10^3 \text{ мм}$$

толщину стенки принимаем самостоятельно

$$s_{\text{рп}} := s_{p1}$$

в случае внутреннего давления

$$d_0 := 2 \cdot \left(\frac{s - c}{s_{\text{рп}}} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 206.406 \text{ мм}$$

[2]

где :

d_0 - наибольший допустимый диаметр отверстия, не требующего дополнительного

					ФЮРА.061634.001 ПЗ	Лист 30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

укрепления, при наличии избыточной толщины сосуда, мм

s_{rp} - расчетная толщина стенки обечайки для определения диаметра отверстия, не требующего дополнительного укрепления, мм

D_p - расчетный внутренний диаметр укрепляемого элемента, мм

d_{max} - максимальный диаметр отверстия, мм

c_s - сумма прибавок к расчетным величинам штуцеров, мм

$d_{ш} := 273$ мм

наружный диаметр штуцера

$c_{s3} := 2 \cdot c$ мм

$s_3 := 14$ мм

$l_1 := 177$ мм длина внешней части штуцера

$l_3 := 2c$ мм длина внутренней части штуцера

Расчетный диаметр отверстия в стенке обечайки:

d - внутренний диаметр штуцера, мм

$d := 250$ мм

c_s - сумма прибавок к толщине стенки штуцера,

$d_p := d + 2c_s = 254$ мм

[2]

$Us1 := \begin{cases} \text{"Условие применимости формул выполняется"} & \text{if } \frac{d_p - 2c_s}{D_{вн}} \leq 1 \\ \text{"Условие применимости формул НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$

$Us1 = \text{"Условие применимости формул выполняется"}$

$Us2 := \begin{cases} \text{"Необходимо укрепление отверстия"} & \text{if } d_0 < d_p \\ \text{"Укрепление отверстия не требуется"} & \text{otherwise} \end{cases}$

$Us2 = \text{"Необходимо укрепление отверстия"}$

Вывод: при толщине стенки обечайки 14 мм требуется дополнительное укрепление отверстия для штуцера диаметром 250мм

Определим расчетную длину внешней части штуцера

$l_{1p} := \min[l_1, \sqrt{(d_p + 2 \cdot c) \cdot (s - c)}] = 53.921$ мм [2]

Отношения допускаемых напряжений для внутренней, наружной частей штуцера и укрепляющего кольца равны между собой, т.к. рабочая температура одинакова (аппарат покрыт изоляцией и обогревается греющим кабелем) и равна 50 °С. Все элементы изготовлены из стали 09Г2С

$\chi := \min\left(1.0, \frac{\sigma}{\sigma_t}\right) = 1$

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Определим расчетную длину внутренней части штуцера

$$l_{3p} := \min \left[l_3, 0.5 \sqrt{(d_p + 2 \cdot c) \cdot (s - c)} \right] = 20 \text{ мм} \quad [2]$$

Ширину зоны укрепления вычисляем:

$$L_0 := \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 115.931 \text{ мм} \quad [2]$$

Расчетная ширина зоны укрепления

$$l_p := L_0 = 115.931 \text{ мм} \quad [2]$$

Примем укрепляющее кольцо толщиной стенки равной толщине стенки обечайки 14 мм, изготовленного из листового проката стали 09Г2С, ширина кольца:

$$s_2 := 14 \text{ мм}$$

$$l_2 := 150 \text{ мм}$$

Расчетная ширина укрепляющего кольца:

$$l_{2p} := \min \left[l_2, \sqrt{D_p \cdot (s_2 + s - c)} \right] = 150 \text{ мм} \quad [2]$$

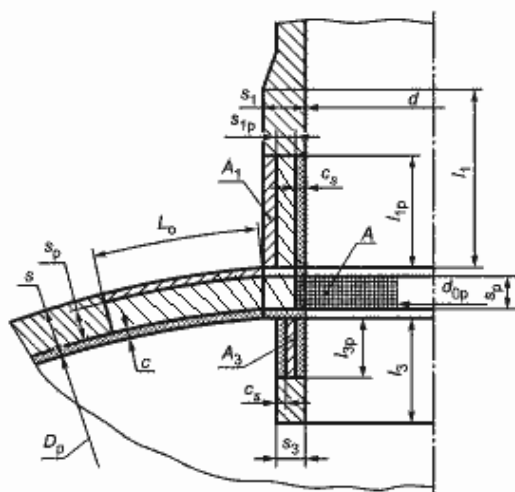


Рисунок 7. Расчетная схема площадей для укрепления **отверстий** [P1]

Располагаемая площадь укрепления

$$A_a := l_{1p} \cdot (s_1 - s_{1p} - c_s) \cdot \chi + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - s_1) \cdot \chi + l_p \cdot (s - s_{1p} - c) \cdot \chi = 2.88 \times 10^3 \text{ мм}^2$$

Площадь необходимая для укрепления отверстия

$$A_p := 0.5 \cdot (d_p - d_0) \cdot s_{1p} = 157.689 \text{ мм}^2 \quad [2]$$

$$Us13 := \begin{cases} \text{"Условие укрепление отверстия выполняется"} & \text{if } A_a \geq A_p \\ \text{"Условие укрепления отверстия не выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Us13 = "Условие укрепление отверстия выполняется"

					ФЮРА.061634.001 ПЗ	Лист 32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Рассчитаем допускаемое внутреннее избыточное давление для патрубка штуцера

Расчетный диаметр отверстия, не требующий дополнительного укрепления

$$d_{op} := 0.4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 46.372 \text{ мм}$$

$$K1 := 1 \quad \text{для цилиндрических обечаек} \quad [2]$$

$$V := \min \left[1, \frac{1 + \frac{[l_{1p} \cdot (s_1 - sp_1 - c_s) \cdot \chi + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - s_1) \cdot \chi + l_p \cdot (s - sp_1 - c) \cdot \chi]}{l_p - (s - c)}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_p - d_{op}}{l_p} + K1 \cdot \frac{d + 2 \cdot c_s}{D_p} \cdot \frac{\varphi}{\varphi_1} + \frac{l_{1p}}{l_1}} \right] = 1$$

(32) [2]

Допускаемое давление патрубка штуцера:

$$p := \frac{2K1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot \sigma_{доп}}{D_p + (s - c) \cdot V} = 3.492 \text{ МПа} \quad [2]$$

Допускаемое давление 3,492 МПа больше давления в аппарате 1,6 МПа, следовательно условие прочности для штуцера выполняется

Рассчитаем на прочность эллиптическую крышку (днище) сепаратора в соответствии с ГОСТ 34233.2-2017.

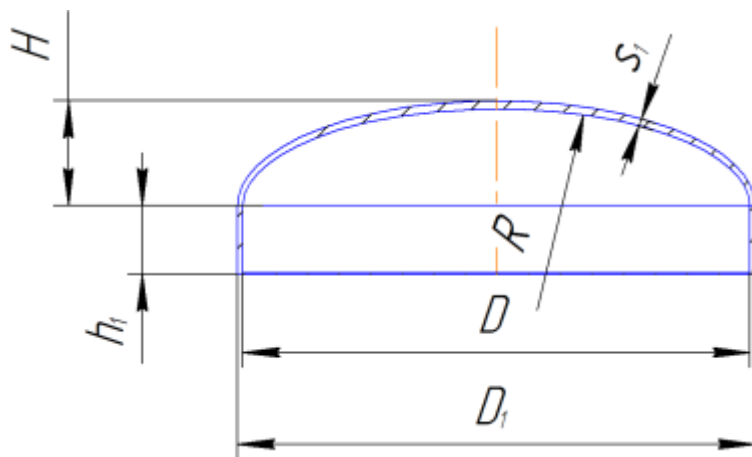


Рисунок 8. Эллиптическая крышка (днище)

Давление расчетное 1,6 МПа, температура расчетная 50 °С.

Материал изготовления днища принимаем сталь **09Г2С**

Расчет эллиптических днищ, нагруженных внутренним избыточным давлением, производится:

вычисляем расчетную толщину стенки:

					ФЮРА.061634.001 ПЗ	Лист 33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$p := 1.6$ МПа расчетное внутреннее избыточное давление

$D_{вн} := 1200$ мм внутренний диаметр днища

$H := 300$ мм высота днища

$\Omega := 1$ коэффициент прочности продольного сварного шва (днище цельное)

$\sigma_{доп} := 188$ МПа

допускаемое напряжение для стали 09Г2С-14 при температуре расчетной 50°C согласно приложения А1 ГОСТ 34233.1-2017 188 МПа.

для эллиптических днищ радиус кривизны в вершине днища равен:

$$R := \frac{D_{вн}^2}{4H} = 1.2 \times 10^3 \text{ мм} \quad [1]$$

Пробное давление при гидравлических испытаниях:

$$P_{пр} := 1.25 \cdot P_p \cdot \frac{\sigma_{20}}{\sigma_t} = 2.076 \text{ МПа} \quad [6]$$

Толщина стенки днища расчетная при рабочем давлении и

для пробного давления испытаний:

$$s_{2p} := \frac{p \cdot R}{2\varphi \cdot \sigma_{доп} - 0.5p} = 5.117 \text{ мм} \quad [1]$$

$$s_{2пр} := \frac{P_{пр} \cdot R}{2\varphi \cdot \sigma_{доп} - 0.5P_{пр}} = 6.641 \text{ мм}$$

$$s_{пр1} := \max(s_{2p}, s_{2пр}) = 6.641 \text{ мм}$$

округляем результат в большую сторону до сортамента

$$s_{2p} := 8 \text{ мм}$$

исполнительная толщина стенки днища:

$$c_{кк} := 2 \text{ мм}$$

прибавка для компенсации коррозии, 0,1 мм в год на 20 лет

$$c_{мо} := 0.1 \text{ мм}$$

прибавка на минусовое отклонение от сортамента

$$c_{хс} := 0.1 \text{ мм}$$

прибавка на утонение стенки элемента при технологических операциях

$$c := c_{кк} + c_{мо} + c_{yc} = 3.6 \text{ мм}$$

$$s_{2p} + c = 11.6 \text{ мм} \quad [1]$$

округляем результат в большую сторону до толщины обечайки

$$s_2 := 14 \text{ мм}$$

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$p_{доп} := \frac{2(s_2 - c) \cdot \sigma_{доп}}{R + 0.5 \cdot (s_2 - c)} = 3.245 \text{ МПа} \quad [1]$$

Допускаемое внутреннее избыточное давление вычисляем по формуле:

$$Us1 := \begin{cases} \text{"Условие применимости формул выполняется"} & \text{if } 0.2 \leq \frac{H}{D_{вн}} \leq 0.5 \\ \text{"Условие применимости формул НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Us1 = "Условие применимости формул выполняется"

$$Us1 := \begin{cases} \text{"Условие выполняется"} & \text{if } s_2 \geq s_2p + c \\ \text{"Условие НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Us1 = "Условие выполняется"

Расчет фланцевых соединений:

Рассчитаем фланцевое соединение А1, которое установим на штуцере Ду 250 мм, расчетное давление 1,6 МПа.

Установим фланцевое соединение исполнения 1 по ГОСТ 12815-80 (с соединительным выступом), материал фланцев сталь 09Г2С по ГОСТ 19281-2014.

Фланцы приварные встык по ГОСТ 12821-80 Ду 250 мм, Ру 1,6 МПа.

Межфланцевую прокладку выбираем спирально навитую СНП-Г-1-1-250-16 по ГОСТ 52376-2005 толщиной 2,5 мм, исполнения Г.

Шпильки принимаем по ГОСТ 9066-75 исполнения А с крупным шагом резьбы 3мм, длина шпильки 150 мм, диаметр резьбы М24, с длиной резьбового конца 50 мм, из стали 20ХН3А по ГОСТ 4543-71.

Гайки принимаем шестигранные исполнения 1 по ГОСТ 5915-70, с диаметром резьбы 24мм, с размером под ключ 36, из стали 20ХН3А по ГОСТ 4543-2016.

Шайбы принимаем исполнения 1 по ГОСТ 11371-78 под резьбу диаметром 24 мм.

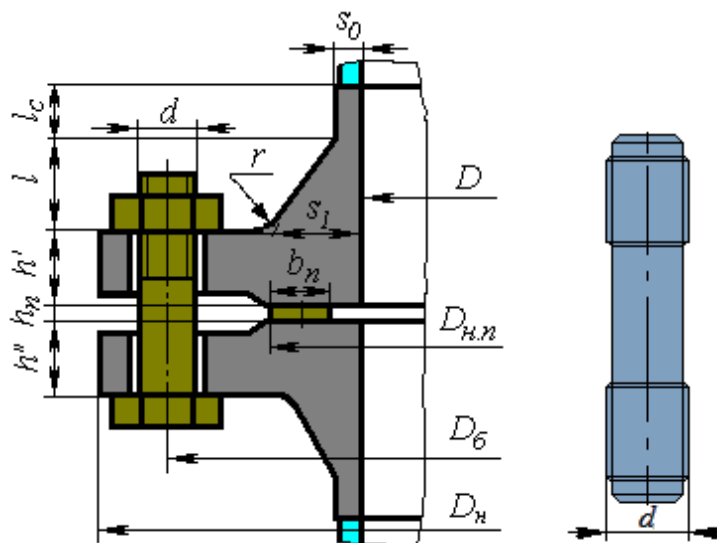


Рисунок 9. Расчетная схема фланцевого соединения

					ФЮРА.061634.001 ПЗ	Лист 35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Размеры уплотнительных поверхностей фланцев по ГОСТ 12815-80

$$D := 254 \text{ мм}$$

$$D_6 := 352 \text{ мм}$$

$$h_{п1} := 2.4 \text{ мм}$$

$$n := 12 \text{ шт}$$

$$D_{н1} := 402 \text{ мм}$$

$$d := 24 \text{ мм}$$

$$S_0 := 12 \text{ мм}$$

$$h_2 := 30 \text{ мм}$$

$$D_{нп} := 307 \text{ мм}$$

$$h_1 := 30 \text{ мм}$$

$$b_{п1} := 14 \text{ мм}$$

Усилия необходимые для смятия прокладки и обеспечения герметичности фланцевого соединения:

Эффективную ширину плоской прокладки вычисляют по формуле:

$$b_0 := b_{п1} = 14 \text{ мм} \quad \text{при } b_{п1} < 15 \text{ мм} \quad [7]$$

округляем в большую сторону

$$b_0 := 18 \text{ мм}$$

Расчетный диаметр плоских прокладок вычисляют по формуле:

$D_{нп}$ - наружный диаметр прокладки, мм по ГОСТ 52376-2005

$$D_{нп} := 307 \text{ мм}$$

Средний эффективный диаметр прокладки

$$D_{сп} := D_{нп} - b_0 = 289 \text{ мм} \quad [7]$$

Таблица 1. Характеристики прокладки по приложению И [7] для спирально навитой прокладки

Тип и материал прокладки	Коэффициент m	Удельное давление обжатия $q_{обж}$, МПа	Допускаемое удельное давление $[q]$, МПа	Коэффициент обжатия K	Условный модуль сжатия E_n , МПа
Спирально-навитая с лентой из нержавеющей стали	3	69	-	-	-

Усилие, необходимое для смятия прокладки при затяжке, N , вычисляют по формуле:

$q_{обж}$ - удельное давление обжатия прокладки, МПа

$$q_{обж} := 15 \text{ МПа},$$

$$R_{обж} := 0.5 \cdot \pi \cdot D_{сп} \cdot b_0 \cdot q_{обж} = 1.553 \times 10^5 \text{ Н} \quad [7]$$

					ФЮРА.061634.001 ПЗ	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Усилие на прокладке в рабочих условиях, H , необходимое для обеспечения герметичности фланцевого соединения, вычисляют по формуле:

$$m := 3$$

прокладочный коэффициент, согласно приложению И1 [7]

$p := 1.6 \text{ МПа}$ расчетное давление сосуда

$$R_{п} := \pi \cdot D_{сп} \cdot b_0 \cdot m \cdot p = 7.844 \times 10^4 \text{ Н} \quad [7]$$

Усилие в шпильках фланцевого соединения при затяжке и в рабочих условиях

Суммарную площадь сечения шпилек по внутреннему диаметру резьбы или нагруженному сечению наименьшего диаметра вычисляют по формуле:

f_6 - площадь поперечного сечения шпильки

$$f_6 := 38 \text{ мм}^2 \text{ согласно приложения Д [7] для шпилек М24 с проточкой}$$

$$A_6 := n \cdot f_6 = 4.56 \times 10^3 \text{ мм}^2 \quad [7]$$

Равнодействующую нагрузку от давления вычисляют, H :

$$Q_d := 0.785 \cdot D_{сп}^2 \cdot p = 1.049 \times 10^5 \text{ Н} \quad [7]$$

Приведенную нагрузку, вызванную воздействием внешней силы и изгибающего момента, вычисляют по формуле:

$$Q_{FM} := F + \frac{4M}{D_{сп}}$$

где: M - внешний изгибающий момент, $\text{Н} \cdot \text{мм}$

F - внешняя осевая сила, сжимающая со знаком минус, Н

Для фланцевого соединения А1 внешняя осевая сила будет равна 0 так как отсутствует растягивающее или сжимающее усилие. Момент силы также принимаем равным 0, так как фланцевое соединение находится на обечайке между двух опор. Поэтому приведенную нагрузку, вызванную воздействием внешней силы и изгибающего момента в дальнейших вычислениях в расчет, не принимаем.

Нагрузку, вызванную стесненностью температурных деформаций в соединениях с приварными встык фланцами:

$$\alpha_{ф1} := 0.000011 \text{ } \frac{1}{\text{С}^0}$$

$$\alpha_{ф2} := 0.000011 \text{ } \frac{1}{\text{С}^0}$$

Таблица Г1 [3]

$$h_{11} := 30 \text{ мм}$$

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$h_{22} := 30 \text{ мм}$$

$$h_{ш} := 4 \text{ мм}$$

[11]

$$\alpha_{ш1} := 0.000012 \frac{1}{\text{C}^0}$$

$$\alpha_{ш2} := \alpha_{ш1}$$

$$t_{\phi 1} := 50 \text{ C}^0$$

$$t_{\phi 2} := t_{\phi 1}$$

$$t_{\phi} := t_{\phi 1}$$

$$\alpha_{\phi} := 0.000011 \frac{1}{\text{C}^0}$$

приложение Ж2 [7]

$$Q_t := \gamma \cdot [(\alpha_{\phi 1} \cdot h_{11} + \alpha_{ш1} \cdot h_{ш}) \cdot (t_{\phi 1} - 20) + (\alpha_{\phi 2} \cdot h_{22} + \alpha_{ш2} \cdot h_{ш}) \cdot (t_{\phi 2} - 20) - \alpha_{\phi} \cdot (h_{11} + h_{22}) \cdot (t_{\phi} - 20)]$$

γ - коэффициент жесткости фланцевого соединения определяем в соответствии с приложением Е [1]

$\alpha_{\phi 1}$, $\alpha_{\phi 2}$ - температурный коэффициент линейного расширения материала фланца (09Г2С) при расчетной температуре 50С, 1/С

h_{11} , h_{22} - толщина тарелки фланца, мм

$h_{ш}$ - толщина шайбы, мм

$\alpha_{ш1}$, $\alpha_{ш2}$ - температурный коэффициент линейного расширения материала шайбы (08кп) при расчетной температуре 50С, 1/С

$t_{\phi 1}$, $t_{\phi 2}$ - расчетная температура фланца, С

t_{ϕ} - расчетная температура болта, С

α_{ϕ} - температурный коэффициент линейного расширения материала шпильки (20ХН3А) при расчетной температуре 50С, 1/С

Податливость шпилек

$E_{620} := 2.15 \cdot 10^5$ модуль продольной упругости материала шпильки (20ХН3А) при $t = 20 \text{ C}$, приложение Ж [1], МПа

$f_{ш} := 32^2 \text{ мм}^2$, площадь поперечного сечения шпильки по внутреннему диаметру резьбы, приложение Д [1]

$n_{ш} := 12$ шт, количество шпилек

$d_{\phi} := 2^2 \text{ мм}$ диаметр шпильки

Эффективная длина резьбы

$$L_{\phi 0} := h_{11} + h_{22} + h_{п} + (h_1 - h_2) + h_{ш} \cdot 2 = 70.5 \text{ мм}$$

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Эффективная длина шпильки

$$L_6 := L_{60} + 0.5d_6 = 83.94 \text{ мм} \quad [7]$$

$$y_6 := \frac{L_6}{E_{620} \cdot f_{ш} \cdot n} = 1.004 \times 10^{-7} \text{ мм/Н} \quad [7]$$

$$t_1 := \begin{pmatrix} 20 \\ 100 \end{pmatrix} \quad E_6 := \begin{pmatrix} 2.15 \cdot 10^5 \\ 2.12 \cdot 10^5 \end{pmatrix} \quad t_p := 50 \quad [7]$$

$$E_6 := \text{Floor}(\text{linterp}(t_1, E_6, t_p), 0.1)$$

$E_6 = 2.139 \times 10^5$ модуль продольной упругости материала шпильки (20ХН3А) при $t = 50^\circ\text{C}$

, приложение Ж [7], МПа

Для фланцевых соединений с приварными встык фланцами с прямой втулкой:

$$\beta_F := 0.91$$

$$\beta_v := 0.54$$

$$f := 1$$

$S_0 := 12 \text{ мм}$, толщина втулки приварного встык фланца (см. рисунок)

$D_v := 254 \text{ мм}$, диаметр втулки фланца

$$l_0 := \sqrt{D_v \cdot S_0} = 55.209 \text{ мм}, \text{ параметр длины обечайки, мм} \quad [7]$$

$D_{фн} := 405 \text{ мм}$, диаметр тарелки фланца наружный

$D_{фв} := 305 \text{ мм}$ диаметр тарелки фланца внутренний

$$K := \frac{D_{фн}}{D_{фв}} = 1.337 \quad [7]$$

$$\beta_T := \frac{K^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K)) - 1}{(1.05 + 1.945 \cdot K^2) \cdot (K - 1)} = 1.78 \quad [7]$$

$$\beta_U := \frac{K^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K)) - 1}{1.36 \cdot (K^2 - 1) \cdot (K - 1)} = 7.529 \quad [7]$$

$$E_{20} := 1.99 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

модуль продольной упругости материала фланца 09Г2С при $t = 20^\circ\text{C}$, приложение В [3], МПа

$$h := 30 \text{ мм}$$

Коэффициент вычисляют по формуле:

$$\lambda := \frac{\beta_F \cdot h \cdot l_0}{\beta_T \cdot l_0} + \frac{\beta_v \cdot h^3}{\beta_U \cdot l_0 \cdot S_0^2} = 15.585 \quad [7]$$

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Угловую податливость фланца при затяжке вычисляют по формуле:

$$y_{\phi 1} := \frac{0.91 \cdot \beta v}{E_{20} \cdot \lambda \cdot S_0^2 \cdot l_0} = 2.03 \times 10^{-11} \quad [7]$$

$E_{120} := E_{20}$ модуль продольной упругости материала фланца (09Г2С) при t 20°C, приложение В ГОСТ 34233.1-2017, МПа

$E_{220} := E_{20}$ модуль продольной упругости материала фланца при расчетной температуре 50°C, приложение В [3], МПа

$$E_1 := 1.81 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

$$y_{\phi 2} := y_{\phi 1}$$

$$E_2 := E_1$$

Плечо действия сил в шпильках для приварных встык фланцев:

$D_6 = 355$ мм, диаметр окружности расположения болтов (шпилек, см. рисунок 9)

$$b := 0.5 \cdot (D_6 - D_{сп}) = 33 \text{ мм} \quad [7]$$

$$y_{п} := C$$

Для спирально витых прокладок, см. таблицу 1

$$\gamma := \frac{1}{y_{п} + y_6 \cdot \frac{E_{620}}{E_6} + \left(y_{\phi 1} \cdot \frac{E_{120}}{E_1} + y_{\phi 2} \cdot \frac{E_{220}}{E_2} \right) \cdot b^2} = 6.687 \times 10^6 \quad [7]$$

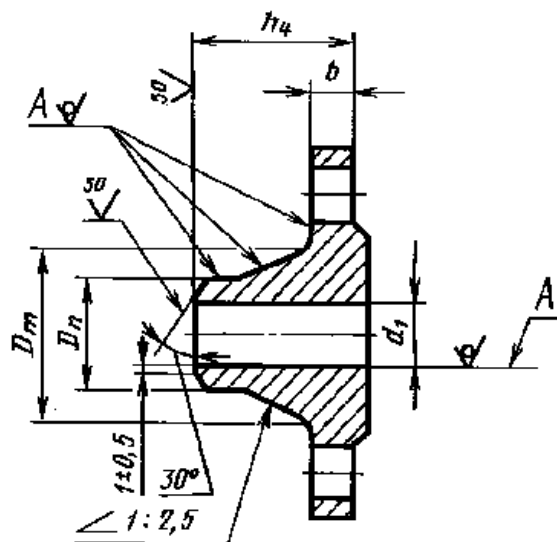


Рисунок 10. Расчетная схема фланца

Размеры фланца приварного встык диаметром Ду 300 мм по ГОСТ 12821-80:

$$d_1 := 254 \text{ мм}$$

					ФЮРА.061634.001 ПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$h_f := 23 \text{ мм}$$

$$h_4 := 64 \text{ мм}$$

$$D_m := 292 \text{ мм}$$

$$D_n := 274 \text{ мм}$$

Нагрузку вызванную стесненностью температурных деформаций в соединениях с приварными встык фланцами:

$$Q_t = 2.355 \times 10^{-3} \text{ Н} \quad [7]$$

Длина конической части втулки:

$$l := \frac{(D_m - D_n)}{2} \cdot 2.5 = 17.5 \text{ мм} \quad [7]$$

См. рисунок 9

$$S_1 := \frac{D_m - d_1}{2} = 19 \text{ мм}$$

$$x := \frac{1}{\sqrt{d_1 \cdot S_0}} = 0.317 \quad [7]$$

$$\beta := \frac{S_1}{S_0} = 1.583 \quad [7]$$

По графику (рисунок E1 [7]) определяем:

$$\zeta := 1.2$$

Эквивалентная толщина втулки фланца приварного встык:

$$S_э := \zeta \cdot S_0 = 14.4 \text{ мм} \quad [7]$$

Плечо усилия от действия давления внутри фланца:

$$e_1 := 0.5(D_{сп} - d_1 - S_э) = 10.3$$

$$e_2 := e_1 \quad [7]$$

α - коэффициент жесткости фланцевого соединения, нагруженного внутренним давлением и или внешней осевой силой, для приварных встык определяется:

$$\alpha := 1 - \frac{y_п - (y_ф1 \cdot e_1 + y_ф2 \cdot e_2) \cdot b}{y_п + y_б + (y_ф1 + y_ф2) \cdot b^2} = 1.095 \quad [7]$$

Угловую податливость фланца ($y_фн$), нагруженного внешним изгибающим моментом, для приварных встык фланцев рассчитываем:

$$D_n := D = 254 \text{ мм}$$

наружный диаметр фланца, мм, (см. рисунок 9)

$$h_f = 23 \text{ мм}$$

толщина тарелки фланца, мм,

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$y_{\text{фн}} := \left(\frac{\pi}{4}\right)^3 \cdot \frac{D_{\text{б}}}{E_{20} \cdot D_{\text{н}} \cdot h_{\text{ф}}^3} = 2.797 \times 10^{-10} \quad [7]$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения, нагруженного внутренним давлением или внешней осевой силой, для приварных встык фланцев:

$$\alpha_{\text{М}} := y_{\text{б}} + 2 \cdot y_{\text{фн}} \cdot b \cdot \left(b + e - \frac{e^2}{D_{\text{сп}}}\right) = 7.592 \times 10^{-7} \quad [7]$$

Расчетная нагрузка на шпильки при затяжке, необходимая для обеспечения в рабочих условиях давления на прокладку, достаточного для герметизации фланцевого соединения:

$$P_{\text{б1}} := \max \left[\alpha \cdot (Q_{\text{д}}) + R_{\text{п}} + \frac{4\alpha_{\text{М}}}{D_{\text{сп}}}, \left[\alpha \cdot (Q_{\text{д}}) + R_{\text{п}} + \frac{4\alpha_{\text{М}}}{D_{\text{сп}}} - Q_{\text{т}} \right] \right] \quad [7]$$

$$P_{\text{б1}} = 1.934 \times 10^5 \text{ Н}$$

Расчетная нагрузка на шпильки при затяжке, необходимая для обеспечения обжатия прокладки и минимального начального натяжения шпилек:

номинальное допускаемое напряжение для шпилек из стали 20ХНЗА при расчетной температуре 50 °С определяем по таблице Г1 [7]

$$\sigma_{\text{бн}} := 236 \text{ МПа}$$

$$P_{\text{б2}} := \max [P_{\text{обж}}, (0.44 \cdot A_{\text{б}} \cdot \sigma_{\text{бн}})] = 4.615 \times 10^5 \text{ Н} \quad [7]$$

Расчетную нагрузку на шпильки фланцевых соединений при затяжке вычисляют по формуле:

$$P_{\text{бм}} := \max (P_{\text{б1}}, P_{\text{б2}}) = 4.615 \times 10^5 \text{ Н} \quad [7]$$

Расчетную нагрузку на шпильки фланцевого соединения А1 в рабочих условиях вычисляем по формуле:

$$P_{\text{рб}} := P_{\text{бм}} + (1 - \alpha) \cdot (Q_{\text{д}}) + Q_{\text{т}} + 4 = 4.515 \times 10^5 \text{ Н} \quad [7]$$

Проверка прочности шпилек и прокладки:

Расчетные напряжения в шпильках вычисляют по формулам:

при затяжке:

$$\sigma_{\text{б1}} := \frac{P_{\text{бм}}}{A_{\text{б}}} = 101.2 \text{ МПа} \quad [7]$$

в рабочих условиях:

$$\sigma_{\text{б2}} := \frac{P_{\text{рб}}}{A_{\text{б}}} = 99.006 \text{ МПа} \quad [7]$$

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Допускаемое напряжение для шпилек при затяжке:

$$\zeta_s := 1.2$$

коэффициент увеличения допускаемых напряжений при затяжке

$$K_{ур} := 1.0$$

коэффициент условий работы для рабочих условий

$$K_{уз} := 1.0$$

коэффициент условий затяжки для обычной неконтролируемой затяжке

$$K_{ут} := 1.2$$

коэффициент учета нагрузки от температурных деформаций с учетом нагрузки

$$\sigma_{бм} := \zeta \cdot K_{ур} \cdot K_{уз} \cdot K_{ут} \cdot \sigma_{бн} = 358.8 \text{ МПа} \quad [7]$$

Допускаемое напряжение для шпилек в рабочих условиях и при расчете на условия испытания:

$$K_{ур} := 1.3$$

коэффициент условий работы для условий испытаний

$$\sigma_{бр} := K_{ур} \cdot K_{уз} \cdot K_{ут} \cdot \sigma_{бн} = 403.65 \text{ МПа} \quad [7]$$

Условие прочности шпилек:

при затяжке

$$\sigma_{б1} \leq \sigma_{бм} \quad [7]$$

$$\sigma_{б1} = 101.2 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{бм} = 358.8 \text{ МПа}$$

Вывод: так как $\sigma_{б1} < \sigma_{бм}$ условие прочности шпилек при затяжке выполняется.

в рабочих условиях:

$$\sigma_{б2} \leq \sigma_{бр} \quad [7]$$

$$\sigma_{б2} = 99.006 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{бр} = 403.65 \text{ МПа}$$

Вывод: так как $\sigma_{б2} < \sigma_{бр}$ условие прочности шпилек в рабочих условиях и при условии испытаний выполняется.

Расчет фланцев на прочность.

для приварного встык фланца:

C_F , коэффициент, учитывающий изгиб тарелки фланца между шпильками

$$C_F := \max \left(1, \left(\sqrt{\frac{\frac{\pi \cdot D_б}{n}}{2d_б + \frac{6 \cdot h}{m + 0.5}}} \right) \right) = 1 \quad [7]$$

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Расчетный изгибающий момент, действующий на фланец при затяжке:

$$M_M := C_F \cdot P_{бм} \cdot b = 1.523 \times 10^7 \text{ Н*мм} \quad [7]$$

Расчетный изгибающий момент, действующий на фланец в рабочих условиях для приварного встык фланца:

$$M_p := C_F \cdot \max\{P_{рб} \cdot b + Q_d \cdot e_1, (Q_d \cdot e_1)\} = 1.598 \times 10^7 \text{ Н*мм} \quad [7]$$

Расчетные напряжения во фланце при затяжке:

Меридиональное изгибное напряжение для приварных встык фланцев с конической втулкой в сечении S1 :

$c_s := c$ мм прибавка на коррозию

$$\sigma_{1M} := \frac{M_M}{\lambda \cdot (S1 - c)^2 \cdot D} = 10.657 \text{ МПа} \quad [7]$$

для приварных встык фланцев с конической втулкой в сечении S0:

$$\sigma_{0M} := f \cdot \sigma_{1M} = 10.657 \text{ МПа} \quad [7]$$

Напряжение в тарелке для приварных встык фланцев:

Радиальное напряжение:

$$\sigma_{mR} := \frac{(1.33 \cdot \beta_F \cdot h_{11} + l_0)}{\lambda \cdot h_{11}^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_M = 7.086 \text{ МПа} \quad [7]$$

$$\beta_Y := \frac{1}{K - 1} \cdot \left(0.69 + 5.72 \cdot \frac{K^2 \cdot \log(K)}{K^2 - 1} \right) = 6.913 \quad [7]$$

$$\beta_Z := \frac{K^2 + 1}{K^2 - 1} = 3.543 \quad [7]$$

Окружное напряжение:

$$\sigma_{mT} := \frac{\beta_Y \cdot M_M}{h_{11}^2 \cdot D} - \beta_Z \cdot \sigma_{mR} = 435.417 \text{ МПа} \quad [7]$$

Расчетные напряжения во фланце в рабочих условиях для приварных встык фланцев с конической втулкой в сечении S1:

$$\sigma_{p1} := \frac{M_p}{\lambda \cdot (S1 - c)^2 \cdot D} = 11.182 \text{ МПа} \quad [7]$$

для приварных встык с конической втулкой в сечении S0:

$$\sigma_{p0} := f \cdot \sigma_{p1} = 11.182 \text{ МПа} \quad [7]$$

Меридиональное мембранное напряжение для приварных встык фланцев с конической втулкой в сечении S1 :

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\sigma_{p1mm} := \frac{0.785 \cdot D^2 \cdot p}{\pi \cdot (D + S1) \cdot (S1 - c)} = 4.973 \text{ МПа} \quad [7]$$

для приварных встык фланцев с конической втулкой в сечении S0 :

$$\sigma_{p0mm} := \frac{0.785 \cdot D^2 \cdot p}{\pi \cdot (D + S0) \cdot (S0 - c)} = 8.081 \text{ МПа} \quad [7]$$

Окружное мембранное напряжение для приварных встык фланцев с конической втулкой в сечении S0:

$$\sigma_{p0mo} := \frac{p \cdot D}{2(S0 - c)} = 16.933 \text{ МПа} \quad [7]$$

Напряжения в тарелке приварного встык фланца:

радиальное напряжение:

$$\sigma_{pR} := \frac{(1.33 \cdot \beta_F \cdot h11 + l_0)}{\lambda \cdot h11^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_p = 7.435 \text{ МПа} \quad [7]$$

окружное напряжение:

$$\sigma_{pT} := \frac{\beta_Y \cdot M_p}{h11^2 \cdot D} - \beta_Z \cdot \sigma_{pR} = 456.871 \text{ МПа} \quad [7]$$

Условия статической прочности фланцев приварных встык с конической втулкой в сечении S1:

при затяжке

$$\max(\sigma_{1m} + \sigma_{mR}, (\sigma_{1m} + \sigma_{mT})) \leq K_S \cdot K_T \cdot \sigma_m \quad [7]$$

σ_m , допускаемое значение общих мембранных и изгибных напряжений по [3]

$K_T := 1.5$, коэффициент увеличения допускаемых напряжений с учетом температурных деформаций

K_S , коэффициент учета размеров тарелки фланца, определяем методом линейной интерполяции

$$K := \begin{pmatrix} 1.4 \\ 2.0 \end{pmatrix} \quad K_{Sc} := \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} \quad K_p := 1.6 \quad K_S := \text{Floor}(\text{linterp}(K, K_{Sc}, K_p), 0.01)$$

$$K_S = 1.33 \quad t1 := \begin{pmatrix} 20 \\ 100 \end{pmatrix} \quad \sigma := \begin{pmatrix} 196 \\ 177 \end{pmatrix} \quad t_p := 50 \quad \text{Таблица A1 [8]}$$

$\sigma := \text{Floor}(\text{linterp}(t1, \sigma, t_p), 0.1) \quad \sigma = 188.8 \text{ МПа}$, допускаемое напряжение для материала фланца (09Г2С) при расчетной температуре 50 °С, ГОСТ 34233.1

$$\sigma_m := 1.5 \cdot \sigma = 283.2 \text{ МПа} \quad [3]$$

$$\max(\sigma_{1m} + \sigma_{mR}, \sigma_{1m} + \sigma_{mT}) = 446.074 \text{ МПа}$$

					ФЮРА.061634.001 ПЗ	Лист 45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$K_S \cdot K_T \cdot \sigma_m = 489.653 \text{ МПа}$$

в рабочих условиях:

$$\max\{\sigma_{p1} - \sigma_{p1mm} + \sigma_{mR}, (\sigma_{p1} - \sigma_{p1mm} + \sigma_{pT}), (\sigma_{p1} + \sigma_{p1mm})\} \leq K_S \cdot K_T \cdot \sigma_m \quad [7]$$

$$\max\{\sigma_{p1} - \sigma_{p1mm} + \sigma_{mR}, (\sigma_{p1} - \sigma_{p1mm} + \sigma_{pT}), (\sigma_{p1} + \sigma_{p1mm})\} = 463.08 \text{ МПа}$$

$$K_S \cdot K_T \cdot \sigma_m = 489.653 \text{ МПа}$$

$$208.39 \text{ МПа} \text{ меньше } 427.92 \text{ МПа}$$

Вывод: условие статической прочности выполняется

Условия статической прочности фланцев приварных встык с конической втулкой в сечении S0:

при затяжке:

$$\sigma_{m0} \leq 1.3 \cdot \sigma_R$$

$$\sigma_R := 3\sigma$$

$$\sigma_{m0} := \sigma_m$$

$$\sigma_{m0} = 283.2 \text{ МПа} \text{ меньше } 1.3\sigma_R = 736.32 \text{ МПа} \quad [7]$$

при рабочих условиях:

$$\max\{\sigma_{p0} \pm \sigma_{p0mm}, (0.3\sigma_{p0} \pm \sigma_{p0mo}), (0.7\sigma_{p0mo} \pm \sigma_{p0mm})\} \leq 1.3 \cdot \sigma_R \quad [7]$$

$$\max\{\sigma_{p0} + \sigma_{p0mm}, 0.3\sigma_{p0} + \sigma_{p0mo}, (0.7\sigma_{p0mo} + \sigma_{p0mm})\} = 20.288 \text{ МПа}$$

$$\max\{\sigma_{p0} - \sigma_{p0mm}, 0.3\sigma_{p0} - \sigma_{p0mo}, 0.7\sigma_{p0mo} - \sigma_{p0mm}\} = 3.773 \text{ МПа}$$

$$71.09 \text{ МПа} \text{ меньше } 643. \text{ МПа}$$

Вывод: условие статической прочности выполняется

Для всех типов фланцев в сечении S0 должно выполняться условие:

$$\max\{\sigma_{p0mm}, \sigma_{p0mo}\} \leq \sigma \quad [7]$$

$$\max\{\sigma_{p0mm}, \sigma_{p0mo}\} = 16.933 \text{ МПа} < \sigma = 188.8 \text{ МПа}$$

Вывод: условие выполняется

Для тарелок приварных встык фланцев должно выполняться условие:

при затяжке:

$$\max\{\sigma_{mR}, \sigma_{mT}\} \leq K_T \cdot \sigma \quad [7]$$

$$\max\{\sigma_{mR}, \sigma_{mT}\} = 435.417 \text{ МПа} \text{ меньше}$$

$$K_T \cdot \sigma = 245.44 \text{ МПа}$$

в рабочих условиях:

$$\max\{\sigma_{pR}, \sigma_{pT}\} \leq K_T \cdot \sigma \quad [7]$$

$$\max\{\sigma_{pR}, \sigma_{pT}\} = 456.871 \text{ МПа} \text{ меньше } K_T \cdot \sigma = 245.44 \text{ МПа}$$

Условия выполняются

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Проверка углов поворота фланцев

Угол поворота приварного встык фланца в рабочих условиях вычисляем:

$[\Theta] := 0.001$ рад, допускаемый угол поворота фланца приварного встык при D менее 400мм

$K_{\Theta} := 1$, коэффициент увеличения допускаемого угла поворота фланца

$$\Theta := M_p \cdot y_{\phi 1} \cdot \frac{E_{20}}{E_1} \leq K_{\Theta} \cdot [\Theta] \quad [7]$$

$$\Theta := M_p \cdot y_{\phi 1} \cdot \frac{E_{20}}{E_1} = 3.566 \times 10^{-4} \text{ рад} \quad \text{меньше} \quad K_{\Theta} \cdot [\Theta] = 6 \times 10^{-3} \text{ рад}$$

Размах условных упругих напряжений на наружной и внутренней поверхностях конической втулки приварного встык фланца в сечении S1 в условиях затяжки вычисляются по формулам:

меридианальное напряжение:

$$\sigma_{m1} := \sigma_{1m} = 10.657 \text{ МПа} \quad [7]$$

$$\sigma_{m2} := -\sigma_{1m} = -10.657 \text{ МПа} \quad [7]$$

окружное напряжение:

$$\sigma_{m4} := \sigma_{mT} = 435.417 \text{ МПа} \quad [7]$$

$$\sigma_{m3} := \sigma_{m4} = 435.417 \text{ МПа}$$

радиальное напряжение:

$$\sigma_{m6} := \sigma_{mR} = 7.086 \text{ МПа} \quad [7]$$

$$\sigma_{m5} := \sigma_{m6} = 7.086 \text{ МПа}$$

Размах условных упругих напряжений в меридиональном направлении на наружной и внутренней поверхностях конической втулки приварного встык фланца в сечении S0 в условиях затяжки вычисляются по формулам:

$$\sigma_{m01} := \sigma_{m0} = 283.2 \text{ МПа} \quad [7]$$

$$\sigma_{m02} := -\sigma_{m0} = -283.2 \text{ МПа} \quad [7]$$

Размах условных упругих напряжений на наружной и внутренней поверхностях конической втулки приварного встык фланца в сечении S1 в рабочих условиях вычисляются по формулам:

меридианальное напряжение:

$$\sigma_{r11} := \sigma_{r1} + \sigma_{r1mm} = 16.154 \text{ МПа} \quad [7]$$

$$\sigma_{r12} := -\sigma_{r1} + \sigma_{r1mm} = -6.209 \text{ МПа} \quad [7]$$

окружное напряжение:

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\sigma_{p13} := \sigma_T = 456.871 \text{ МПа} \quad [7]$$

$$\sigma_{p14} := \sigma_{p13} = 456.871 \text{ МПа}$$

радиальное напряжение:

$$\sigma_{p15} := \sigma_R = 7.435 \text{ МПа} \quad [7]$$

$$\sigma_{p16} := \sigma_{p15} = 7.435 \text{ МПа}$$

Размах условных упругих напряжений на наружной и внутренней поверхностях конической втулки приварного встык фланца в сечении S0 в рабочих условиях вычисляют по формулам:

меридианальное напряжение:

$$\sigma_{p01} := \sigma_0 + \sigma_{0\text{мм}} = 19.262 \text{ МПа} \quad [7]$$

$$\sigma_{p02} := -\sigma_0 + \sigma_{0\text{мм}} = -3.101 \text{ МПа} \quad [7]$$

окружное напряжение:

$$\sigma_{p03} := \sigma_{0\text{мо}} + 0.3\sigma_0 = 20.288 \text{ МПа} \quad [7]$$

$$\sigma_{p04} := \sigma_{0\text{мо}} - 0.3\sigma_0 = 13.579 \text{ МПа} \quad [7]$$

Расчетные амплитуды приведенных условных упругих напряжений:

Для приварных встык фланцев с конической втулкой амплитуду приведенных условных упругих напряжений при затяжке вычисляют по формуле:

$r := 5 \text{ мм}$, радиус скругления в основании втулки

$$\frac{r}{S1} = 0.263$$

$\alpha_\sigma := 2$ коэффициент концентрации напряжений,

определяется графически

(Рисунок №4) [7]

$$\sigma_a := \frac{\max\{(\alpha_\sigma \cdot |\sigma_{m11}|), (|\sigma_{m12} - \sigma_{m14}|), (|\sigma_{m12} - \sigma_{m16}|), (|\sigma_{m01}|)\}}{2} = 223.037 \text{ МПа}$$

для шпилек:

$$\sigma_a := \frac{1.8 \cdot \sigma_{b1}}{2} = 91.08 \text{ МПа} \quad [7]$$

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Расчет опорной обечайки и опорного кольца

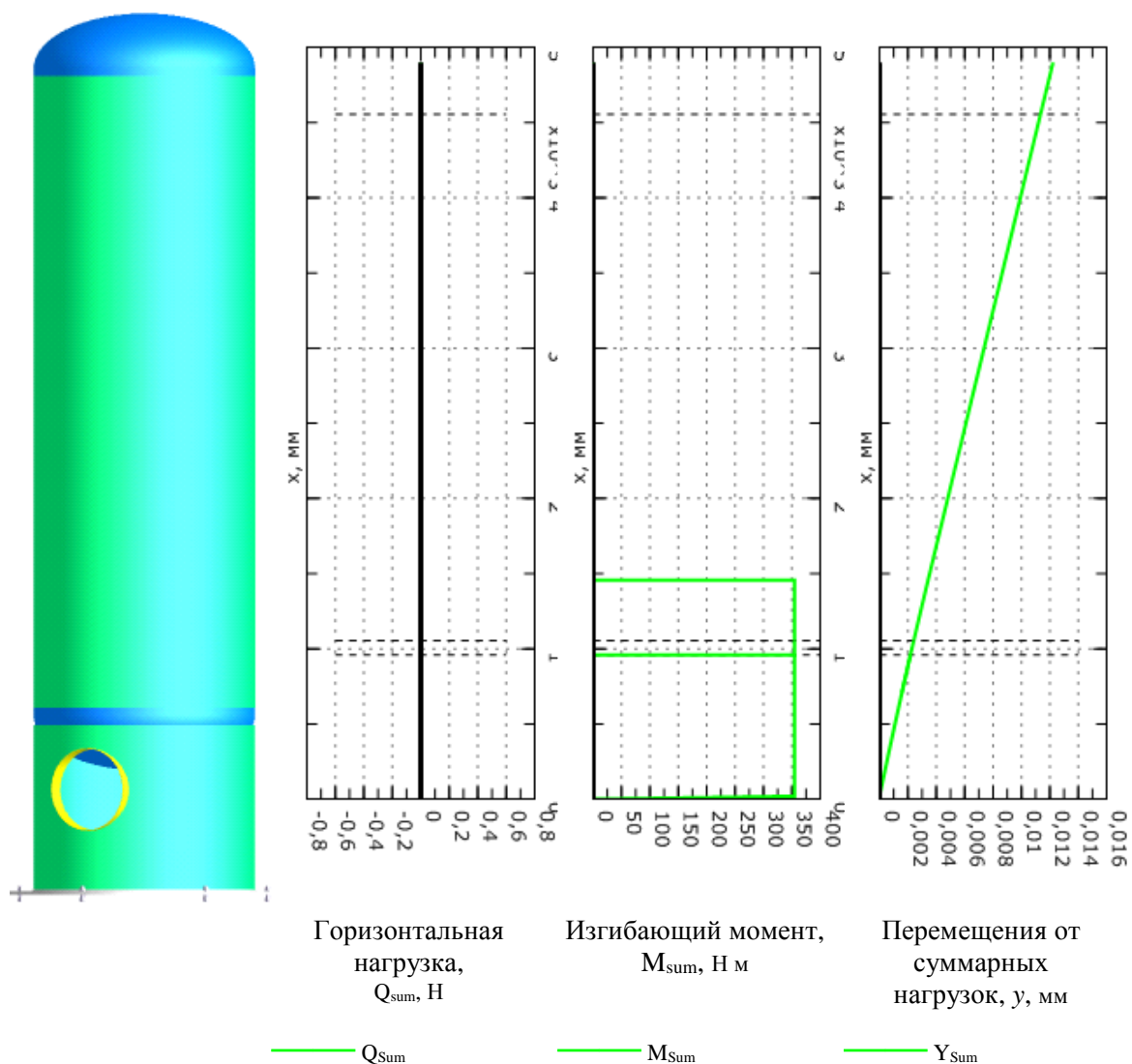


Рисунок 11. Суммарные нагрузки, действующие на аппарат

Таблица 2. Нагрузки, действующие на элементы аппарата

Элемент корпуса	Высота до начала элемента, мм	Вертикальная нагрузка, Н (F)	Горизонтальная нагрузка, Н	Изгибающий момент, Н м (M)
Опора колонного аппарата №1	0	$(-2,666 \cdot 10^4)$	0	354,3
Днище эллиптическое	940	$(-2,05 \cdot 10^4)$	0	354,3
Обечайка цилиндрическая №1	1036	$(-2,022 \cdot 10^4)$	0	354,3
Крышка эллиптическая	4536	(-1362)	0	0

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ФЮРА.061634.001 ПЗ

Лист
49

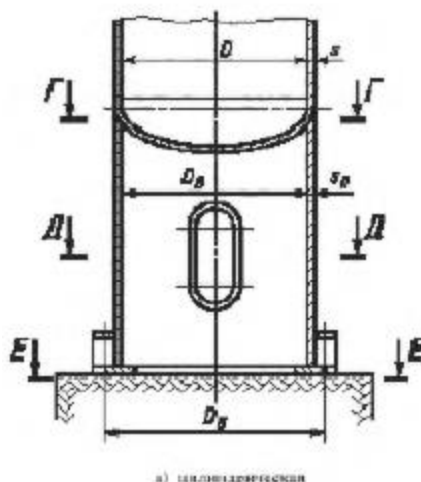
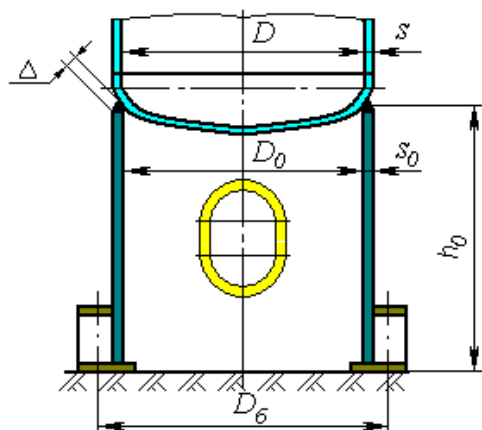


Рисунок 12. Расчетная схема элемента "Опора"

Несущий элемент: Днище эллиптическое
 Высота опоры, h_0 : 940 мм
 Диаметр верхнего основания, D_0 : 1200 мм

Материал: 09Г2С
 Толщина стенки, s_0 : 14 мм
 Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, c_1 : 2 мм
 Прибавка для компенсации минусового допуска, c_2 : 0,8 мм
 Прибавка технологическая, c_3 : 0 мм
 Сумма прибавок к расчётной толщине стенки, c : 2,8 мм

Условия нагружения:

Расчётная температура, T : 50 °С
 Расчётный изгибающий момент в верхнем сечении: 354,3 Н м
 Расчётный изгибающий момент в нижнем сечении: 354,3 Н м
 Расчётное поперечное усилие в верхнем сечении: 0 Н
 Расчётное поперечное усилие в нижнем сечении: 0 Н
 Расчётное осевое сжимающее усилие, F : $2,666 \cdot 10^4$ Н

Параметры опасного сечения

Координата сечения (от нижней точки основания): $x = 582$ мм
 Диаметр в опасном сечении: $D_2 = 1200$ мм
 Элемент, содержащий опасное сечение: Цилиндрический участок опоры
 Площадь: $A = 2,88 \cdot 10^4$ мм²
 Толщина стенки в опасном сечении: $s' = 14$ мм
 Суммарная прибавка в опасном сечении: $c' = 2,8$ мм

$$A := 2,88 \cdot 10^4 \text{ м}^2$$

$$D := 1200 \text{ мм}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

$$s_{\text{max}} := 14 \text{ мм}$$

$$c_{\text{max}} := 2.5 \text{ мм}$$

$$\sigma := 188 \text{ МПа}$$

Для изготовления фундамента принимаем бетон марки В10 (М150)

Допускаемое осевое сжимающее усилие [18]

$$F_{\text{п}} := \pi \cdot (D + s - c) \cdot (s - c) \cdot \sigma = 8.033 \times 10^6 \text{ Н}$$

Модуль продольной упругости для стали 09Г2С при рабочей температуре 50 °С

$$E := 1.96 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Допускаемое осевое сжимающее усилие из условия местной устойчивости

Коэффициент запаса устойчивости для рабочих условий

$$n_{\text{у}} := 2.4 \quad [18]$$

$$F_{\text{e1}} := \frac{31.0 \cdot 10^{-5} \cdot E}{n_{\text{у}}} \cdot D^2 \cdot \left[\frac{100 \cdot (s - c)}{D} \right]^{2.5} = 3.068 \times 10^7 \text{ Н} \quad [18]$$

Расчетная длина от действия осевой силы

$$l_{\text{р}} := 92 \text{ мм} \quad [17]$$

Приведенная длина от действия осевой силы

$$l_{\text{пр}} := 2 \cdot l_{\text{р}} = 1.84 \times 10^3 \text{ м} \quad [17]$$

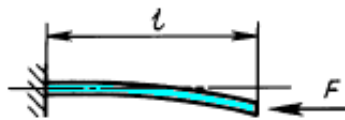


Рисунок 13. Схема к расчету

Гибкость

$$\lambda := \frac{2.83 \cdot l_{\text{пр}}}{D + s - c} = 4.299 \quad [18]$$

Допускаемое осевое сжимающее усилие из условия общей устойчивости

$$F_{\text{e2}} := \frac{\pi \cdot (D + s - c) \cdot (s - c) \cdot E}{n_{\text{у}}} \cdot \left(\frac{\pi}{\lambda} \right)^2 = 1.858 \times 10^9 \text{ Н} \quad [18]$$

Допускаемое осевое сжимающее усилие из условия устойчивости

$$F_{\text{е}} := \min(F_{\text{e1}}, F_{\text{e2}}) = 3.068 \times 10^7 \text{ Н} \quad [18]$$

Допускаемое осевое сжимающее усилие

$$F_{\text{доп}} := \frac{F_{\text{п}}}{\sqrt{1 + \left(\frac{F_{\text{п}}}{F_e}\right)^2}} = 7.771 \times 10^6 \quad \text{Н} \quad [18]$$

Допускаемый изгибающий момент из условия прочности со стороны сжатия

$$M_{\text{п}} := \frac{D}{4} \cdot F_{\text{п}} = 2.41 \times 10^6 \quad \text{Н} \cdot \text{м} \quad [18]$$

Допускаемый изгибающий момент из условия устойчивости в пределах упругости

$$M_e := \frac{D}{3.5} \cdot F_{e1} = 1.052 \times 10^7 \quad \text{Н} \cdot \text{м} \quad [18]$$

Допускаемый изгибающий момент

$$M_{\text{доп}} := \frac{M_{\text{п}}}{\sqrt{1 + \left(\frac{M_{\text{п}}}{M_e}\right)^2}} = 2.349 \times 10^6 \quad \text{Н} \cdot \text{м} \quad [17]$$

$$\psi_1 := \frac{A}{\pi \cdot (D + s - c) \cdot (s - c)} = 0.676 \quad [17]$$

Наименьший момент сопротивления

$$W_{\text{min}} := 0.00615 \text{ м}^3 \quad [17]$$

$$\psi_2 := \frac{4 \cdot W \cdot 10^9}{\pi \cdot (D + s - c)^2 \cdot (s - c)} = 0.477 \quad [17]$$

Расстояние от оси до центра тяжести

$$b := c \text{ мм} \quad [17]$$

$$\psi_3 := \frac{b}{D} = 0 \quad [17]$$

Осевая нагрузка, действующая в сечении $x = 582 \text{ мм}$

$$F := 2.666 \cdot 10^4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Изгибающий момент, действующий в сечении $x = 582 \text{ мм}$

$$M := 354.1 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Устойчивость опорной обечайки в опасном сечении

Условие устойчивости выполнено

$$\frac{F}{\psi_1 \cdot F_{\text{доп}}} + \frac{M + F \cdot \psi_3 \cdot D}{\psi_2 \cdot M_{\text{доп}}} = 5.393 \times 10^{-3} \quad [17]$$

$$5.841 \times 10^{-3} \leq 1$$

Прочность сварного шва, соединяющего корпус сепаратора с обечайкой опоры

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

(сечение Г-Г)

$\Delta := 10$ См. рисунок 12

$$\frac{1}{\pi D \cdot \Delta} \cdot \left(\frac{4M}{D} + F \right) = 0.707 \text{ МПа} \quad [17]$$

$$0.8\sigma = 150.8 \text{ МПа}$$

$$0.707 \leq 150.8$$

Условие прочности выполнено

Обечайка, работающая под совместным действием нагрузок (наружного давления, осевого сжимающего усилия, изгибающего момента и поперечного усилия)

Наружное давление отсутствует

$$p := 0$$

Поперечное усилие отсутствует

$$Q := 0$$

$$\frac{F}{F_{\text{доп}}} + \frac{M}{M_{\text{доп}}} = 3.581 \times 10^{-3} \text{ меньше } 1 \quad [17]$$

Условие устойчивости выполнено

Обечайка нагруженная осевым растягивающим усилием

$$\varphi_T := 1 \quad [17]$$

Допускаемое осевое растягивающее усилие

$$F_{\text{рдоп}} := \pi \cdot (D + s - c) \cdot (s - c) \cdot \sigma \cdot \varphi_T = 8.033 \times 10^6 \text{ Н} \quad [18]$$

Допускаемый изгибающий момент из условия прочности со стороны растяжения

$$M_{\text{пр}} := \frac{D}{4} \cdot F_{\text{рдоп}} = 2.41 \times 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad [18]$$

Обечайка работающая под совместным действием внутреннего давления, осевого растягивающего усилия и изгибающего момента

$$p_{\text{вн}} := 1.6 \text{ МПа}$$

См. таблицу 2

$$\frac{F + p \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}}{F_{\text{рдоп}}} + \frac{M}{M_{\text{пр}}} = 0.229 \quad [17]$$

меньше 1

Условие прочности выполнено

Дополнительный расчет на прочность устойчивость по ГОСТ 51274-99

Так как аппарат установлен в помещении, напряжения со всех сторон одинаковы

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Продольные напряжения

$$\sigma_{x1} := \frac{p \cdot (D + s)}{4 \cdot (s - c)} - \frac{F}{p \cdot D \cdot (s - c)} + \frac{4 \cdot M}{\pi \cdot D^2 \cdot (s - c)} = 42.117 \text{ МПа} \quad [17]$$

Кольцевые напряжения

$$\sigma_y := \frac{p \cdot (D + s)}{2 \cdot (s - c)} = 86.714 \text{ МПа} \quad [17]$$

Эквивалентные напряжения

$$\sigma_{\text{эжв1}} := \sqrt{\sigma_x1^2 - \sigma_x1 \cdot \sigma_y + \sigma_y^2} = 75.107 \text{ МПа} \quad [17]$$

Условие прочности:

$$\varphi := 1$$

$$\max(\sigma_{x1}, \sigma_{\text{эжв1}}) \leq \sigma \cdot \varphi$$

$$\max(\sigma_{x1}, \sigma_{\text{эжв1}}) = 75.107 \text{ МПа} \quad [17]$$

$$\sigma \cdot \varphi = 188.5 \text{ МПа}$$

$$116.448 < 188.5$$

Условие прочности выполнено

Условие устойчивости для аппаратов работающих под давлением и без давления

$$\frac{F}{F_{\text{доп}}} + \frac{M}{M_{\text{доп}}} = 3.581 \times 10^{-3} < 1 \text{ Условие устойчивости выполнено}$$

Опорное кольцо

Расчёт опорного узла по ГОСТ 24757–81

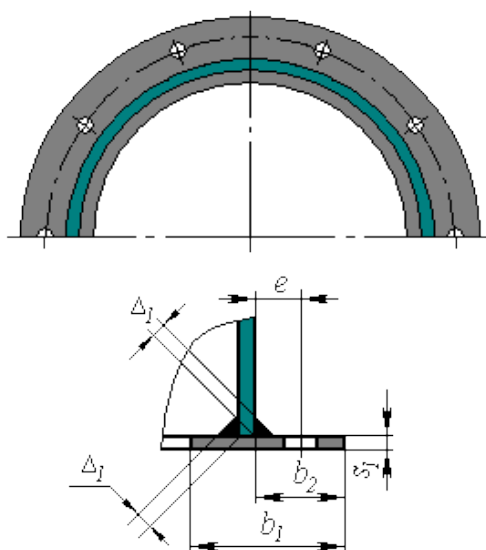


Рисунок 14. Опорное кольцо

					ФЮРА.061634.001 ПЗ	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 3. Исходные данные к расчету опорного кольца

Несущий элемент:	Опора колонного аппарата №1	
Тип элемента:	1	
Материал:	09Г2С Gr.ГОСТ 19281	
Исполнительная толщина нижнего опорного кольца, s ₁ :	22	мм
Ширина нижнего опорного кольца, b ₁ :	165	мм
Выступающая ширина нижнего опорного кольца, b ₂ :	140	мм
Толщина сварного шва в месте приварки опорной обечайки, D ₁ :	10	мм
Анкерные болты:		
Материал, принимаем по ГОСТ 24379.0-2012:	09Г2С (для климатического р-на I ₁) по ГОСТ 16350-80	
Номинальный диаметр, d:	24	мм
Количество, n	6	
Диаметр болтовой окружности, D _б :	1360	мм

Прочность анкерных болтов

$$D_b := 1360 \text{ мм}$$

См. таблицу 2

$$M \leq 0.44F \cdot D_b$$

$$0.44F \cdot D_b = 1.595 \times 10^7 > M = 354.3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Условие прочности выполнено

$$\chi_1 := 1$$

$$b_2 := 140$$

$$b_1 := 165$$

$$\sigma_{20} := 190$$

$$s_0 := 14$$

Толщина нижнего опорного кольца

$$\max \left[1.5 \cdot s_0 \cdot \chi_1 \cdot b_2 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\sqrt{\frac{\frac{4M}{D_b \cdot 10^{-3}} + F}{D_b \cdot 10^{-3} \cdot b_1 \cdot 10^{-3} \cdot \sigma_{20}}} + c \right) \right] = 21 \text{ мм} \quad [17]$$

21 мм < 22 мм Условие работоспособности выполнено

Ширина нижнего опорного кольца

Допускаемые напряжения для бетона класса В10 (М150)

$$\sigma_b := 6 \text{ МПа}$$

$$\frac{\frac{4M}{D_b} + F}{\pi \cdot D_b \cdot \sigma_b} = 1.04 \text{ мм} \quad [17]$$

$$b_1 = 165 > 1.04 \text{ Условие работоспособности выполнено} \quad [17]$$

					ФЮРА.061634.001 ПЗ	Лист
						55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-2К41	Рамазанову Салавату Зайнитдиновичу

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	НОЦ Н.М.Кижнера
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	«Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии »

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости в Иркутской области. Оклады в соответствии с окладами сотрудников АО «ВЧНГ»
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	30% премии 20% надбавки 10% накладные расходы 70% районный коэффициент
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления 28%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ конкурентных технических решений; Swot-анализ
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Планирование работ и графика разработки проекта: - структура работ; - определение трудоемкости выполнения работ; - формирование бюджета затрат на научное исследование; - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления во внебюджетные фонды; - накладные расходы.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Определение ресурсной эффективности исследования.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. *Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений*
2. *Матрица SWOT*
3. *Расчет бюджета затрат НИИ*
4. *Календарный план-график проведения НИИ*
5. *Оценка ресурсной эффективности НИИ*

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Подопригора И.В.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К41	Рамазанов Салават Зайнитдинович		

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Ресурсоэффективность и ресурсосбережение – одна из главных целей любого технологического процесса, прямо влияющая на конкурентоспособность предприятия. Для этого современному предприятию приходится заменять морально устаревшее оборудование, вносить изменения в технологические процессы производства. Достичь высокого уровня ресурсоэффективности можно в том числе и модернизацией существующего основного фонда, находя применение новейшим разработкам, внедряя так называемые «ноу хау». Как правило, модернизация существующей технологии, оборудования, экономически более выгодно и целесообразно в плане существенного уменьшения затрат на приобретение и строительство нового проекта.

В рамках данной выпускной работы предложено модернизировать вертикальный газовый сепаратор установки подготовки топливного газа, смонтировав в сепарационном пространстве дополнительное центробежное сепарационное устройство. Данная модернизация позволит, при весьма низких капитальных затратах, существенно повлиять на технологический процесс подготовки топливного газа:

- повысить степень сепарации попутного нефтяного газа от капельной жидкости (углеводородного конденсата и воды), а также приведет к существенному снижению механических примесей;

- увеличить срок службы дорогостоящих фильтров тонкой очистки газа;

- сократить затраты на подготовку топливного газа, используемого для выработки электрической энергии на электростанции собственных нужд, а следовательно себестоимости 1 кВт электроэнергии;

- минимизировать риски, связанные с возможностью выхода из строя компрессного оборудования в случае проскока жидкой фазы в рабочую полость компрессора;

Проведем расчет экономической эффективности дополнения сепаратора центробежным сепарационным устройством. Исходными данными для расчета являются:

- в вертикальном газовом сепараторе с внутренним диаметром 1,2 м сепарируется попутный нефтяной газ с расходом до 15000 м³/ч;

- стоимость одного центробежного сепарирующего устройства (изготавливается из стали 12X18H10T по индивидуальному проекту) 97 тыс. руб.;

- уменьшение содержания капельной жидкости и механических примесей на выходе из сепаратора теплопередачи в 1,5 раза;

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

– срок эксплуатации сепаратора 20 лет.

Расчет экономического эффекта за весь срок эксплуатации теплообменника выполняется по формуле:

$$\mathcal{E}_r = \frac{P_r - \mathcal{Z}_r}{k_{\Pi} + E_H} \quad (1)$$

где: P_r – стоимостная оценка результатов использования усовершенствованного теплообменника;

\mathcal{Z}_r – затраты на реализацию, ч;

k_{Π} – норма реновации основных фондов, определяемая с учетом фактора времени;

E_H – норматив эффективности капитальных вложений, $E_H = 0,1$.

Затраты на реализацию проекта состоят из капитальных вложений и эксплуатационных затрат.

Сумма капитальных вложений равна стоимости внедряемого сепарационного устройства, поставляемого на площадку по индивидуальному заказу $K = 97$ тыс. руб.

Затраты на вспомогательные материалы, используемые при монтаже (сварочные электроды, смазки и пр.) заложим 10% от суммы капитальных вложений, 10 тыс. руб.

Рассчитаем заработную плату сотрудников, привлеченных к реализации предложения по повышению производительности теплообменников [6]:

$$\mathcal{Z}_{\text{зп}} = \mathcal{Z}_{\text{осн}} + \mathcal{Z}_{\text{доп}} \quad (2)$$

$$\mathcal{Z}_{\text{зп}} = 13900 + 4170 = 18070 \text{ руб}$$

где: $\mathcal{Z}_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$\mathcal{Z}_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Таблица 4 – Расчет основной заработной платы

Операция	Персонал	Время, смена	Оклад за смену, руб/смену	Сумма, руб
Разбор сепаратора				
Снятие крышки люка-лаза, осмотр текущего состояния	1 мастер, 2 рабочих	1/2 смена	2000 1650	2650
Монтаж центробежного сепарационного устройства				
Приварка несущих	1 мастер, 4	1 смена	2000	8600

элементов центробежного сепарационного устройства, прикручивание, сборка деталей устройства.	рабочих		1650	
Сборка сепаратора				
Монтаж крышки люка-лаза, испытания сосуда	1 мастер, 2 рабочих	1/2 смена	2000 1650	2650
Итого:				13900

Премиальная (дополнительная) часть заработной платы составляет 30 % от оклада. В расчете принимаем 4170 руб.

В соответствии с ст 146, 148 и 316 Трудового Кодекса РФ, зарплата работников, занятых в регионах с особыми климатическими условиями (к коим относится наш объект исследования, должна индексироваться посредством повышающего районного коэффициента. Для Катангского района Иркутской области коэффициент равен 1,7.

Таким образом, затраты на заработную плату сотрудников составят 30719 руб.

Законодательство РФ также предусматривает обязательные отчисления во внебюджетные фонды:

$$Z_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (3)$$

$$Z_{\text{зп}} = 0,28 \cdot 30719 = 8602 \text{ руб}$$

где: $K_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и пр.) 28%.

Таким образом, фонд заработной платы по данному проекту оставляет 39321 руб.

Соответственно, при расчете экономического эффекта от внедрения предложения затраты на проведение тех. обслуживания и ремонта не будут учтены по причине того, что периодичность ремонта и технического обслуживания сепаратора не изменится в результате модернизации и будет составлять 1 раз в 2 года, согласно инструкции завода – изготовителя.

В представленном расчете отсутствует также сравнение амортизационных отчислений до и после модернизации теплообменника по причине того, что стоимость самого оборудования не изменилось.

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для того, чтобы сравнить затраты на электроэнергию до и после модернизации, определим эффективное время работы оборудования за расчетный период (таблице 5).

Таблица 5 – Эффективное время работы

Показатели	Количество дней (часов)
Календарный фонд времени	365 (8760)
Режимные потери рабочего времени –выходные –праздники	0 (0)
Номинальный фонд рабочего времени	365 (8760)
Простой оборудования в ремонтах	15 (360)
Эффективное время оборудования в год	350(8400)

При расчете эффективного времени работы, необходимо учитывать график плановых остановок для ремонта установки подготовки топливного газа. Таким образом, время работы установки до модернизации принимаем 350 дней (8400 часов).

Таблица 6 – Расчет годовой потребности в электроэнергии

Наименование оборудования	Мощность, кВт	Эффективный фонд времени оборудования, ч
Сепаратор (до модернизации)	56,78	8400
Сепаратор (после модернизации)	47,98	8400

Дополнительные расходы на электроэнергию за год (таблица 6).

$$C_{эл} = P \cdot t \cdot T \quad (5)$$

$$C_{эл} = (56,78-47,98) 8400 \cdot 0,54 = 39,917 \text{ тыс. руб.}$$

где: P – мощность установки, кВт;
 t – среднее время работы установки в год, ч;
 T – тариф за электроэнергию, кВт*ч/руб.

Произведем расчет экономического эффекта

					ФЮРА.061634.001 ПЗ	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\mathcal{E}_T = \frac{P_T - \mathcal{Z}_T}{k_{\Pi} + E_H}$$

$$\mathcal{E}_T = \frac{204,251 - 146,321}{0,0057 + 0,1} = 548,060 \text{ тыс. руб.}$$

где: P_T —стоимостная оценка результатов использования усовершенствованного теплообменника;

\mathcal{Z}_T —затраты на реализацию, ч;

k_{Π} — норма реновации основных фондов, определяемая с учетом фактора времени, $k_{\Pi} = 0,0057$ [2];

E_H —норматив эффективности капитальных вложений, $E_H = 0,1$.

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-2К41	Рамазанову Салавату Зайнитдиновичу

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	НОЦ Н.М.Кижнера
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	«Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии »

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является модернизация вертикального газового сепаратора. Применяется для очистки газа от содержащейся капельной жидкости с целью подготовки газа к дальнейшему использованию на технологические нужды.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	Трудовой кодекс РФ; нормативно-техническая документация, регламентирующая правила хранения, монтажа и эксплуатации модернизируемого сепаратора
<p>2. Производственная безопасность</p>	К вредным факторам относятся: 1. Отклонение показателей микроклимата 2. Превышение уровня шума 3. Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны 4. Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов 5. Химические факторы 6. Физические перегрузки 7. Нервно- психические перегрузки 8. Недостаточная освещенность рабочей зоны 9. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	1. Загрязнение почвы нефтепродуктами 2. Попадание нефтепродуктов в гидросферу 3. Выбросы вредных и токсичных веществ в атмосферу

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Наиболее вероятные сценарии аварийных ситуаций при эксплуатации модернизируемого аппарата – это взрыв, пожар. К ним могут привести:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Пропуск газа, жидкости во фланцевых соединениях 2. Попадание жидкости в трубопровод выхода газа
--	--

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Немцова О.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К41	Рамазанов Салават Зайнитдинович		

5 Социальная ответственность при выполнении работ

Введение

Целью данной работы является модернизация вертикального газового сепаратора установленного на установке подготовки топливного газа Верхнечонского нефтегазоконденсатного месторождения (АО «ВЧНГ»), расположенного на территории Катангского района Иркутской области в 250 км севернее города Киренска, в 120 км юго-восточнее п. Ербогачен и в 400 км северо-восточнее г. Усть-Кут.

Месторождение расположено в труднодоступной, практически незаселенной местности. Ближайшим населенным пунктом является п. Преображенка. Транспортная сеть представлена зимниками и водными путями в период высокой воды.

Климат района характеризуется резкой континентальностью, которая проявляется в очень низких зимних и высоких летних температурах.

Абсолютная минимальная температура составляет минус 58 °С; [36]

Абсолютная максимальная температура – плюс 39 °С; [36]

Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,98 – минус 51 °С. [36]

5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

К работе с сепаратором допускаются лица не моложе 18 лет, имеющие соответствующую квалификацию, прошедшие медицинское освидетельствование и годные по состоянию здоровья, прошедшие вводный инструктаж и инструктаж на рабочем месте, обучение и проверку знаний по охране труда и промышленной безопасности, практически освоившие безопасные методы и приемы правильного обращения с механизмами, приспособлениями, инструментом.

Работник обязан соблюдать действующие в организации правила внутреннего трудового распорядка, график работы, режим труда и отдыха.

Каждый работник имеет право на компенсации, установленные в соответствии с Трудовым кодексом РФ, коллективным договором, локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на тяжелых работах, работах с вредными и (или) опасными условиями труда; обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя

Предприятие, эксплуатирующее сепаратор обязано выполнять требования соответствующих нормативно-технических документов, регламентирующих правила

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

хранения, монтажа и эксплуатации модернизируемого сепаратора: ТР ТС 032/2013, ТР ТС 010/2011, ФНиП «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожарных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств», ГОСТ Р 52630-2012, ГОСТ 12.1.003-83, ГОСТ 12.1.004-91, ГОСТ 12.1.005- 88, ГОСТ 12.1.007-76, ГОСТ 12.1.010-76, ГОСТ 12.2.003-91, ГОСТ 12.3.009-76, ПУЭ изд.7, СНиП 3.05.05-84.

5.2. Производственная безопасность.

Сырье и готовая продукция, применяемые и получаемые на установке подготовки топливного газа по своему химическому составу представляют органические соединения, состоящие в основном из углерода и водорода. Углеводородные газы обладают наркотическим действием, влияют на центральную нервную систему. Могут образовывать с кислородом воздуха взрывоопасные смеси.

Основные особенности процесса модернизации сепаратора, создающими опасности для работающих, приведены в таблице 7.

Таблица 7. Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разрабо тка	Изготов ление	Эксплуа тация	
1.Отклонение показателей микроклимата	-	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
2.Превышение уровня шума	-	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности
3.Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны	-	+	+	ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

4.Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	-	+	-	ГОСТ 12.2.061-81 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам
5.Химические факторы	-	+	+	ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности
6.Физические перегрузки	-	+	+	Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда
7. Нервно-психические перегрузки	+	+	+	Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда
8.Недостаточная освещенность рабочей зоны	-	+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.
9.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление

5.2.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов

1. Отклонение показателей микроклимата

Пониженная температура окружающей среды, так как температура воздуха наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,98 равна минус 51 °С. Длительное пребывание

					ФЮРА.061634.001 ПЗ	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

работников в условиях экстремально низких температур способно вызвать серьезные обморожения, а также заболевания вызванные переохлаждением организма. В целях предотвращения тяжелых последствий для здоровья работников предприятия пребывание на открытом воздухе и в неотапливаемых производственных помещениях в условиях низких температур рекомендуем ограничить 1 часом с последующим обогревом в течении не менее 30 минут. При этом при обогреве работнику необходимо в обязательном порядке снять верхнюю одежду, для прогрева тела. В помещениях для обогрева должна поддерживаться температура воздух 22-24 °С в зимнее время и 23-25 в летнее. [27] Для работы в условиях низких температур работники обеспечиваются утепленными средствами индивидуальной защиты, соответствующие IV зоне климатических условий. [21]

2. Превышение уровня шума

Повышенный уровень шума может возникать вследствие работы расположенного вблизи компрессорного оборудования, а также шумом, вызванным движением газа по трубопроводам. Для защиты от повышенного уровня шума предприятие обеспечивает работников наушниками, обеспечивающими снижение уровня звука до 27 дБ, что существенно ниже допускового уровня в 80 дБ. [33]

3. Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны

В связи с тем, что модернизируемый сепаратор является частью опасного производственного объекта с высоким уровнем обращающихся взрывопожароопасных и токсичных газов, высок риск возникновения загазованности рабочей зоны. Основной средой в технологическом процессе является попутный нефтяной газ с содержанием метана (СН₄) около 75% об.[36], образующий взрывные концентрации с кислородом воздуха, нижний концентрационный предел распространения пламени составляет 5,28 % об. [29] Для защиты от возможного действия данного фактора применяются газоанализаторы стационарные типа СГОЭС, а также портативные переносные газоанализаторы GasAlert Microclip, выдаваемые работникам и персоналу подрядных организаций при выполнении работ на ОПО, сигнализирующие достижение концентрации метана в воздухе рабочей зоны в двух порогах – 10% от НКПР и 20% от НКПР метана. [36]

4. Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов

Повышенная температура поверхностей оборудования может возникнуть в процессе сварочных работ во время монтажа дополнительного оборудования в рамках модернизации сепаратора. Данный фактор может быть обусловлен, как необходимостью прогрева свариваемых элементов случае монтажа в зимнее время в условиях низких температур, так и в процессе сварки. Для защиты применяются соответствующие средства индивидуальной

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

защиты (краги, костюм сварщика, каска, спецобувь).

5. Химические факторы

Попутный нефтяной газ, содержащий пары легких углеводородов (ПДК 300 мг/м³ [7]), относится к веществам 4-го класса опасности. [25] Для защиты от данного фактора на предприятии организован периодический контроль и отбор проб газовой среды в утвержденных точках переносным портативным газоанализатором КОЛИОН 1В-03, показывающим содержание паров углеводородов нефти в мг/м³ и сигнализирующем о превышении порога ПДК. [36]

6. Физические перегрузки

При монтаже и в процессе эксплуатации у персонала, работающего с данным оборудованием, могут возникать физические перегрузки в процессе проведения погрузочно-разгрузочных работ. При этом необходимо руководствоваться действующими на предприятии локальными нормативными документами в части организации проведения таких работ. Любое предприятие должно стремиться к максимальной механизации ручного труда, а с учетом рисков возникающих на ОПО, эксплуатационный персонал должен быть ограничен от факторов, способных повлиять на способность быстрой оценки возможных нештатных ситуаций и правильности принятия соответствующих действий, направленных на их устранение.

7. Нервно- психические перегрузки

При производстве работ по разработке проекта модернизации оборудования, его монтажу и в процессе эксплуатации неизбежно сталкиваются с нервно-психическими перегрузками, связанными с напряженностью трудового процесса, возникающими от умственного перенапряжения, в том числе вызванное информационной нагрузкой; монотонностью труда – эмоциональные перегрузки. Для минимизации действия данного фактора необходимо соблюдать режим труда и отдыха. На ОПО зачастую оборудуются комнаты отдыха и психологической разгрузки для персонала, наиболее подверженному данному типу нагрузок.

8. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Воздействие данного фактора может возникать при выполнении работ в темное время суток. Освещение рабочей зоны должно составлять не менее 200 лк, а при выполнении сварочных работ необходимо предусматривать дополнительное освещение в 750 лк. [27]

9. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека

Данный фактор воздействует на работников на всех этапах модернизации сепаратора.

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для защиты работников от действия данного фактора, необходимо применять сертифицированный электроинструмент и электроприборы (ЭВМ, сварочный аппарат, угловая шлифовальная машина и т.д.), регулярно проводить их проверку, перед началом использования осматривать их. Персонал, использующий в работе электроинструмент относится к электротехническому, и должен быть обучен на соответствующую группу допуска (II группа для электротехнического персонала, обслуживающего электроустановки напряжением до 1000 В), регулярно (не реже одного раза в год) проходить проверку знаний. [37]

5.2.2. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)

Технологический процесс подготовки газа связан с рядом вредных и опасных производственных факторов, в том числе: высокое давление в трубопроводах и аппаратах, большие объемы производства, токсичность газа – все это создает опасность для обслуживающего персонала.

Основными особенностями технологического процесса, создающими опасности для работающих, являются:

- проведение технологического процесса при высоком давлении: 3,5 МПа на выходе с установки подготовки топливного газа;
- наличие в технологическом процессе под давлением больших количеств горючих и взрывоопасных веществ (углеводородный газ, газовый конденсат);
- применение значительного количества единиц электрооборудования (компрессорное оборудование, датчики КИП, средства автоматизации процесса).

Наиболее опасными операциями являются:

- отбор проб горючих жидкостей и газов;
- повышение давления при пуске;
- заполнение емкостного оборудования и системы углеводородным газом;
- проведение ремонтных работ на аппаратах, коммуникациях, в которых перерабатываются, транспортируются или хранятся горючие жидкости и газы.

Наиболее взрывопожароопасными местами являются: канализационные и

					ФЮРА.061634.001 ПЗ	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

технологические колодцы, различное электрооборудование, места отбора проб.

Наиболее травмоопасными операциями для персонала являются: установка или снятие заглушек, прокладок; работа в емкостях, колодцах и на высоте, особенно в условиях обледенения в зимнее время; пропаривание трубопроводов; чистка внутренней поверхности аппаратов; ремонт электрооборудования.

Соблюдение требований технологического регламента, правил безопасного ведения технологического процесса и выполнение связанных с ним работ исключает возможные аварии, взрывы, пожары, травмирование персонала.

Работники, допускающиеся к выполнению работ, должны быть обучены и аттестованы в специализированной организации и проинструктированы. При внесении изменений в технологические процессы, внедрении нового оборудования и механизмов, введении новых методов труда, а также новых правил и инструкций по охране труда, работники обязаны пройти внеплановый инструктаж.

Средства индивидуальной защиты, выдаваемые рабочим, должны иметь сертификат соответствия.

При эксплуатации объекта не допускаются загромождения и загрязнения рабочих мест, производственных площадок, помещений, оборудования и т. п. В местах, где запрещен проезд транспорта, должны быть вывешены запрещающие знаки и надписи. Колодцы и прочие углубления должны быть закрыты и ограждены.

Запрещается эксплуатация производственного оборудования с нарушением параметров, установленных технологическим регламентом, а также инструкциями: по охране труда, по эксплуатации оборудования, по пожарной безопасности. Превышения технологических параметров, указанных в паспорте оборудования, недопустимы.

Эксплуатация трубопроводов, оборудования, аппаратов и т.д. при наличии неплотностей в соединениях запрещается, недопустимо проведение на них огневых ремонтных работ при нахождении их в рабочем режиме.

Производство огневых, газоопасных, пожароопасных и земляных работ без наличия оформленного наряда-допуска не разрешается.

Курить разрешается только в специально отведенных и обозначенных местах.

Во время работы установки необходимо обеспечить контроль дежурными операторами за давлением, температурой, расходом газа. Их изменение должно проводиться медленно во избежание возможных деформаций. Показания КИП на автоматизированном рабочем месте должны периодически проверяться дублирующими приборами, установленными непосредственно на источнике измерения.

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Электрическая часть объекта должна обслуживаться электротехническим персоналом. При возникновении пожара на электрооборудовании, напряжение должно быть снято дежурным электротехническим персоналом.

Нижний предел воспламенения газа является основной характеристикой производства по взрывоопасности и свидетельствует о возможности быстрого образования взрывоопасных концентраций в случае не герметичности аппаратуры и коммуникаций. Попутный нефтяной газ содержит ряд компонентов, которые тяжелее воздуха, что создает дополнительную опасность взрыва, пожара при скоплении их в помещениях и на открытых площадках.

Для минимизации рисков, возникающих в процессе эксплуатации, с учетом требований действующих норм и правил, предусмотрены следующие меры:

- на обечайке сепаратора в доступном и хорошо видимом месте предусмотрена металлическая информационная табличка с данными о заводе-изготовителе, технической характеристикой и рабочими параметрами сепаратора;
- для перемещения, осуществления такелажных работ и установки сепаратора в рабочее положение на корпусе сепаратора центробежного предусмотрены строповые устройства;
- для установки сепаратора на опорную поверхность, его конструкцией предусмотрена цилиндрической опора;
- для защиты от механического разрушения частей сепаратора избыточным давлением, путем автоматического выпуска избытка газообразной среды из сепаратора сверх установленного, конструкцией сепаратора предусмотрено штатное место под установку блока предохранительных клапанов;
- во избежание поражения электрическим током, воздействия токов короткого замыкания и статического электричества на персонал и, а также для уравнивания потенциалов, сепаратор снабжен необходимыми защитами в соответствии с требованиями нормативных документов;
- технологическая обвязка сепаратора предназначена для транспортировки рабочей среды и, при необходимости обеспечивает полное отсечение сепаратора от внешних сетей с помощью установленных на нем запорных кранов; во избежание реверсивного движения рабочей среды, входная линия технологической обвязки сепаратора оснащена соответствующим обратным клапаном;
- для проведения гидравлических испытаний Блока, его конструкцией предусмотрена установка во фланцевых соединениях соответствующих

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

поворотных заглушек (обтюраторов), которые служат для гарантированно герметичного отсечения сепаратора от общей системы;

- узел контроля и сброса технологической жидкости сепаратора предназначен для осуществления полноценного контроля над уровнем скопившейся жидкости в его накопительной части; слив/накопление скопившейся жидкости осуществляется за счет установленного на трубопроводе соответствующего электромагнитного клапана. Управление положениями «открыто»/«закрыто» организовано благодаря получению необходимых сигналов от сигнализаторов уровня;
- металлоконструкции сепаратора, его обвязки и площадок обслуживания выполнены с антикоррозийным покрытием для защиты от атмосферных воздействий и обеспечивают безопасность, а также удобство обслуживания всех его элементов без исключения;
- рама сепаратора является элементом металлоконструкции, позволяющей организовать на ее поверхности необходимые закладные опорные конструкции под технологические трубопроводы блока. По всему своему периметру рама имеет систему поручней и герметичный замкнутый борт, исключаящий пролив рабочей среды за пределы сепаратора. Конструктивные решения рамы обеспечивают устойчивость конструкции как в продольном, так и в поперечном направлениях;
- площадка обслуживания представляет собой металлическую конструкцию, воспринимающую все возникающие нагрузки на сепараторе во время его эксплуатации (весовые, ветровые и т.д.); площадки обслуживания предназначены для обеспечения безопасного доступа и обслуживания к элементам и частям сепаратора, расположенных на высоте; площадка обслуживания состоит из системы поручней – металлических ограждений, предназначенных для безопасного обслуживания элементов и частей сепаратора; а также пешеходного настила, выполненного из решетчатого просечно-вытяжного листового проката.

Взрывопожарная и пожарная опасность, санитарная характеристика модернизируемого сепаратора представлена в таблице 8.

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 8. Взрывопожарная опасность и санитарная характеристика

Категория взрывоопасной смеси по ГОСТ 30852.11-2002	ПА
Группа взрывоопасной смеси по ГОСТ 30852.5-2002	ТЗ
Класс опасности по ГОСТ 12.1.007-76	4
Класс взрывоопасной зоны по ГОСТ 30852.9-2002	В-1г
Маркировка взрывозащиты электроприводов арматуры по ГОСТ 30852.0-2002	1ExdBT4

5.3. Экологическая безопасность.

Риски в области экологической безопасности, а также мероприятия, направленные на их минимизацию указаны в таблице 9.

Таблица 9. Экологические риски

Природные ресурсы окружающей среды	Вредные воздействия	Природоохранные мероприятия
Земля и земельные ресурсы	Загрязнение почвы нефтепродуктами	Выполнение опорной рамы аппарата с отбортовкой (каре) для исключения попадания вероятных розливов в почву
Вода и водные ресурсы	Попадание нефтепродуктов в гидросферу	Выполнение в раме аппарата ливневого слива для водоотведения в нефтесодержащие стоки, утилизация которых производится в системе поддержания пластового давления

Атмосфера	Выбросы вредных и токсичных веществ в атмосферу	При превышении давления в сепараторе выше допустимого выброс осуществляется с предохранительных клапанов в закрытую систему с последующим сжиганием газов на факеле. Операции по продувке аппарата при подготовке его к ремонту осуществляются техническим азотом (с концентрацией N ₂ = 99% в факельную систему)
-----------	---	--

5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Наиболее вероятные сценарии аварийных ситуаций при эксплуатации модернизируемого аппарата – это взрыв, пожар.

Для оповещения о возникновении пожара устанавливаются ручные пожарные извещатели, а также система оповещения об аварии. Для раннего обнаружения очагов пожара по периметру установки расположены датчики пламени (инфракрасного теплового излучения).

Для отработки действий при возникновении аварийной ситуации разрабатывается план мероприятий по локализации и ликвидации аварийных ситуаций (ПМЛЛА). С обслуживающим персоналом регулярно должны проводиться тренировки.

Главной задачей при возникновении пожара является его локализация. Небольшие возгорания и пожары в начальной стадии могут быть ликвидированы обслуживающим персоналом доступными средствами пожаротушения. Все помещения установки обеспечиваются первичными средствами пожаротушения. По периметру проходит стационарная циркуляционная линия пожаротушения (пожкольцо), оборудованная лафетными стволами и гребенками для подключения пожарных рукавов, хранение которых организуется в отопляемых блок-боксах.

К возникновению аварийных ситуаций на производстве зачастую приводят неисправности в работе оборудования. Рассмотрим возможные неисправности в работе оборудования и определим комплекс необходимых мер по их устранению. В таблице IV

приведены возможные неисправности в работе оборудования, способные привести к возникновению аварийной ситуации и предложены способы их устранения.

Таблица 10. Возможные неисправности и способы их устранения.

Наименование неисправности, внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина	Метод устранения
1. Пропуск газа, жидкости во фланцевых соединениях	Ослабло крепление фланцевого соединения или повреждена прокладка	Остановить сепаратор. Сбросить давление. Подтянуть крепеж фланцевых соединений, при необходимости заменить прокладку
2. Попадание жидкости в трубопровод выхода газа	Неисправна система регулирования уровня	Проверить систему регулирования уровня. При необходимости отключить сепаратор (вывести из работы), сбросить давление и устранить неисправность.

Заключение (выводы)

В разделе «Социальная ответственность» рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. Выявлены вредные и опасные производственных факторы, с которыми можно столкнуться при работе с аппаратом, проведен их анализ. Так же обоснованы мероприятия по устранению этих факторов. Рассмотрены экологические риски и предложены мероприятия по недопущению негативного воздействия на окружающую среду. Определены вероятные сценарии развития аварийных ситуаций и разработан комплекс мер по их устранению.

Заключение

В ходе данной работы был проведен технологический, механический расчет аппарата. В ходе технологического расчета определили основные геометрические параметры аппарата. В механическом расчете был проведен расчет толщины стенок, расчет фланцевого соединения, необходимости укрепления отверстий, расчет цилиндрической опоры.

В разделе «Социальная ответственность» провели анализ вредных и опасных факторов, с которыми можно столкнуться при работе с аппаратом. Так же обосновали мероприятия по устранению этих факторов.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» была проведена оценка конкурентоспособности спроектированного сепаратора, и рассмотрена экономическая составляющая проекта.

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Список использованных источников

1. ГОСТ 34233.2-2017 Сосуды и аппараты Нормы и методы расчета на прочность Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек.
2. ГОСТ 34233.3-2017 Сосуды и аппараты Нормы и методы расчета на прочность Укрепление отверстий в обечайках и днищах при внутреннем и наружном давлениях Расчет на прочность обечаек и днищ при внешних статических нагрузках на штуцер.
3. ГОСТ 34233.1-2017 Сосуды и аппараты Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования.
4. ГОСТ Р 52630-2012 Сосуды и аппараты стальные сварные Общие технические условия
5. ГОСТ 19903-2015 Прокат листовой горячекатаный. Сортамент
6. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением». Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 25 марта 2014 г. № 116
7. ГОСТ 34233.4-2017 Сосуды и аппараты Нормы и методы расчета на прочность Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений.
8. ГОСТ 12815-80 Фланцы арматуры, соединительных частей и трубопроводов. Издание (июль 2003 года) с Изменениями №1,2,3,4,5.
9. ГОСТ 12821-80 Фланцы стальные приварные встык на Ру от 0,1 до 20,0 МПа (от 1 до 200 кгс/см²). Конструкция и размеры.
10. ГОСТ 9066-75 Шпильки для фланцевых соединений с температурой среды от 0 до 650 С⁰. Типы и основные размеры. Издание (ноябрь 2003г) с Изменениями №1,2 утвержденными в июне 1980 г, декабре 1985 г.
11. ГОСТ 11371-78 Шайбы. Технические условия (с Изменениями №1,2,3) Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 26.06.78 N 1674. Издание с Изменениями N 1, 2, 3, утвержденными в ноябре 1983 г., мае 1988 г., мае 1990 г. (ИУС 2-84, 8-88, 8-90)
12. ГОСТ 5915-70 (СТ СЭВ 3683-82) Гайки шестигранные класса точности В. Конструкция и размеры (с Изменениями N 2-7) Издание (февраль 2010 г.) с Изменениями N 2, 3, 4, 5, 6, 7, утвержденными в феврале 1974 г., марте 1981 г., июне 1983 г., мае 1985 г., марте 1989 г., июле 1995 г. (ИУС 3-74, 6-81, 11-83, 8-85, 6-89, 9-95)
13. ГОСТ 52376-2005 Прокладки спирально-навитые термостойкие. Типы.

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Основные размеры.

14. ГОСТ 4543-2016 Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия.
15. ГОСТ 19281-2014 Прокат повышенной прочности. Общие технические условия
16. Тонкостенные сосуды и аппараты химических производств: учебное пособие / сост. В.М. Беляев, В.М. Миронов; Томский политехнический университет. - 3-е изд., доп. и испр. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016.-314с.
17. ГОСТ 51274-99 Сосуды и аппараты. Аппараты колонного типа. нормы и методы расчета на прочность.
18. ГОСТ 14249-89 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность
19. ГОСТ 24379.1-2012 Болты фундаментные. Конструкция и размеры
20. ГОСТ 24379.0-2012 Болты фундаментные. Общие технические условия
21. ГОСТ 16350-80 Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей
22. Г. С. Лутошкин. Сбор и подготовка нефти, газа и воды: Учебник для вузов. 3-е изд., стереотипное. Перепечатка со второго издания 1979 г. М.: ООО ТИД «Альянс», 2005. 319с.
23. Н.А. Сваровская. Подготовка, транспорт и хранение скважинной продукции. Учебное пособие. Издательство ТПУ. Томск 2004. 298с.
24. Гуревич Г.Р. Справочное пособие по расчету фазового состояния и свойств газоконденсатных смесей. /Г.Р. Гуревич, А.И. Брусиловский. М.: Недра, 1984. 264 с.
25. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2).
26. ГОСТ 30852.0-2002 (МЭК 60079-0:1998) Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 0. Общие требования.
27. СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».
28. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.
29. ГОСТ Р 12.3.047-2012 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
30. Гигиенические нормативы ГН 2.2.5.1313-03. Химические факторы производственной среды. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

31. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

32. Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

33. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ) Шум. Общие требования безопасности.

34. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением N 1)

35. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1)

36. Технологический регламент ПАО «ВЧНГ». Эксплуатация установки подготовки и компримирования попутного нефтяного газа № П1-01.05 ТР-3427 ЮЛ-405.

37. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Издание седьмое.

					<i>ФЮРА.061634.001 ПЗ</i>	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		