

**Министерство образования и науки 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

**Расчет нефтегазосепаратора для участка подготовки нефти  
Пионерного месторождения**

УДК 66.074.1:622.276.8(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К31	Тюханов Борис Вячеславович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Семакина О. К.	К.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т. Г.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ларионова Е. В.	К.Х.Н.		

По разделу «Конструктивно-механический раздел»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Беляев В.М.	К.Т.Н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель НОЦ Н.М. Кижнера	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Краснокутская Е.А.	д.х.н., профессор		

## Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
Профессиональные компетенции		
Р1	Применять базовые математические, естественнонаучные, социально-экономические и специальные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-1,2,3,19,20), Критерий 5 АИОР (п.1.1)
Р2	Применять знания в области энерго-и ресурсосберегающих процессов и оборудования химической технологии, нефтехимии и биотехнологии для решения производственных задач	Требования ФГОС (ПК-4,5,9,15 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 (ПК-4,5,8,11, ОК-2,4), Критерий 5 АИОР (пп.1.2)
Р4	Проектировать и использовать новое энерго-и ресурсосберегающее оборудование химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ПК-8,11,23,24), 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 (ПК-1,4,5,19-22, ОК-7,10), Критерий 5 АИОР (п.1.4)
Р6	Осваивать и эксплуатировать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность и надежность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-6,12,13,14,17, ОК-3,4,8), Критерий 5 АИОР (п.1.5)
Р7	Применять знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС (ПК-3, 8, 9, 10, 11, 12, 13), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р8	Использовать современные компьютерные методы вычисления, основанные на применении современных эффективных программных продуктов при расчете свойств материалов, процессов, аппаратов и систем, характерных для профессиональной области деятельности; находить необходимую литературу, использовать компьютерные базы данных и другие источники информации	Требования ФГОС (ПК-4, 5, 9, 10, 11, 14)

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<b>Общекультурные компетенции</b>		
Р9	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,2,6-10), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5)
Р10	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-6,7,8), Критерий 5 АИОР (2.6)
Р11	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-11) , Критерий 5 АИОР (п.2.2)
Р12	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-3,4,5,12) , Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3)

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального 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**

**УТВЕРЖДАЮ:**

Руководитель НОЦ Н.М. Кижнера

\_\_\_\_\_ Е.А. Краснокутская  
(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
3-2К31	Тюханов Борис Вячеславович

Тема работы:

<b>Расчет нефтегазосепаратора для участка подготовки нефти Пионерного месторождения</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 3067/с от 28.04.2018

Срок сдачи студентом выполненной работы:	16.06.2018
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(Наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования – <u>Трехфазный сепаратор</u>. Сырьем сепаратора является нефть с температурой +5-+39 °С. Производительность по нефти: 50 т/ч; Обводненность: 22%; Температура среды: 5 °С; Давление в аппарате: 0,8 МПа; Исполнение по материалу: Сталь 09Г2С. Режим работы: непрерывный; Требования к эксплуатации и обслуживанию: Простота ремонта и доступность запчастей.</p>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1 Реферат 2 Оглавление 3 Введение 4 Описание технологической схемы 5 Технологический расчет ТФС 6 Механический расчет ТФС 7 Финансовый менеджмент 8 Социальная ответственность 11 Заключение 12 Список литературы</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>1. Технологическая схема (А1) 2. Трехфазный сепаратор. Чертеж общий вид (А0) 3. Трехфазный сепаратор. Сборочные единицы Л1. (А1) 4. Трехфазный сепаратор. Сборочные единицы Л2. (А1) 5. График безубыточности. (А1)</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Рыжакина Т.Г., доцент, к.э.н.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Ларионова Е.В., доцент, к.х.н.</p>
<p>Конструктивно-механический раздел</p>	<p>Беляев В.М., доцент, к.т.н.</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p> </p>	

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Семакина О. К.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К31	Тюханов Борис Вячеславович		

## Реферат

Выпускная квалифицированная работа состоит из 98 страниц, 12 рисунков, 25 таблиц, 29 источников информации, 5 графического материала.

Объектом исследования является проектирование нефтегазосепаратора.

Ключевые слова: Трехфазный сепаратор, нефть, газ, разделение нефти, товарная нефть.

Цель работы: Рассчитать и подобрать Трехфазный сепаратор со сбросом воды при увеличении производительности на 10%

Произведены технологический и механический расчеты.

Проведены расчеты толщины стенки аппарата и эллиптических крышек, укрепление отверстий, фланцевых соединений, седлообразных опор.

Были рассмотрены вопросы безопасности жизни деятельности персонала и основные элементы производства, формирующие вредные и опасные факторы, а также разработку мероприятий по снижению их воздействия.

В экономической части бакалаврской работы проведена оценка экономической целесообразности принятых в проекте решений и определена ожидаемая экономическая эффективность от применения, разработанного в проекте оборудования. Эффективность работы подтверждается показателями эффективности. Данный проект и расчеты выполнены соответственно в «Microsoft Word» и «Mathcad».

## **Abstract**

The final qualified work consists of 98 pages, 12 drawings, 25 tables, 29 sources of information, 5 graphic materials.

The object of the study is to design neftegazexpert.

Keywords: Three-phase separator, oil, gas, separation of oil, commercial oil.

Work purpose: To calculate and pick up the Three-phase separator with dumping of water at increase in productivity by 10%

Technological and mechanical calculations are carried out

The calculations of the wall thickness of the apparatus and elliptical covers, strengthening of the holes, flange connections, saddle supports are carried out.

The safety issues of life of activity of personnel and basic elements of production forming harmful and dangerous factors and also development of actions for decrease in their influence have been considered.

In the economic part of bachelor's thesis evaluated the economic feasibility of the adopted in the draft decision and identifies the expected economic efficiency from the application developed in the project equipment. The efficiency is confirmed by performance indicators.

The given project and calculations are executed accordingly in "Microsoft Word" and "Mathcad".

## Оглавление

Введение.....	9
1. Описание технологической схемы .....	11
2. Расчет нефтегазосепаратора.....	18
2.1 Технологический расчет ТФС.....	19
2.2 Механический расчет ТФС.....	21
2.2.1 Расчет толщины стенки обечайки.....	22
2.2.2 Расчет эллиптической крышки.....	25
2.2.3 Расчет штуцеров.....	26
2.2.4 Расчет укрепления отверстий.....	27
2.2.5 Расчет допускаемого давления для штуцеров.....	42
2.2.6 Расчет фланцевых соединений.....	48
2.2.7 Расчет коэффициентов для фланцевого соединения.....	53
2.2.8 Расчет массы ТФС.....	62
2.2.9 Расчет седловых опор.....	63
3. Финансовый менеджмент.....	67
3.1 SWOT – анализ.....	69
3.2 Расчет фонда заработной платы персонала.....	72
3.3 Расчет амортизационных отчислений.....	76
3.4 Анализ безубыточности производства.....	78
3.5 Техничко – экономические показатели.....	80
4. Социальная ответственность.....	81
4.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению .....	85
4.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	86
4.3 Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу.....	88
4.4 Электробезопасность.....	89
4.5 Экологическая безопасность.....	90
4.6 Безопасность в ЧС.....	92
Заключение.....	96
Список используемой литературы.....	97



## Введение

Нефть является одним из ценных веществ, залегающих в недрах земли. Она, как и многие другие источники органических веществ, была известна почти всем древним народам. Однако широкое ее использование началось только со второй половины прошлого столетия. Бум применения нефти и продуктов ее переработки пришел с развитием автомобильной промышленности.

В нашем веке из нефти получают, без преувеличения, тысячи продуктов – жидкое и газообразное топливо, нефтяной кокс, керосин, мазут, различные смазочные масла, спирты, синтетический каучук, битум, сажу, ацетилен, пластмассы и т. д.

Если брать общую территорию бывшего СССР, включая среднеазиатские республики, то на ней сконцентрировано до половины мировых запасов нефти. Большая часть этого запаса приходится на Россию.

Роль нефтепродуктов и природного газа в современном мире огромно. Доля потребления нефти в общем мировом потреблении энергоресурсов составляет 34 %. Нефть – это кровь промышленности, движущая сила большинства машин и механизмов.

Помимо использования как источника топлива и энергии, нефть и газ, как самостоятельно, так и продукты их переработки, применяется во всех отраслях промышленности, сельском хозяйстве, транспорте и даже в медицине.

Нефть — маслоподобная жидкость, органического происхождения, представляющая собой смесь углеводородов с примесью сернистых, азотных и кислородных соединений. Она является естественным горючим ископаемым, но отличается от других источников органических веществ бóльшим содержанием водорода и количеством теплоты, выделяющейся при горении.

В настоящее время нефть используется в трех главных направлениях: получение энергоносителей, получение материалов с заданными свойствами и получение химических и фармацевтических продуктов.

Актуальность исследований и разработок в данной отрасли невероятно высока. Нефть не только способствовала индустриализации общества и поднятию на новый уровень производительности, но и создала новую науку – нефтехимию, возникшую на стыке органической химии, химии нефти и физической химии.

Нефтяная отрасль является одним из основных источников пополнения бюджета страны, одной из передовых отраслей по автоматизации и модернизации производства. Так же стоит отметить, что

часто предприятия нефтегазовой отрасли являются родоначальниками и/или активистами продвижения программ социальной направленности.

Целью дипломного проекта является разработка современного технологического оборудования для сепарации нефти от газа с высоким качеством разделения с использованием доступных материалов, для получения наибольшего экономического эффекта.

Для достижения поставленной цели, в ходе дипломного проекта будут решены следующие задачи:

1. Анализ технологической схемы производственного процесса.
2. Проведение технологического расчета ТФС.
3. Проведение механического расчета и подбора оборудования с увеличенной нагрузкой по производительности получения товарной нефти.
4. Расчет технико-экономических показателей нефтегазосепаратора для участка подготовки нефти с элементами SWOT-анализа.

# 1. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

					ФЮРА РНГС 000.000. ПЗ		
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Студент	Тюханов Б.В				Литера	Лист	Листов
Руководитель	Семакина О. К.						
					Описание технологической схемы		НИ ТПУ ИШНПТ Группа 3-2К31

## 1. Описание технологической схемы

Для отделения газа и воды от нефти в установках подготовки нефти применяют трехфазный сепаратор типа ТФС.

Трехфазный сепаратор типа ТФС представляет собой горизонтальный отстойный цилиндрический сосуд с внутренними устройствами и избыточным давлением. Номинальный объем аппарата – 200м<sup>3</sup>.

Нефтегазовую смесь после узлов учета нефти на месторождении Пионерное, под давлением подают из коллектора в трехфазный сепаратор типа ТФС-1, ТФС-2. Рабочее давление процесса 0,2-0,8МПа.

### (рис 1)

Для усиления интенсивности обезвоживания, перед входом в сепаратор предварительного сброса воды (ТФС-1 и ТФС-2) в трубопровод спроектирована подача деэмульгатора от блока реагентного хозяйства (БРХ) с давлением 0,3-0,8МПа.

Введение деэмульгатора в обводненную нефть позволяет разрушить слои природных стабилизаторов нефтяных эмульсий, которые входят в состав защитных оболочек глобул воды, за счет того, что молекулы деэмульгатора обладают большей поверхностной активностью. Таким образом, молекулы-деэмульгаторы вытесняют молекулы-стабилизаторы нефтяных эмульсий с границы раздела нефть-вода.

Внутри сепаратора на уровне 225см располагается перегородка, которая разделяет аппарат на два отсека (технологический и буферный). Сырая нефть подается в сепараторы 1 и 2 через штуцер входа, откуда постепенно поступает на верхний уровень жидкой фазы с малым образованием пены и равномерно распределяется по сечению сепаратора диафрагмой из просечно-вытяжного листа. Далее эмульсия проходит пакеты Л-образных пластин, где происходит отделение газа от жидкой фракции, и поступает в секцию сбора нефти.

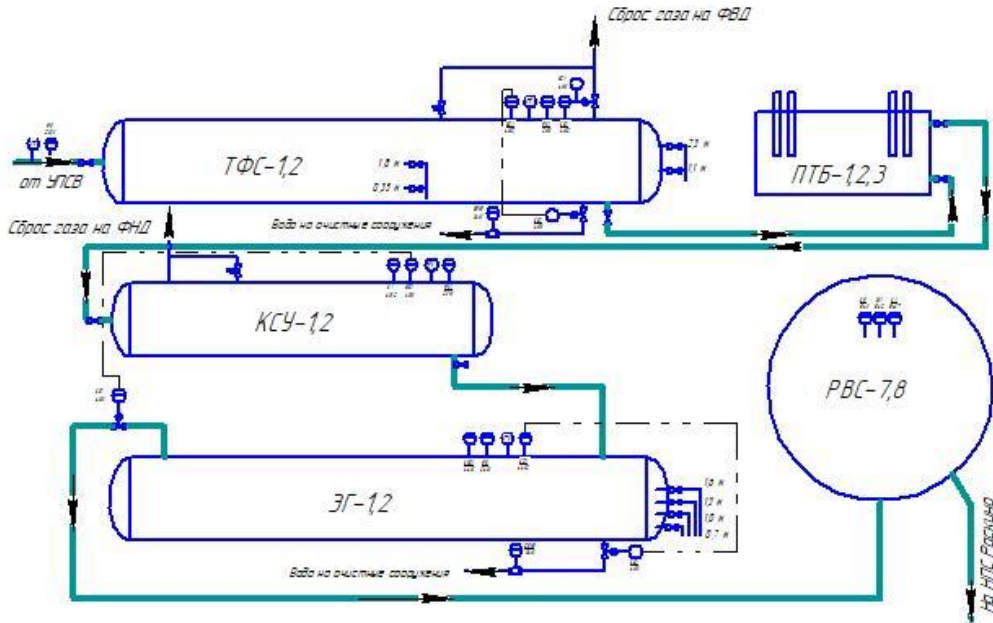
Уровень нефти в трехфазных сепараторах данного типа поддерживается с помощью механического регулятора поз. LICA-4112 в пределах 1300-1900мм, управляющими клапанами LCV-4112, установленными на линии сброса попутного нефтяного газа, с сигнализацией значения минимального и максимального уровня. Затем попутный газ из аппаратов направляется на осушку, или на факелы высокого и низкого давления для утилизации.

Уровень воды в сепараторах ТФС-1,2 поддерживается регулятором LICA-4111 в пределах 1200-1800мм, управляющими клапанами LDCV 4111 установленными на линии отвода воды на очистные сооружения, с сигнализацией на отметках максимального и минимального уровня.

ФЮРА РНГС 000.000. СТ

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

ФЮРА РНГС 000.000. СТ

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Тюханов Б.В.		
Проб.		Семакина О.К.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Трехфазный сепаратор  
Технологическая схема

Лит.	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов	1

НИ ТПУ ИШНПТ  
Группа 3-2К31

Копировал

Формат А4

Визуальный контроль уровня раздела фаз осуществляется с помощью расположенных на корпусе аппарата смотровых кранов.

Краны находятся на уровне 300 и 1900мм от нижней образующей аппарата на технологическом отсеке. На буферном – на уровне 1200 и 2300мм.

Подтоварная вода выводится из сепараторов под собственным давлением по межфазному уровню через узел замера поз. FQIR-3111 на линии отвода в очистные сооружения.

Для проведения контроля качества товарной нефти после сепараторов ТФС-1 и ТФС-2 на нефтепроводе установлен ручной пробоотборник.

### **Площадка подогревателей нефти**

Технологический процесс нагрева нефти.

Нефть, после прошедшего в сепараторах ТФС-1 и ТФС-2 процесса обезвоживания, под давлением 0,2-0,8 МПа поступает в подогреватели нефти. На данном месторождении используются печи трубчатые блочные – ПТБ-10.

Нефть с температурой 20-30°С поступает в общий коллектор перед печами ПТБ-10. Нагрев в печи осуществляется прямым путем.

Печь ПТБ-10 представляет собой сложное изделие, состоящее из трех крупных блоков.

1. Теплообменная камера – металлический корпус, содержащий несколько секций змеевиков из оребренных труб.

2. Блок основания печи – это четыре камеры сгорания с трубопроводом по подаче топливного газа, оборудованные запальными устройствами. К нему же относятся воздухопроводы наддува воздуха от вентиляционного блока в камеру сгорания и помещение подготовки газа.

3. Вентиляционный блок – это стальная сварная рама с установленными на ней электродвигателем, центробежным вентилятором высокого давления, приемным и нагнетательным воздухопроводами.

Так же в состав печи входят четыре блока взрывных клапанов, четыре дымовые трубы, сборочные единицы трубопроводов входа и выхода нефти, трубопроводы обвязки змеевиков нагрева газа, площадка для обслуживания, стремянка

### **Площадка электродегидраторов**

Из печей ПТБ нагретая нефть поступает в концевые сепарационные установки КСУ-1, КСУ-2, где происходит окончательная дегазация нефти под давлением 2,0-5,0 КПа. Выделившийся попутный нефтяной газ сжигается на факеле низкого давления.

Нефть из сепараторов КСУ-1, КСУ-2 за счет разности высотных отметок самотеком перетекает в электродегидраторы ЭГ-1, ЭГ-2, где происходит полное обезвоживание нефти.

Назначение электродегидратора. Это отстойный аппарат цилиндрической формы горизонтального размещения, внутри которого на подвешенных изоляторах зафиксированы 3 электрода решетчатой конструкции. Электроды подключены к высоковольтной обмотке трансформатора. Трансформатор работает от сети напряжения 380 В.

Система питания электродегидратора (СПЭ) состоит из высоковольтного источника питания ИПМ-25/15 и блока управления. Фторопластовый проходной изолятор ИПФ-25 служит для подвода высокого напряжения от ИПМ в электродегидратор. ИПМ-25/15 и ИПФ-25 имеют взрывозащищенное исполнение.

Функции СПЭ:

- обеспечение технологических установок питанием высокого напряжения переменного тока;
- плавное регулирование выходного напряжения;
- обеспечивать безаварийную работу при коротких замыканиях в нагрузке;
- автоматическое регулирование уровня раздела фаз в электродегидраторе;
- отключение ИПМ при дополнительных требованиях, обусловленных характером нагрузки

ИПМ предназначен для питания установки электродегидратора высоким напряжением частотой 50Гц. Высокое выходное напряжение в ИПМ формируется за счет работы повышающего трансформатора. Величина выходного напряжения регулируется углом отпирания терристоров, включенных в первичную цепь повышающего трансформатора. Сигналы на открытие терристоров поступают с блока управления ЭГ. На нем же устанавливается напряжение, требуемое на выходе из ИПМ. На цифровой индикатор блока управления выводятся текущие значения выходного напряжения и тока ИПМ.

ИПМ состоит из высоковольтного источника питания, выполненного во взрывозащищенном исполнении и кабеля высоковольтного присоединительного.

Конструкция ИПМ представляет собой несущий стальной сварной каркас, с закрепленными на нем электрическими элементами. Данный каркас помещается в маслонеполнительный бак, оборудованный сливным отверстием. Между крышкой и фланцем бака имеется резиновое уплотнение.

В нижней части каркаса ИПМ размещен высоковольтный силовой трансформатор.

В верхней части каркаса ИПМ расположено температурное реле.

На крышке бака закреплены патрон осушки, в котором находится силикагель, и высоковольтный ввод, состоящий из двух входящих друг в друга электроизоляционных стаканов блочной и кабельной частей.

Место электрического контакта трансформаторного ввода находится ниже уровня масла в баке;

клеммная колодка используется только с герметичными кабельными вводами. Все размещенные на крышке узлы имеют резиновые уплотнения.

Для защиты трансформатора от перегрузок и различных коротких замыканий, в конструкции предусмотрены функции отключения его при:

- нагреве масла в ИПМ свыше 80°C;
- образования газовой подушки в электродегидраторе;
- возникновения короткого замыкания на выходе ИПМ;
- возникновения короткого замыкания в обмотках высоковольтного трансформатора ИПМ;
- при выходе из строя тиристорov ИПМ;
- при превышении тока в первичной цепи ИПМ.

Блок управления, входящий в состав электродегидратора, служит для задания режимов работы аппарата, выполнения операций управления, контроля и индикаций высокого напряжения и тока ИПМ и обеспечивает защиту источника питания от нештатных режимов работы и его технологической перегрузки.

Нефть поступает в ЭГ-1 через маточник, который обеспечивает равномерное распределение нефти по всему сечению устройства. Для правильной работы электродегидратора требуется поддерживать уровень воды на 200-300 мм выше расположения маточника. При соблюдении данного условия нефть проходит слой отстоянной воды, где происходит водная промывка эмульсии и отделение пластовой воды. После чего нефтяная эмульсия подвергается обработке в зоне слабой напряженности электрического поля (уровень воды – нижние электроды) и в зоне сильной напряженности междуэлектродного пространства.

В процессе обессоливания очень важно контролировать следующие параметры работы электродегидраторов:

- давление, чтобы не допустить вскипания нефти и образования газовой подушки,
- уровень воды, чтобы поддерживать между водой и нижним электродом аппарата фиксированное расстояние – низкий уровень воды уменьшает напряженность электрического поля вокруг нижнего электрода и ухудшает качественные показатели процесса обессоливания, а при повышении уровня возможно замыкание нижнего электрода на корпус электродегидратора.

Контроль давления в аппаратах ЭГ-1, 2 осуществляется по приборам поз. PIA 2411 с сигнализацией максимального и минимального давления.

Уровень воды в ЭГ-1,2 поддерживается регулятором поз. LICA-4411 управляющими клапанами на линии отвода пластовой воды на очистные сооружения, с сигнализацией минимального и



максимального значений.

Для правильной и эффективной работы электродегидратора требуется соблюдение двух условий:

1. Старт работы аппарата возможен только после полного заполнения нефтью
2. Отсутствие газовой «подушки».

С этой целью регулирование уровня производится в КСУ-1,2 расположенным на отметке выше ЭГ-1,2 и обеспечивающем полное их заполнение нефтью, а также отвод газовой фазы из ЭГ-1, 2 в КСУ-1,2.

Для визуального контроля за уровнем воды в электродегидраторе, на корпусе аппарата имеются смотровые краны, расположенные на отметках 700, 1000, 1300, 1600 мм от нижней образующей аппарата.

Для обеспечения контроля качества нефти на трубопроводах выхода нефти из ЭГ-1,2 имеются автоматические влагоанализаторы и ручные пробоотборники.

Подтоварная вода из ЭГ-1 и ЭГ-2 через клапан LCV4411 на узел учета FQIR-3411 и далее на очистные сооружения. Для обеспечения контроля качества подтоварной воды на выходе из ЭГ-1,2 имеются ручные пробоотборники.

Отделившийся попутный газ с КСУ-1 и КСУ-2 утилизируется на факеле низкого давления

После электродегидраторов ЭГ-1,2 нефть подается в технологические резервуары РВС-7,8.

Так же существует возможность работы установки по схеме: ПТБ-10/64 №1,2,3 → ТФС-1, ТФС-2 → КСУ-1, КСУ-2 → ЭГ-1, ЭГ-2.

### **Резервуары нефти**

Ввод нефти в РВС №7(8) проводится через распределительный коллектор, расположенного на отметке 1000 мм от днища резервуара, в водяную подушку для окончательной промывки. С этой целью граница раздела фаз в РВС-7(8) поддерживается на уровне 1500-3000 мм от днища резервуара. Из резервуаров нефть поступает в приемный коллектор насосов внешней перекачки и далее, пройдя узел учета нефти (УУН-7), в нефтепровод Васюган-Раскино.

## 2. РАСЧЁТ НЕФТЕГАЗОСЕПАРАТОРА

					ФЮРА РНГС 000.000. ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Студент	Тюханов Б.В				Расчёт нефтегазосепаратора	Литера	Лист	Листов
Консультант	Беляев В.М.					Д	18	98
						НИ ТПУ ИШНПТ Группа 3-2К31		

## 2.1 Технологический расчет ТФС

Технологический расчет сепаратора по [1], [2]:

Находим основные геометрические размеры: диаметр и длину аппарата.

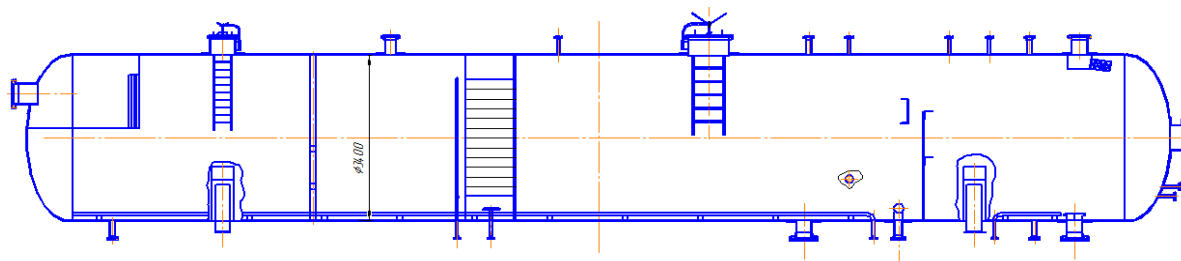


Рисунок 2.1 Трехфазный сепаратор

### Исходные параметры:

$Q_{\text{эм}}$	$:= 11600$	$\text{м}^3/\text{сут}$	Нагрузка по эмульсии [3]
$P$	$:= 0.8$	МПа	Давление в сепараторе [3]
$t$	$:= 5$	С	Температура эмульсии [3]
$d$	$:= 0.0003$	м	Диаметр капель воды
$M_T$	$:= 32.06$	кг/моль	Средняя молекулярная масса [3]
$\rho_{\text{н}}$	$:= 843$	$\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	Плотность нефти [3]
$\rho_{\text{воды}}$	$:= 998$	$\text{кг}/\text{м}^3$	Плотность воды при гидравлическом испытании [7]
$y$	$:= 104.7$	$\frac{\text{м}^3}{\text{т}}$	Газонасыщенность [1]
$\rho_{\text{г}}$	$:= 1.4$	$\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	Плотность газа [1]
$\mu$	$:= 4 \cdot 10^{-3}$	Па·с	Вязкость нефти [3]
$\nu$	$:= 0.75$		Степень заполнения аппарата рабочей средой [3]
$g$	$:= 9.81$	$\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$	Ускорение свободного падения [4]

Задаем скорость движения эмульсии по горизонтали [3]:

$$w := 0.02 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Расчет диаметра аппарата по формуле [5]:

$$Q_{\text{эм}} := \nu \cdot F \cdot w \quad (1)$$

Представим величину  $F$  как выражение:

$$F := \pi \cdot \frac{D^2}{4}$$

Подставим данное выражение в формулу (1) и выразим оттуда  $D$  аппарата:

$$Q_{\text{ЭМ}} := \pi \cdot \frac{D^2 \cdot w \cdot \nu}{4}$$

$$D := \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{ЭМ}}}{\pi \cdot \nu \cdot w \cdot 3600 \cdot 24}} = 3.376 \text{ м}$$

Принимаем диаметр аппарата  $D$  по [6] равным 3400 мм

Расчет скорости осаждения капли эмульсии по вертикали [5]:

$$w_{\text{В}} := \frac{d^2}{18 \cdot \mu} \cdot (\rho_{\text{Воды}} - \rho_{\text{Н}}) \cdot g = 1.901 \times 10^{-3} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Расчет времени осаждения капли эмульсии по вертикали [5]:

$$\tau_{\text{В}} := \frac{D \cdot \nu}{w_{\text{В}}} = 1.342 \times 10^3 \text{ с}$$

Вычислим длину аппарата до переливной перегородки:

$$l_{\text{в}} := \tau_{\text{В}} \cdot w = 20.124 \text{ м}$$

Задаем длину нефтяного отсека, после переливной перегородки:

$$D_{\text{Н.О}} := 3.3 \text{ м}$$

Исходя из полученных данных выбираем трехфазный сепаратор типа НГСВ-1,6-3400

Длина сепаратора 23460 мм Диаметр 3400 мм

## 2.2 Механический расчет ТФС

Целью данного раздела является: определение диаметров патрубков, расчет толщины стенки, укрепления отверстий, а так же произвести расчет фланцевых соединений и расчет седлообразных опор.

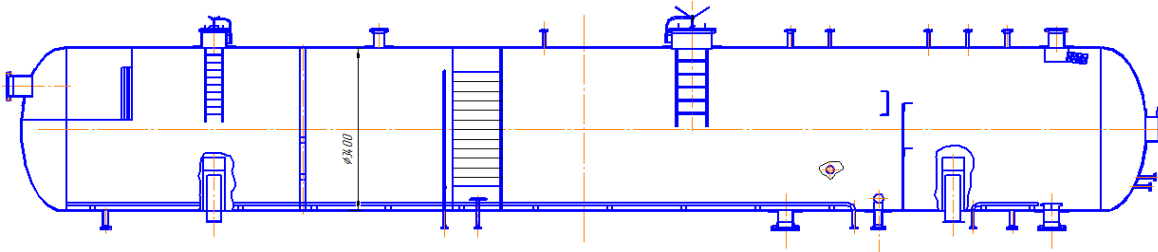


Рисунок 2.1 Трехфазный сепаратор

### Исходные параметры:

$D_{\text{внут}} := 3400$	мм	Внутренний диаметр аппарата МПа
$P_{\text{раб}} := 0.8$		Рабочее давление аппарата
$v := 0.75$		Степень заполнения аппарата рабочей средой [3]
$T_{\text{расч}} := 15$	°C	Максимальная температура среды
$T := 20$	лет	Срок эксплуатации аппарата мм/год
$\Pi := 0.1$		Скорость коррозии сталей 09Г2С
$\rho_{\text{среды}} := 856.9$	кг/м <sup>3</sup>	Плотность рабочей среды [3]
$\rho_{\text{воды}} := 998$	кг/м <sup>3</sup>	Плотность воды при гидравлическом испытании [7]
$\phi := 1$		Коэффициент прочности сварного шва [8]
$\sigma_{20} := 196$	МПа	Допускаемое напряжение при 20°C [8]
$\sigma_t := 176$	МПа	Допускаемое напряжение при расчетной температуре [8]
$R_{e,20} := 300$	МПа	Минимальное значение предела текучести при температуре 20°C [8]
$n_T := 1.1$		Коэффициент запаса прочности по пределу текучести [8]
$\eta := 0.9$		Коэффициент номинального уменьшения допускаемого напряжения [8]
$L := 21000 \cdot 10^{-3}$	м	Длина обечайки

### 2.2.1 Расчет толщины стенки обечайки.

Необходимо рассчитать толщину стенки цилиндрической обечайки на прочность при рабочем давлении и при гидроиспытаниях. Расчет производим по методике [8], [9] (рис. 2.2)

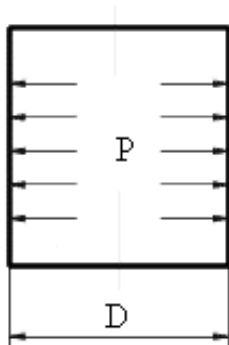


Рисунок 2.2 Расчетная схема цилиндрической обечайки

**Данные для расчета:**

Расчетный параметр внутреннего избыточного давления:

$$P_{\text{раб.расч}} := P_{\text{раб}} + \frac{(\rho_{\text{среды}} \cdot g \cdot D_{\text{внут}})}{10^9} = 0.829 \quad \text{МПа}$$

Вычислим давление для проведения испытаний на прочность:

$$P_{\text{исп}} := 1.25 \cdot P_{\text{раб.расч}} \cdot \frac{\sigma_{20}}{\sigma_t} = 1.036 \quad \text{МПа}$$

Трехфазный сепаратор изготавливают из марки стали 09Г2С, исходя из рекомендаций [6].

Допускаемое напряжение при гидравлических испытаниях для стали 09Г2С составляет:

$$\sigma_H := \text{Floor} \left( \frac{R_{e.20}}{n_T}, 0.5 \right) = 272.5 \quad \text{МПа}$$

**Расчет толщины стенки для рабочего давления, и для гидравлического испытания:**

- для рабочих условий:

$$s_{\text{раб.расч}} := \frac{P_{\text{раб.расч}} \cdot D_{\text{внут}}}{2 \cdot \sigma_t \cdot \phi - P_{\text{раб.расч}}} = 7.14 \quad \text{мм}$$

- для условий при гидравлических испытаниях:

$$s_{\text{исп.расч}} := \frac{P_{\text{исп.расч}} \cdot D_{\text{внут}}}{2 \cdot \sigma_{\text{и}} \cdot \phi - P_{\text{исп.расч}}} = 5.82 \quad \text{мм}$$

**Прибавка на коррозию:**

$$c_1 := T \cdot \Pi = 2 \quad \text{мм}$$

**Задаем исполнительную толщину цилиндрической обечайки:**

$$s_{\text{расч.обечайки}} := \max(s_{\text{раб.расч}}, s_{\text{исп.расч}}) = 7.14 \quad \text{мм}$$

$$s_{\text{обечайки.действ}} := \text{ceil}(s_{\text{расч.обечайки}} + c_1) = 10 \quad \text{мм}$$

Берем исходя из стандартного ряда  $s_{\text{обечайки.действ}} := 12 \quad \text{мм}$

\*(с прибавкой на компенсацию утолщения стенки для технологических операций и компенсации минусового допуска)

**Проверим будет ли выполняться для обечаек условие применимости формул при значении  $D > 200$**

$$P_{\text{гов}} := \begin{cases} \text{"Условие выполняется"} & \text{if } \frac{s_{\text{обечайки.действ}} - c_1}{D_{\text{внут}}} \leq 0.1 \\ \text{"Условие НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$P_{\text{гов}} = \text{"Условие выполняется"}$

## Расчет допускаемого давления:

- для рабочих условий:

$$P_{\text{доп.рабоч.об}} := \frac{2 \cdot \sigma_t \cdot \varphi \cdot (s_{\text{обечайки.действ}} - c_1)}{D_{\text{внут}} + (s_{\text{обечайки.действ}} - c_1)} = 1.15 \quad \text{МПа}$$

- в условиях при испытании:

$$P_{\text{доп.испыт.об}} := \frac{2 \cdot \sigma_{\text{и}} \cdot \varphi \cdot (s_{\text{обечайки.действ}} - c_1)}{D_{\text{внут}} + (s_{\text{обечайки.действ}} - c_1)} = 1.598 \quad \text{МПа}$$

### Проверка на выполнение условий прочности цилиндрической обечайки, в рабочих условиях и в условиях при испытании, под действием внутреннего давления.

В рабочих условиях:

$$U_{\text{проч.раб.}} := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } P_{\text{доп.рабоч.об}} = 1,15 \geq P_{\text{раб.расч}} = 0,829 \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{if } P_{\text{доп.рабоч.об}} = 1,15 < P_{\text{раб.расч}} = 0,829 \end{cases}$$

$$U_{\text{проч.раб.}} = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

В условиях при испытании:

$$U_{\text{проч.исп.}} := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } P_{\text{доп.испыт.об}} = 1,598 \geq P_{\text{раб.расч}} = 0,829 \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{if } P_{\text{доп.испыт.об}} = 1,598 < P_{\text{исп}} = 1,036 \end{cases}$$

$$U_{\text{проч.исп.}} = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

Произвели расчет толщины стенки обечайки на прочность при рабочем давлении

$P_{\text{доп.рабоч.об}} = 1,15$  МПа и в условиях при гидроиспытании  $P_{\text{доп.испыт.об}} = 1,598$  МПа.



## 2.2.2 Расчёт эллиптической крышки.

Цель: произвести расчет на прочность толщины стенки крышки для рабочего давления и для гидротестирования и подобрать соответствующую толщину стенки крышки.

Расчет выпуклой эллиптической крышки по [8], [9] используя схему рис. 2.3

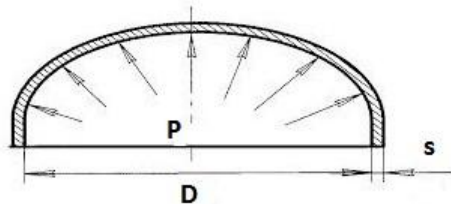


Рисунок 2.3 Схема эллиптической выпуклой крышки.

**Расчёт толщины стенки крышки для рабочего давления и гидравлического испытания:**

$$S_{p.эллип.крышки} := \max \left( \frac{P_{\text{раб.расч}} \cdot D_{\text{внут}}}{2 \cdot \sigma_t \cdot \varphi - 0.5P_{\text{раб.расч}}}, \frac{P_{\text{исп.расч}} \cdot D_{\text{внут}}}{2 \cdot \sigma_{\text{н}} \cdot \varphi - 0.5P_{\text{исп.расч}}} \right) = 7.132 \text{ мм}$$

$$S_{\text{эллипт.крышки}} := \text{ceil}(S_{p.эллип.крышки} + c_1) = 10 \text{ мм}$$

Задаём исполнительную толщину исходя из стандартного ряда [6]  $S_{\text{эллипт.крышки}} := 12 \text{ мм}$

**Проверка условий применения формул для эллиптических крышек:**

$$\text{Prov} := \begin{cases} \text{"Условия применения формул выполняются"} & \text{if } 0.002 \leq \frac{S_{\text{эллипт.крышки}} - c_1}{D_{\text{внут}}} \leq 0.1 \\ \text{"Условия НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Prov = "Условия применения формул выполняются"

**Расчет допускаемого внутреннего избыточного давления:**

- в рабочих условиях:

$$P_{\text{доп.рабоч.кр}} := \frac{2 \cdot \sigma_t \cdot \varphi \cdot (S_{\text{эллипт.крышки}} - c_1)}{D_{\text{внут}} + 0.5(S_{\text{эллипт.крышки}} - c_1)} = 1.151 \text{ МПа}$$

- условиях испытания:

$$P_{\text{доп.испыт.кр}} := \frac{2 \cdot \sigma_{\text{н}} \cdot \varphi \cdot (S_{\text{эллипт.крышки}} - c_1)}{D_{\text{внут}} + 0.5(S_{\text{эллипт.крышки}} - c_1)} = 1.601 \quad \text{МПа}$$

**Проверка выполнения условий прочности эллиптической крышки в рабочих условиях и в условиях при испытании, под действием внутреннего давления.**

В рабочих условиях:

$$U_{\text{проч.раб.кр}} := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } P_{\text{доп.рабоч.кр}} = 1,151 \geq P_{\text{раб.расч}} = 0,829 \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{if } P_{\text{доп.рабоч.кр}} = 1,151 < P_{\text{раб.расч}} = 0,829 \end{cases}$$

$$U_{\text{проч.раб.кр}} = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

В условиях при испытании:

$$U_{\text{проч.исп.кр}} := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } P_{\text{доп.испыт.кр}} = 1,601 \geq P_{\text{раб.расч}} = 0,829 \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{if } P_{\text{доп.испыт.кр}} = 1,601 < P_{\text{исп.расч}} = 0,829 \end{cases}$$

$$U_{\text{проч.исп.кр}} = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

Исходя из расчетов, задаемся исполнительной толщиной стенки эллиптической крышки

- 12 мм [6].

### 2.2.3 Расчет штуцеров

Находим диаметры основных технологических штуцеров.

Расчет штуцеров производим по методике [10], [11], [12].

$$Q_{\text{эм}} := 443 \quad \text{м}^3/\text{ч} - \text{объемная производительность эмульсии};$$

$$Q_{\text{н}} := 237 \quad \text{м}^3/\text{ч} - \text{объемная производительность нефти};$$

Для вычисления диаметра штуцеров используем формулу:

$$d_y = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \omega}}$$

где  $\omega$  - скорость движения эмульсии, задаем для неё значение равное  $\omega := 1 \text{ м/с}$

Вычислим диаметр штуцера для подачи эмульсии:

$$d_y := \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{ЭМ}}{\pi \cdot \omega \cdot 3600}} = 0.396 \quad \text{м}$$

Исходя из расчета берем штуцер с Ду=400 мм

Вычислим диаметр штуцера для выхода продукта:

$$d_y := \sqrt{\frac{4 \cdot Q_H}{\pi \cdot \omega \cdot 3600}} = 0.29 \quad \text{м}$$

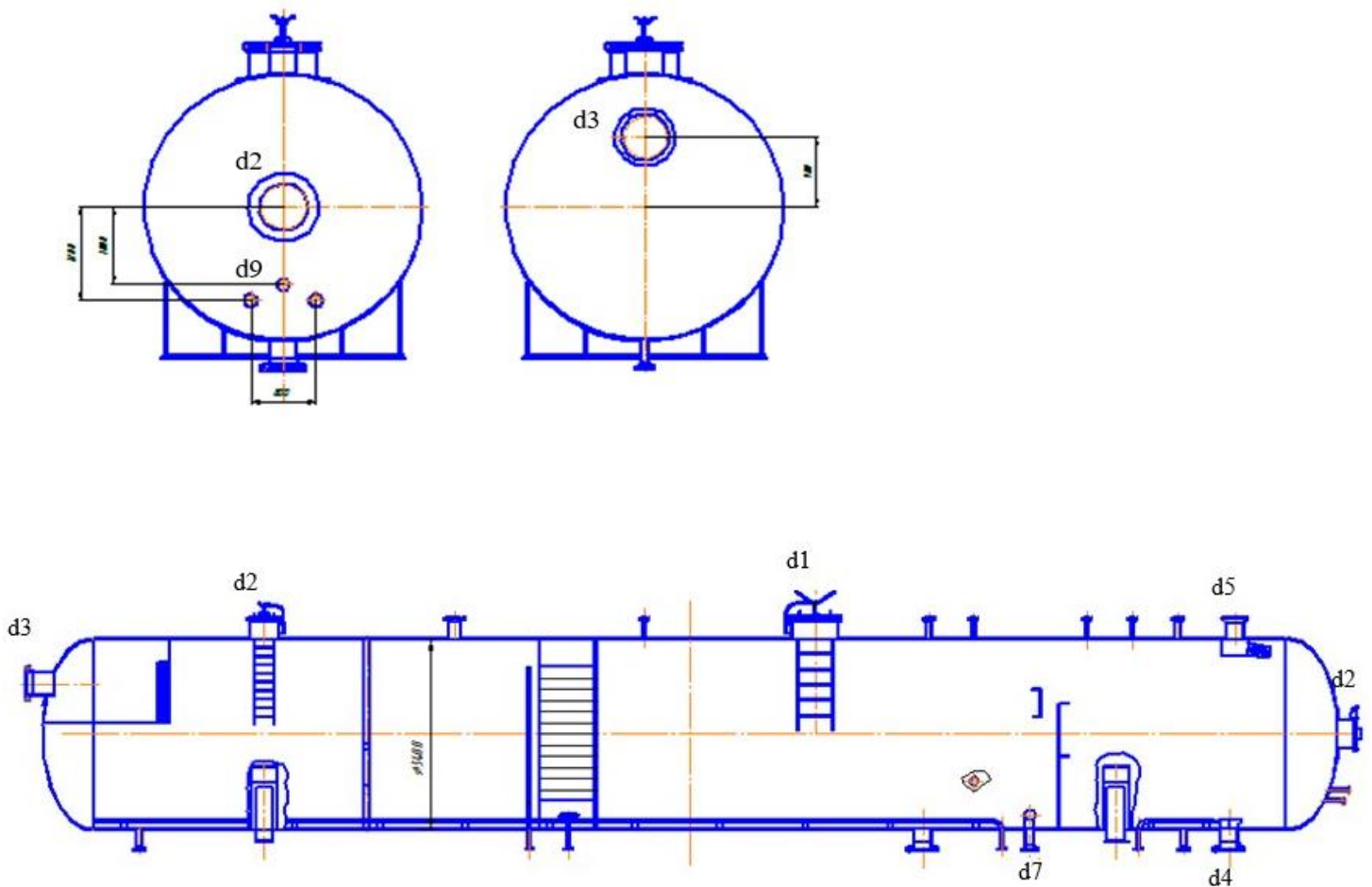
Исходя из расчета выбираем штуцер с диаметром (Dy) равным 300мм

Исходя из расчетов следует, что остальные диаметры для штуцеров можем принять конструктивно, учитывая их функциональные предназначения.

### 2.2.4 Расчет укрепления отверстий:

Цель: определение отверстий требующих укрепления и не требующих укрепления. Определение внутренних диаметров штуцеров и подбор соответствующих штуцеров по госту.

Для расчета укрепления отверстий используем схему на рис. 2.4



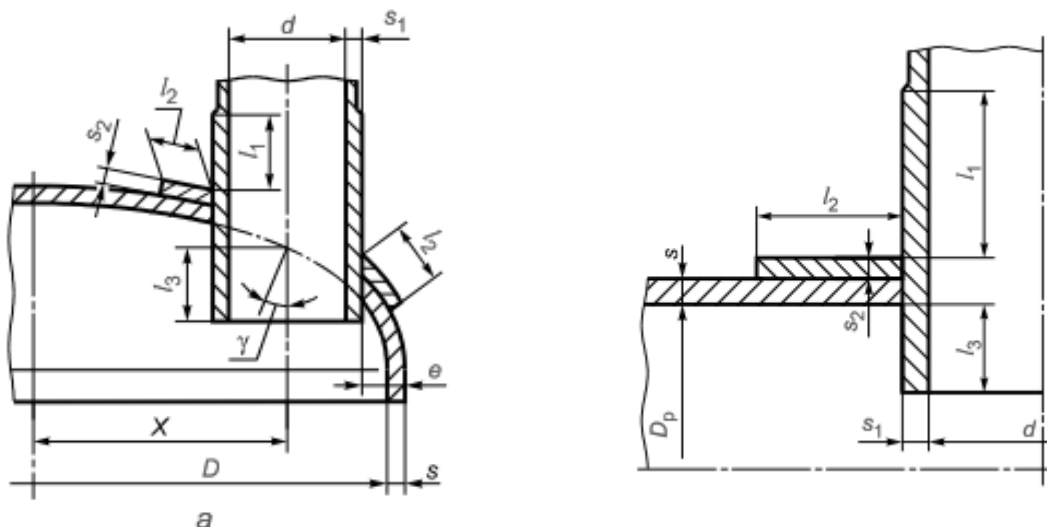


Рисунок 2.4 Схема расположения штуцеров и укрепления отверстий

**Обозначим внутренние диаметры штуцеров:**

- $d_1 := 800$  мм – Люк лаз
- $d_2 := 500$  мм – Люк лаз
- $d_3 := 400$  мм – Вход эмульсии
- $d_4 := 300$  мм – Выход нефти
- $d_5 := 250$  мм – Выход газа
- $d_6 := 200$  мм – Сбросной пружинный предохранительный клапан (СППК)
- $d_7 := 150$  мм – Выход воды
- $d_8 := 100$  мм – Дренаж
- $d_9 := 50$  мм – Датчик температуры, термометр

**Расстояния от центра отверстия укрепляемого, до центра крышки эллиптической- равняются:**

- $x_2 := 0$  мм
- $x_3 := 900$  мм
- $x_9 := 1000$  мм
- $x_{9.1} := 1200$  мм

**Главные расчетные формулы:**

Вычислим расчетный диаметр для обечайки цилиндрической:

$$D_{p.обеч} := D_{внут} = 3.4 \times 10^3 \text{ мм}$$

Вычислим расчетные диаметры для крышки эллиптической:

$$D_{p.d.1} := 2 \cdot D_{\text{ВНУТ}} \cdot \sqrt{1 - 3 \cdot \left(\frac{x_2}{D_{\text{ВНУТ}}}\right)^2} = 6.8 \times 10^3 \quad \text{ММ}$$

$$D_{p.d.2} := 2 \cdot D_{\text{ВНУТ}} \cdot \sqrt{1 - 3 \cdot \left(\frac{x_3}{D_{\text{ВНУТ}}}\right)^2} = 6.043 \times 10^3 \quad \text{ММ}$$

$$D_{p.d.3} := 2 \cdot D_{\text{ВНУТ}} \cdot \sqrt{1 - 3 \cdot \left(\frac{x_9}{D_{\text{ВНУТ}}}\right)^2} = 5.851 \times 10^3 \quad \text{ММ}$$

$$D_{p.d.4} := 2 \cdot D_{\text{ВНУТ}} \cdot \sqrt{1 - 3 \cdot \left(\frac{x_{9.1}}{D_{\text{ВНУТ}}}\right)^2} = 5.381 \times 10^3 \quad \text{ММ}$$

**-Вычислим расчетные диаметры отверстий для штуцеров обечайки цилиндрической:**

$$d_{p1} := d_1 + 2c_1 = 804 \quad \text{ММ}$$

$$d_{p2} := d_2 + 2c_1 = 504 \quad \text{ММ}$$

$$d_{p3} := d_3 + 2c_1 = 404 \quad \text{ММ}$$

$$d_{p4} := d_4 + 2c_1 = 304 \quad \text{ММ}$$

$$d_{p5} := d_5 + 2c_1 = 254 \quad \text{ММ}$$

$$d_{p6} := d_6 + 2c_1 = 204 \quad \text{ММ}$$

$$d_{p7} := d_7 + 2c_1 = 154 \quad \text{ММ}$$

$$d_{p8} := d_8 + 2c_1 = 104 \quad \text{ММ}$$

$$d_{p9} := d_9 + 2c_1 = 54 \quad \text{ММ}$$

Вычислим расчетные диаметры для штуцеров крышки эллиптической:

$$d_{p10} := \frac{(d_2 + 2c_1)}{\sqrt{1 - 2 \cdot \left(\frac{x_2}{D_{p,d,1}}\right)^2}} = 504 \quad \text{мм}$$

$$d_{p11} := \frac{(d_3 + 2c_1)}{\sqrt{1 - 2 \cdot \left(\frac{x_3}{D_{p,d,2}}\right)^2}} = 413.27 \quad \text{мм}$$

$$d_{p12} := \frac{(d_9 + 2c_1)}{\sqrt{1 - 2 \cdot \left(\frac{x_9}{D_{p,d,3}}\right)^2}} = 55.65 \quad \text{мм}$$

$$d_{p13} := \frac{(d_9 + 2c_1)}{\sqrt{1 - 2 \cdot \left(\frac{x_{9,1}}{D_{p,d,4}}\right)^2}} = 56.904 \quad \text{мм}$$

#### Определим расчетные толщины стенок

Для штуцеров  $d=800$  мм

$$s_{штуц, Ду800.p} := \max \left[ \frac{P_{раб.расч} \cdot (d_1 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_t - P_{раб.расч})}, \frac{P_{исп.расч} \cdot (d_1 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{и} - P_{исп.расч})} \right] = 1.897 \quad \text{мм}$$

Для штуцеров  $d=500$  мм

$$s_{штуц, Ду500.p} := \max \left[ \frac{P_{раб.расч} \cdot (d_2 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_t - P_{раб.расч})}, \frac{P_{исп.расч} \cdot (d_2 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{и} - P_{исп.расч})} \right] = 1.189 \quad \text{мм}$$

Для штуцеров  $d=400$  мм

$$s_{штуц, Ду400.p} := \max \left[ \frac{P_{раб.расч} \cdot (d_3 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_t - P_{раб.расч})}, \frac{P_{исп.расч} \cdot (d_3 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{и} - P_{исп.расч})} \right] = 0.953 \quad \text{мм}$$

Для штуцеров  $d=300$  мм

$$s_{штуц, Ду300.p} := \max \left[ \frac{P_{раб.расч} \cdot (d_4 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_t - P_{раб.расч})}, \frac{P_{исп.расч} \cdot (d_4 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{и} - P_{исп.расч})} \right] = 0.717 \quad \text{мм}$$

Для штуцеров  $d=250$  мм

$$s_{штуц, Ду250.p} := \max \left[ \frac{P_{раб.расч} \cdot (d_5 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_t - P_{раб.расч})}, \frac{P_{исп.расч} \cdot (d_5 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{и} - P_{исп.расч})} \right] = 0.533 \quad \text{мм}$$

Для штуцеров d=200 мм

$$s_{штуц, Ду200.p} := \max \left[ \frac{P_{раб.расч} \cdot (d_6 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_t - P_{раб.расч})}, \frac{P_{исп.расч} \cdot (d_6 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{и} - P_{исп.расч})} \right] = 0.428 \quad \text{мм}$$

Для штуцеров d=150 мм

$$s_{штуц, Ду150.p} := \max \left[ \frac{P_{раб.расч} \cdot (d_7 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_t - P_{раб.расч})}, \frac{P_{исп.расч} \cdot (d_7 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{и} - P_{исп.расч})} \right] = 0.323 \quad \text{мм}$$

Для штуцеров d=100 мм

$$s_{штуц, Ду100.p} := \max \left[ \frac{P_{раб.расч} \cdot (d_8 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_t - P_{раб.расч})}, \frac{P_{исп.расч} \cdot (d_8 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{и} - P_{исп.расч})} \right] = 0.218 \quad \text{мм}$$

Для штуцеров d=50 мм

$$s_{штуц, Ду50.p} := \max \left[ \frac{P_{раб.расч} \cdot (d_9 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_t - P_{раб.расч})}, \frac{P_{исп.расч} \cdot (d_9 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{и} - P_{исп.расч})} \right] = 0.113 \quad \text{мм}$$

Подбираем штуцера по [11],

Труба 820x10-09Г2С

Толщина стенки штуцера 10 мм.

Труба 530x10-09Г2С

Толщина стенки штуцера 10 мм.

Труба 426x10-09Г2С

Толщина стенки штуцера 10 мм.

Труба 325x10-09Г2С

Толщина стенки штуцера 10 мм.

Труба 273x7-09Г2С

Толщина стенки штуцера 7 мм.

Труба 219x7-09Г2С

Толщина стенки штуцера 7 мм.

Труба 159x4.5-09Г2С

Толщина стенки штуцера 4.5 мм

Труба 108x4-09Г2С

Толщина стенки штуцера 4 мм

Труба 57x3.5-09Г2С

Толщина стенки штуцера 3.5 мм

$s_{штуц, Ду800} := 10 \text{ мм}$

$$s_{штуц, Ду500} := 10 \text{ мм}$$

$$s_{штуц, Ду400} := 10 \text{ мм}$$

$$s_{штуц, Ду300} := 10 \text{ мм}$$

$$s_{штуц, Ду250} := 7 \text{ мм}$$

$$s_{штуц, Ду200} := 7 \text{ мм}$$

$$s_{штуц, Ду150} := 4.5 \text{ мм}$$

$$s_{штуц, Ду100} := 4 \text{ мм}$$

$$s_{штуц, Ду50} := 3.5 \text{ мм}$$

Длины штуцеров необходимые для расчетов

Вычислим, участвующую в укреплении отверстий, длину внешней и внутренней части круглого штуцера.

$l_1 := 350$  мм - задаем исполнительную длину внешней части штуцера

$l_2 := 100$  мм - задаем исполнительную длину внешней части штуцера

- для штуцера Ду800:

$$l_{1р.штуц, Ду800} := \min \left[ l_1, 1.25 \cdot \sqrt{(d_1 + 2c_1) \cdot (s_{штуц, Ду800} - c_1)} \right] = 100.25 \text{ мм}$$

$$l_{2р.штуц, Ду800} := \min \left[ l_2, 0.5 \cdot \sqrt{(d_1 + 2c_1) \cdot (s_{штуц, Ду800} - c_1)} \right] = 40.1 \text{ мм}$$

Задаем:

$$l_{1.штуц, Ду800} := \text{ceil}(\max(l_{1р.штуц, Ду800}, l_1)) = 350 \text{ мм}$$

$$l_{2.штуц, Ду800} := \text{ceil}(\max(l_{2р.штуц, Ду800}, l_2)) = 100 \text{ мм}$$

-для штуцера Ду500:

$$l_{1р.штуц, Ду500} := \min \left[ l_1, 1.25 \cdot \sqrt{(d_2 + 2c_1) \cdot (s_{штуц, Ду500} - c_1)} \right] = 79.373 \text{ мм}$$

$$l_{2р.штуц, Ду500} := \min \left[ l_2, 0.5 \cdot \sqrt{(d_2 + 2c_1) \cdot (s_{штуц, Ду500} - c_1)} \right] = 31.749 \text{ мм}$$

Задаем:

$$l_{1.штуц, Ду500} := \text{ceil}(\max(l_{1р.штуц, Ду500}, l_1)) = 350 \text{ мм}$$

$$l_{2.штуц, Ду500} := \text{ceil}(\max(l_{2р.штуц, Ду500}, l_2)) = 100 \text{ мм}$$

- для штуцера Ду400:



$$l_{1р.штуц.Ду400} := \min \left[ l_1, 1.25 \cdot \sqrt{(d_3 + 2c_1) \cdot (s_{штуц.Ду400} - c_1)} \right] = 71.063 \quad \text{мм}$$

$$l_{2р.штуц.Ду400} := \min \left[ l_2, 0.5 \cdot \sqrt{(d_3 + 2c_1) \cdot (s_{штуц.Ду400} - c_1)} \right] = 28.425 \quad \text{мм}$$

Задаем:

$$l_{1.штуц.Ду400} := \text{ceil}(\max(l_{1р.штуц.Ду400}, l_1)) = 350 \quad \text{мм}$$

$$l_{2.штуц.Ду400} := \text{ceil}(\max(l_{2р.штуц.Ду400}, l_2)) = 100 \quad \text{мм}$$

-для штуцера Ду300:

$$l_{1р.штуц.Ду300} := \min \left[ l_1, 1.25 \cdot \sqrt{(d_4 + 2c_1) \cdot (s_{штуц.Ду300} - c_1)} \right] = 61.644 \quad \text{мм}$$

$$l_{2р.штуц.Ду300} := \min \left[ l_2, 0.5 \cdot \sqrt{(d_4 + 2c_1) \cdot (s_{штуц.Ду300} - c_1)} \right] = 24.658 \quad \text{мм}$$

Задаем:

$$l_{1.штуц.Ду300} := \text{ceil}(\max(l_{1р.штуц.Ду300}, l_1)) = 350 \quad \text{мм}$$

$$l_{2.штуц.Ду300} := \text{ceil}(\max(l_{2р.штуц.Ду300}, l_2)) = 100 \quad \text{мм}$$

-для штуцера Ду250:

$$l_{1р.штуц.Ду250} := \min \left[ l_1, 1.25 \cdot \sqrt{(d_5 + 2c_1) \cdot (s_{штуц.Ду250} - c_1)} \right] = 44.546 \quad \text{мм}$$

$$l_{2р.штуц.Ду250} := \min \left[ l_2, 0.5 \cdot \sqrt{(d_5 + 2c_1) \cdot (s_{штуц.Ду250} - c_1)} \right] = 17.819 \quad \text{мм}$$

Задаем:

$$l_{1.штуц.Ду250} := \text{ceil}(\max(l_{1р.штуц.Ду250}, l_1)) = 350 \quad \text{мм}$$

$$l_{2.штуц.Ду250} := \text{ceil}(\max(l_{2р.штуц.Ду250}, l_2)) = 100 \quad \text{мм}$$

-для штуцера Ду200:

$$l_{1р.штуц.Ду200} := \min \left[ l_1, 1.25 \cdot \sqrt{(d_6 + 2c_1) \cdot (s_{штуц.Ду200} - c_1)} \right] = 39.922 \quad \text{мм}$$

$$l_{2р.штуц.Ду200} := \min \left[ l_2, 0.5 \cdot \sqrt{(d_6 + 2c_1) \cdot (s_{штуц.Ду200} - c_1)} \right] = 15.969 \quad \text{мм}$$

Задаем:

$$l_{1.штуц.Ду200} := \text{ceil}(\max(l_{1р.штуц.Ду200}, l_1)) = 350 \quad \text{MM}$$

$$l_{2.штуц.Ду200} := \text{ceil}(\max(l_{2р.штуц.Ду200}, l_2)) = 100 \quad \text{MM}$$

- для штуцера Ду150:

$$l_{1р.штуц.Ду150} := \min\left[l_1, 1.25 \cdot \sqrt{(d_7 + 2c_1) \cdot (s_{штуц.Ду150} - c_1)}\right] = 24.527 \quad \text{MM}$$

$$l_{2р.штуц.Ду150} := \min\left[l_2, 0.5 \cdot \sqrt{(d_7 + 2c_1) \cdot (s_{штуц.Ду150} - c_1)}\right] = 9.811 \quad \text{MM}$$

Задаем:

$$l_{1.штуц.Ду150} := \text{ceil}(\max(l_{1р.штуц.Ду150}, l_1)) = 350 \quad \text{MM}$$

$$l_{2.штуц.Ду150} := \text{ceil}(\max(l_{2р.штуц.Ду150}, l_2)) = 100 \quad \text{MM}$$

-для штуцера Ду100:

$$l_{1р.штуц.Ду100} := \min\left[l_1, 1.25 \cdot \sqrt{(d_8 + 2c_1) \cdot (s_{штуц.Ду100} - c_1)}\right] = 18.028 \quad \text{MM}$$

$$l_{2р.штуц.Ду100} := \min\left[l_2, 0.5 \cdot \sqrt{(d_8 + 2c_1) \cdot (s_{штуц.Ду100} - c_1)}\right] = 7.211 \quad \text{MM}$$

Задаем:

$$l_{1.штуц.Ду100} := \text{ceil}(\max(l_{1р.штуц.Ду100}, l_1)) = 350 \quad \text{MM}$$

$$l_{2.штуц.Ду100} := \text{ceil}(\max(l_{2р.штуц.Ду100}, l_2)) = 100 \quad \text{MM}$$

-для штуцера Ду50:

$$l_{1р.штуц.Ду50} := \min\left[l_1, 1.25 \cdot \sqrt{(d_9 + 2c_1) \cdot (s_{штуц.Ду50} - c_1)}\right] = 11.25 \quad \text{MM}$$

$$l_{2р.штуц.Ду50} := \min\left[l_2, 0.5 \cdot \sqrt{(d_9 + 2c_1) \cdot (s_{штуц.Ду50} - c_1)}\right] = 4.5 \quad \text{MM}$$

Задаем:

$$l_{1.штуц.Ду50} := \text{ceil}(\max(l_{1р.штуц.Ду50}, l_1)) = 350 \quad \text{MM}$$

$$l_{2.штуц.Ду50} := \text{ceil}(\max(l_{2р.штуц.Ду50}, l_2)) = 100 \quad \text{MM}$$

### Расчетная ширина равняется:

- Расчет ширины зоны укрепления цилиндрической обечайки:

$$L_{0.цилиндр} := \sqrt{D_{р.обеч} \cdot (s_{обечайки.действ} - c_1)} = 184.391 \quad \text{мм}$$

- Расчет ширины зоны укрепления эллиптической крышки:

$$L_{0.эллипт.1} := \sqrt{D_{р.д.1} \cdot (s_{эллипт.крышки} - c_1)} = 260.768 \quad \text{мм}$$

$$L_{0.эллипт.2} := \sqrt{D_{р.д.2} \cdot (s_{эллипт.крышки} - c_1)} = 245.829 \quad \text{мм}$$

$$L_{0.эллипт.3} := \sqrt{D_{р.д.3} \cdot (s_{эллипт.крышки} - c_1)} = 241.899 \quad \text{мм}$$

$$L_{0.эллипт.4} := \sqrt{D_{р.д.4} \cdot (s_{эллипт.крышки} - c_1)} = 231.98 \quad \text{мм}$$

Если укрепление производим накладным кольцом, то ширину зоны укрепления задаем:

- для рубашки цилиндрической :

$$l_{р.цилиндр} := L_{0.цилиндр} = 184.391 \quad \text{мм}$$

Расчетная ширина накладного кольца (при условии того, что толщина кольца накладного **S2**, равна толщине стенки ) равняется:

$$s_{2.цилиндр.обеч} := s_{обечайки.действ} = 12 \quad \text{мм} - \text{толщина накладного кольца.}$$

$$l_{2р.цилиндр} := \sqrt{D_{р.обеч} \cdot (s_{2.цилиндр.обеч} + s_{обечайки.действ} - c_1)} = 273.496 \quad \text{мм}$$

$$l_{2р.эллипт.1} := \sqrt{D_{р.д.1} \cdot (s_{эллипт.крышки} + s_{р.эллипт.крышки} - c_1)} = 341.319 \quad \text{мм}$$

$$l_{2р.эллипт.2} := \sqrt{D_{р.д.2} \cdot (s_{эллипт.крышки} + s_{р.эллипт.крышки} - c_1)} = 321.765 \quad \text{мм}$$

$$l_{2р.эллипт.3} := \sqrt{D_{р.д.3} \cdot (s_{эллипт.крышки} + s_{р.эллипт.крышки} - c_1)} = 316.621 \quad \text{мм}$$

$$l_{2р.эллипт.4} := \sqrt{D_{р.д.4} \cdot (s_{эллипт.крышки} + s_{р.эллипт.крышки} - c_1)} = 303.638 \quad \text{мм}$$

Задаем:

$$l_{2.цилиндр} := 275 \quad \text{мм}$$

$$l_{2.эллипт.} := 360 \quad \text{мм}$$

### Отношения допускаемых напряжений

Исходя из условий, что накладное кольцо и внешняя часть штуцера сделаны из одного материала, что и обечайка.

Задаем:

$$\sigma_1 := \sigma_t$$

$$\sigma_2 := \sigma_t$$

$$\sigma_3 := \sigma_t$$

-штуцер - внешняя часть

$$\chi_1 := \min\left(1, \frac{\sigma_1}{\sigma_t}\right) = 1$$

-кольцо - накладное:

$$\chi_2 := \min\left(1, \frac{\sigma_2}{\sigma_t}\right) = 1$$

-штуцер - внутренняя часть:

$$\chi_3 := \min\left(1, \frac{\sigma_3}{\sigma_t}\right) = 1$$

### Расчет диаметров отверстий не требующих укрепления

-для обечайки цилиндрической:

$$d_{\text{ор.цилиндр}} := 0.4 \cdot \sqrt{D_{\text{р.обеч}} \cdot (S_{\text{обечайки.действ}} - c_1)} = 73.756 \quad \text{мм}$$

-для крышки эллиптической:

$$d_{\text{ор.эллипт.1}} := 0.4 \cdot \sqrt{D_{\text{р.д.1}} \cdot (S_{\text{эллипт.крышки}} - c_1)} = 104.307 \quad \text{мм}$$

$$d_{\text{ор.эллипт.2}} := 0.4 \cdot \sqrt{D_{\text{р.д.2}} \cdot (S_{\text{эллипт.крышки}} - c_1)} = 98.332 \quad \text{мм}$$

$$d_{\text{ор.эллипт.3}} := 0.4 \cdot \sqrt{D_{\text{р.д.3}} \cdot (S_{\text{эллипт.крышки}} - c_1)} = 96.759 \quad \text{мм}$$

$$d_{\text{ор.эллипт.4}} := 0.4 \cdot \sqrt{D_{\text{р.д.4}} \cdot (S_{\text{эллипт.крышки}} - c_1)} = 92.792 \quad \text{мм}$$

**Для сосудов находящихся под внутренним давлением, произведем вычисление расчетного диаметра для не требующего укрепления одиночного отверстия.**

$$d_{o.цилиндр} := 2 \cdot \left( \frac{s_{обечайки.действ} - c_1}{s_{расч.обечайки}} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_{р.обеч} \cdot (s_{обечайки.действ} - c_1)} = 221.5 \quad \text{мм}$$

$$d_{o.эллипт.1} := 2 \cdot \left( \frac{s_{эллипт.крышки} - c_1}{s_{р.эллипт.крышки}} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_{р.д.1} \cdot (s_{эллипт.крышки} - c_1)} = 314.016 \quad \text{мм}$$

$$d_{o.эллипт.2} := 2 \cdot \left( \frac{s_{эллипт.крышки} - c_1}{s_{р.эллипт.крышки}} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_{р.д.2} \cdot (s_{эллипт.крышки} - c_1)} = 296.026 \quad \text{мм}$$

$$d_{o.эллипт.3} := 2 \cdot \left( \frac{s_{эллипт.крышки} - c_1}{c} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_{р.д.3} \cdot (s_{эллипт.крышки} - c_1)} = 291.293 \quad \text{мм}$$

$$d_{o.эллипт.4} := 2 \cdot \left( \frac{s_{эллипт.крышки} - c_1}{s_{р.эллипт.крышки}} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_{р.д.4} \cdot (s_{эллипт.крышки} - c_1)} = 279.349 \quad \text{мм}$$

$$Usl_{ukr1} := \left[ \begin{array}{l} \text{"Укрепление отверстия не требуется"} \quad \text{if } (d_{p1} \leq d_{o.цилиндр}) \\ \text{"Требуется укрепление отверстия"} \quad \text{otherwise} \end{array} \right]$$

$Usl_{ukr1} = \text{"Требуется укрепление отверстия"}$

$$Usl_{ukr2} := \left[ \begin{array}{l} \text{"Укрепление отверстия не требуется"} \quad \text{if } (d_{p2} \leq d_{o.цилиндр}) \\ \text{"Требуется укрепление отверстия"} \quad \text{otherwise} \end{array} \right]$$

$Usl_{ukr2} = \text{"Требуется укрепление отверстия"}$

$$Usl_{ukr3} := \left[ \begin{array}{l} \text{"Укрепление отверстия не требуется"} \quad \text{if } (d_{p3} \leq d_{o.цилиндр}) \\ \text{"Требуется укрепление отверстия"} \quad \text{otherwise} \end{array} \right]$$

$Usl_{ukr3} = \text{"Требуется укрепление отверстия"}$

$$Usl_{ukr4} := \left[ \begin{array}{l} \text{"Укрепление отверстия не требуется"} \text{ if } (d_{p4} \leq d_{o.цилиндр}) \\ \text{"Требуется укрепление отверстия"} \text{ otherwise} \end{array} \right]$$

$Usl_{ukr4} = \text{"Требуется укрепление отверстия"}$

$$Usl_{ukr5} := \left[ \begin{array}{l} \text{"Укрепление отверстия не требуется"} \text{ if } (d_{p5} \leq d_{o.цилиндр}) \\ \text{"Требуется укрепление отверстия"} \text{ otherwise} \end{array} \right]$$

$Usl_{ukr5} = \text{"Требуется укрепление отверстия"}$

$$Usl_{ukr6} := \left[ \begin{array}{l} \text{"Укрепление отверстия не требуется"} \text{ if } (d_{p6} \leq d_{o.цилиндр}) \\ \text{"Требуется укрепление отверстия"} \text{ otherwise} \end{array} \right]$$

$Usl_{ukr6} = \text{"Укрепление отверстия не требуется"}$

$$Usl_{ukr7} := \left[ \begin{array}{l} \text{"Укрепление отверстия не требуется"} \text{ if } (d_{p7} \leq d_{o.цилиндр}) \\ \text{"Требуется укрепление отверстия"} \text{ otherwise} \end{array} \right]$$

$Usl_{ukr7} = \text{"Укрепление отверстия не требуется"}$

$$Usl_{ukr8} := \left[ \begin{array}{l} \text{"Укрепление отверстия не требуется"} \text{ if } (d_{p8} \leq d_{o.цилиндр}) \\ \text{"Требуется укрепление отверстия"} \text{ otherwise} \end{array} \right]$$

$Usl_{ukr8} = \text{"Укрепление отверстия не требуется"}$

$$Usl_{ukr9} := \left[ \begin{array}{l} \text{"Укрепление отверстия не требуется"} \text{ if } (d_{p9} \leq d_{o.цилиндр}) \\ \text{"Требуется укрепление отверстия"} \text{ otherwise} \end{array} \right]$$

$Usl_{ukr9} = \text{"Укрепление отверстия не требуется"}$

$$Usl_{ukr10} := \left[ \begin{array}{l} \text{"Укрепление отверстия не требуется"} \text{ if } (d_{p10} \leq d_{o.эллипт.1}) \\ \text{"Требуется укрепление отверстия"} \text{ otherwise} \end{array} \right]$$

$Usl_{ukr10} = \text{"Требуется укрепление отверстия"}$

$$Usl_{ukr11} := \left[ \begin{array}{l} \text{"Укрепление отверстия не требуется"} \text{ if } (d_{p11} \leq d_{o.эллипт.2}) \\ \text{"Требуется укрепление отверстия"} \text{ otherwise} \end{array} \right]$$

$Usl_{ukr11} = \text{"Требуется укрепление отверстия"}$

$$Usl_{ukr12} := \left[ \begin{array}{l} \text{"Укрепление отверстия не требуется"} \text{ if } (d_{p12} \leq d_{o.эллипт.3}) \\ \text{"Требуется укрепление отверстия"} \text{ otherwise} \end{array} \right]$$

$Usl_{ukr12} = \text{"Укрепление отверстия не требуется"}$

$$Usl_{ukr13} := \left[ \begin{array}{l} \text{"Укрепление отверстия не требуется"} \text{ if } (d_{p13} \leq d_{o.эллипт.4}) \\ \text{"Требуется укрепление отверстия"} \text{ otherwise} \end{array} \right]$$

$Usl_{ukr13} = \text{"Укрепление отверстия не требуется"}$

Отсюда следует, что для штуцеров Ду100, Ду50 - укрепление отверстий не требуется

### Одиночные отверстия - условия их укрепления

Способы укрепления отверстий: в варном кольцом, накладным кольцом, утолщением стенки сосуда, утолщение стенки штуцера, либо торообразной вставкой.

### Для укрепления штуцеров выбираем метод накладного кольца

$$S_k = S_{2\text{цилиндр.обеч}} = 12 \text{ мм}$$

- штуцера Ду800:

$$A_{1\_800} := l_{1p.штуц.Ду800} \cdot (s_{штуц.Ду800} - s_{штуц.Ду800.p} - c_1) \cdot \chi_1 = 632.744 \quad \text{мм}$$

$$A_{2\_800} := l_{2p.цилиндр} \cdot s_{2\text{цилиндр.обеч}} \cdot \chi_2 = 3.282 \times 10^3 \quad \text{мм}$$

$$A_{3\_800} := l_{2p.штуц.Ду800} \cdot (s_{штуц.Ду800} - s_{штуц.Ду800.p} - c_1) \cdot \chi_3 = 253.098 \quad \text{мм}$$

$$A_{4\_800} := l_{p.цилиндр} \cdot (s_{обечайки.действ} - s_{расч.обечайки} - c_1) = 527.421 \quad \text{мм}$$

$$A_{5\_800} := 0.5(d_{p1} - d_{ор.цилиндр}) \cdot s_{обечайки.действ} = 4.381 \times 10^3 \quad \text{мм}$$

$$Usl_{укр1} := \left[ \begin{array}{l} \text{"Условие выполняется"} \text{ if } A_{1\_800} + A_{2\_800} + A_{3\_800} + A_{4\_800} \geq A_{5\_800} \\ \text{"Требуется увеличить толщину стенки сосуда, штуцера, накладного кольца"} \text{ otherwise} \end{array} \right]$$

$Usl_{укр1} = \text{"Условие выполняется"}$

- штуцера Ду500 для крышки эллиптической с толщиной кольца:

$$A_{1\_500} := l_{1p.штуц.Ду500} \cdot (s_{штуц.Ду500} - s_{штуц.Ду500.p} - c_1) \cdot \chi_1 = 540.592 \quad \text{мм}$$

$$A_{2\_500} := l_{2p.эллипт.1} \cdot s_{2.цилиндр.обеч} \cdot \chi_2 = 4.2 \times 10^3 \quad \text{мм}$$

$$A_{3\_500} := l_{2p.штуц.Ду500} \cdot (s_{штуц.Ду500} - s_{штуц.Ду500.p} - c_1) \cdot \chi_3 = 216.237 \quad \text{мм}$$

$$A_{4\_500} := l_{0.цилиндр} \cdot (s_{обечайки.пейств} - s_{расч.обечайки} - c_1) = 364.684 \quad \text{мм}$$

$$A_{5\_500} := 0.5(d_{p10} - d_{0.эллипт.1}) \cdot s_{обечайки.действ} = 1.622 \times 10^3 \quad \text{мм}$$

$$\text{Усл}_{укр1э} := \begin{cases} \text{"Условие выполняется"} & \text{if } A_{1\_500} + A_{2\_500} + A_{3\_500} + A_{4\_500} \geq A_{5\_500} \\ \text{"Требуется увеличить толщину стенки сосуда, штуцера, накладного кольца"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Усл}_{укр1э} = \text{"Условие выполняется"}$$

- для штуцеров Ду500:

$$A_{1\_500} := l_{1p.штуц.Ду500} \cdot (s_{штуц.Ду500} - s_{штуц.Ду500.p} - c_1) \cdot \chi_1 = 540.592 \quad \text{мм}$$

$$A_{2\_500} := l_{2p.эллипт.1} \cdot s_{2.цилиндр.обеч} \cdot \chi_2 = 4.2 \times 10^3 \quad \text{мм}$$

$$A_{3\_500} := l_{2p.штуц.Ду500} \cdot (s_{штуц.Ду500} - s_{штуц.Ду500.p} - c_1) \cdot \chi_3 = 216.237 \quad \text{мм}$$

$$A_{4\_500} := l_{0.цилиндр} \cdot (s_{обечайки.пейств} - s_{расч.обечайки} - c_1) = 364.684 \quad \text{мм}$$

$$A_{5\_500} := 0.5(d_{p2} - d_{0p.цилиндр}) \cdot s_{обечайки.действ} = 2.581 \times 10^3 \quad \text{мм}$$

$$\text{Усл}_{укр2} := \begin{cases} \text{"Условие выполняется"} & \text{if } A_{1\_500} + A_{2\_500} + A_{3\_500} + A_{4\_500} \geq A_{5\_500} \\ \text{"Требуется увеличить толщину стенки сосуда, штуцера, накладного кольца"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Усл}_{укр2} = \text{"Условие выполняется"}$$

- для штуцеров Ду400:

$$A_{1\_400} := l_{10.штуц.Ду400} \cdot (s_{штуц.Ду400} - s_{штуц.Ду400.p} - c_1) \cdot \chi_1 = 500.767 \quad \text{мм}$$

$$A_{2\_400} := l_{2p.цилиндр} \cdot s_{2.цилиндр.обеч} \cdot \chi_2 = 3.282 \times 10^3 \quad \text{мм}$$

$$A_{3\_400} := l_{2p.штуц.Ду400} \cdot (s_{штуц.Ду400} - s_{штуц.Ду400.p} - c_1) \cdot \chi_3 = 200.307 \quad \text{мм}$$

$$A_{4\_400} := l_{p.цилиндр} \cdot (s_{обечайки.действ} - s_{расч.обечайки} - c_1) = 364.684 \quad \text{мм}$$

$$A_{5\_400} := 0.5(d_{p11} - d_{0.эллипт.2}) \cdot s_{обечайки.действ} = 1.158 \times 10^3 \quad \text{мм}$$

$$\text{Усл}_{укр3} := \begin{cases} \text{"Условие выполняется"} & \text{if } A_{1\_400} + A_{2\_400} + A_{3\_400} + A_{4\_400} \geq A_{5\_400} \\ \text{"Требуется увеличить толщину стенки сосуда, штуцера, накладного кольца"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Усл}_{укр3} = \text{"Условие выполняется"}$$



-для штуцеров Ду300:

$$A_{1\_300} := l_{1p.штуц.Ду300} \cdot (s_{штуц.Ду300} - s_{штуц.Ду300,p} - c_1) \cdot \chi_1 = 453.801 \quad \text{мм}$$

$$A_{2\_300} := l_{p.цилиндр} \cdot s_{2.цилиндр.обеч} \cdot \chi_2 = 3.282 \times 10^3 \quad \text{мм}$$

$$A_{3\_300} := l_{p.штуц.Ду300} \cdot (s_{штуц.Ду300} - s_{штуц.Ду300,p} - c_1) \cdot \chi_3 = 181.521 \quad \text{мм}$$

$$A_{4\_300} := l_{o.цилиндр} \cdot (s_{обечайки.пейств} - s_{расч.обечайки} - c_1) = 527.421 \quad \text{мм}$$

$$A_{5\_300} := 0.5(d_{p4} - d_{ор.цилиндр}) \cdot s_{обечайки.действ} = 1.381 \times 10^3 \quad \text{мм}$$

$$Усл_{укр4} := \begin{cases} \text{"Условие выполняется"} & \text{if } A_{1\_300} + A_{2\_300} + A_{3\_300} + A_{4\_300} \geq A_{5\_300} \\ \text{"Требуется увеличить толщину стенки сосуда, штуцера, накладного кольца"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Усл_{укр4} = \text{"Условие выполняется"}$$

-для штуцеров Ду250:

$$A_{1\_250} := l_{1p.штуц.Ду250} \cdot (s_{штуц.Ду250} - s_{штуц.Ду250,p} - c_1) \cdot \chi_1 = 198.972 \quad \text{мм}$$

$$A_{2\_250} := l_{p.цилиндр} \cdot s_{2.цилиндр.обеч} \cdot \chi_2 = 3.282 \times 10^3 \quad \text{мм}$$

$$A_{3\_250} := l_{p.штуц.Ду250} \cdot (s_{штуц.Ду250} - s_{штуц.Ду250,p} - c_1) \cdot \chi_3 = 79.589 \quad \text{мм}$$

$$A_{4\_250} := l_{o.цилиндр} \cdot (s_{обечайки.пейств} - s_{расч.обечайки} - c_1) = 527.421 \quad \text{мм}$$

$$A_{5\_250} := 0.5(d_{p5} - d_{ор.цилиндр}) \cdot s_{обечайки.действ} = 1.081 \times 10^3 \quad \text{мм}$$

$$Усл_{укр5} := \begin{cases} \text{"Условие выполняется"} & \text{if } A_{1\_250} + A_{2\_250} + A_{3\_250} + A_{4\_250} \geq A_{5\_250} \\ \text{"Требуется увеличить толщину стенки сосуда, штуцера, накладного кольца"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Усл_{укр5} = \text{"Условие выполняется"}$$

-для штуцеров Ду200:

$$A_{1\_200} := l_{1p.штуц.Ду200} \cdot (s_{штуц.Ду200} - s_{штуц.Ду200,p} - c_1) \cdot \chi_1 = 182.507 \quad \text{мм}$$

$$A_{2\_200} := l_{p.цилиндр} \cdot s_{2.цилиндр.обеч} \cdot \chi_2 = 3.282 \times 10^3 \quad \text{мм}$$

$$A_{3\_200} := l_{p.штуц.Ду200} \cdot (s_{штуц.Ду200} - s_{штуц.Ду200,p} - c_1) \cdot \chi_3 = 73.003 \quad \text{мм}$$

$$A_{4\_200} := l_{p.цилиндр} \cdot (s_{обечайки.действ} - s_{расч.обечайки} - c_1) = 527.421 \quad \text{мм}$$

$$A_{5\_200} := 0.5(d_{p6} - d_{ор.цилиндр}) \cdot s_{обечайки.действ} = 781.462 \quad \text{мм}$$

$$\text{Усл}_{\text{укр6}} := \begin{cases} \text{"Условие выполняется"} & \text{if } A_{1\_200} + A_{2\_200} + A_{3\_200} + A_{4\_200} \geq A_{5\_200} \\ \text{"Требуется увеличить толщину стенки сосуда, штуцера, накладного кольца"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Усл<sub>укр6</sub> = "Условие выполняется"

-для штуцеров Ду150:

$$A_{1\_150} := l_{10.\text{штуц.Ду150}} \cdot (s_{\text{штуц.Ду150}} - s_{\text{штуц.Ду150.р}} - c_1) \cdot \chi_1 = 53.385 \quad \text{мм}$$

$$A_{2\_150} := l_{\text{р.цилиндр}} \cdot s_{2.\text{цилиндр.обеч}} \cdot \chi_2 = 3.282 \times 10^3 \quad \text{мм}$$

$$A_{3\_150} := l_{2.\text{штуц.Ду150}} \cdot (s_{\text{штуц.Ду150}} - s_{\text{штуц.Ду150.р}} - c_1) \cdot \chi_3 = 21.354 \quad \text{мм}$$

$$A_{4\_150} := l_{\text{р.цилиндр}} \cdot (s_{\text{обечайки.действ}} - s_{\text{расч.обечайки}} - c_1) = 527.421 \quad \text{мм}$$

$$A_{5\_150} := 0.5(d_{\text{р7}} - d_{\text{ор.цилиндр}}) \cdot s_{\text{обечайки.действ}} = 481.462 \quad \text{мм}$$

$$\text{Усл}_{\text{укр7}} := \begin{cases} \text{"Условие выполняется"} & \text{if } A_{1\_150} + A_{2\_150} + A_{3\_150} + A_{4\_150} \geq A_{5\_150} \\ \text{"Требуется увеличить толщину стенки сосуда, штуцера, накладного кольца"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Усл<sub>укр7</sub> = "Условие выполняется"

Исходя из расчетов определили, что укрепление отверстий необходимо для всех штуцеров, Ду100 И Ду50

### **2.2.5 Расчет избыточного, допускаемого давления для штуцеров**

Произведем расчет внутреннего избыточного допускаемого давления для штуцеров, в рабочих условиях и в условиях при испытании, используя формулы:

Где K=1 - для обечаек конических и цилиндрических

K=2 - для крышек эллиптических

$$K_1 := 1$$

$$K_{1э} := 2$$

- штуцера Ду800:

$$w_{800} := \frac{A_{1\_800} + A_{2\_800} + A_{3\_800}}{l_{\text{р.цилиндр}} \cdot (s_{\text{штуц.Ду800}} - c_1)} + 1$$

Коэффициент снижения прочности:

$$V_{1\_800} := \min \left( 1, \frac{w_{800}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_{\text{р1}} - d_{\text{ор.цилиндр}}}{l_{\text{р.цилиндр}}} + K_1 \cdot \frac{d_1 + 2 \cdot c_1}{D_{\text{р.обеч}}} \cdot \frac{\varphi}{\varphi} \cdot \frac{l_{1.\text{штуц.Ду800}}}{l_{\text{р.цилиндр}}}} \right) = 1$$

-в рабочих условиях:

$$P_{\text{штуц.раб}_800} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{\text{обечайки.действ}} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_t}{D_{\text{р.обеч}} + (s_{\text{обечайки.действ}} - c_1) \cdot V_{1\_800}} \cdot V_{1\_800} = 1.15 \quad \text{МПа}$$

$$U_{сл\text{пр.о.д.вл}} := \begin{cases} \text{"Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{if } (P_{\text{раб.расч}}) \leq P_{\text{штуц.раб\_800}} \\ \text{"Штуцер НЕ выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$U_{сл\text{пр.о.д.вл}} = \text{"Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"}$

#### -в условиях при испытании

$$P_{\text{штуц.исп\_800}} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{\text{обечайки.действ}} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{и}}}{D_{\text{р.обеч}} + (s_{\text{обечайки.действ}} - c_1) \cdot V_{1\_800}} \cdot V_{1\_800} = 1.598 \quad \text{МПа}$$

$$U_{сл\text{пр.о.д.вл}} := \begin{cases} \text{"Штуцер, выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{if } (P_{\text{исп.расч}}) \leq P_{\text{штуц.исп\_800}} \\ \text{"Штуцер, НЕ выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$U_{сл\text{пр.о.д.вл}} = \text{"Штуцер, выдерживает давление при условии испытаний"}$

- штуцера Ду500:

$$w_{500} := \frac{A_{1\_500} + A_{2\_500} + A_{3\_500}}{l_{\text{р.цилиндр}} \cdot (s_{\text{штуц.Ду500}} - c_1)} + 1$$

Коэффициент снижения прочности:

$$V_{1\_500} := \min \left( 1, \frac{w_{500}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_{\text{р2}} - d_{\text{ор.цилиндр}}}{l_{\text{р.цилиндр}}} + K_1 \cdot \frac{d_2 + 2 \cdot c_1}{D_{\text{р.д.1}}} \cdot \frac{\varphi}{\varphi} \cdot \frac{l_{1\_штуц.Ду500}}{l_{\text{р.цилиндр}}}} \right) = 1$$

#### -в рабочих условиях

$$P_{\text{штуц.раб\_500}} := \frac{2 \cdot K_{1э} \cdot (s_{\text{обечайки.действ}} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{т}}}{D_{\text{р.д.1}} + (s_{\text{обечайки.действ}} - c_1) \cdot V_{1\_500}} \cdot V_{1\_500} = 1.151 \quad \text{МПа}$$

$$U_{сл\text{пр.о.д.вл}} := \begin{cases} \text{"Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{if } (P_{\text{раб.расч}}) \leq P_{\text{штуц.раб}} \\ \text{"Штуцер НЕ выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$U_{сл\text{пр.о.д.вл}} = \text{"Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"}$

**-в условиях при испытании**

$$P_{\text{штуц.исп}_500} := \frac{2 \cdot K_{1z} \cdot (s_{\text{обечайки.действ}} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{н}}}{D_{\text{р.д.1}} + (s_{\text{обечайки.действ}} - c_1) \cdot V_{1_500}} \cdot V_{1_500} = 1.601 \quad \text{МПа}$$

$$U_{\text{сл.пров.давл}} := \begin{cases} \text{"Штуцер, выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{if } (P_{\text{исп.расч}}) \leq P_{\text{штуц.исп}_500} \\ \text{"Штуцер, НЕ выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$U_{\text{сл.пров.давл}} = \text{"Штуцер, выдерживает давление при условии испытаний"}$$

- штуцера Ду400:

$$w_{400} := \frac{A_{1_400} + A_{2_400} + A_{3_400}}{l_{\text{р.цилиндр}} \cdot (s_{\text{штуц.Ду400}} - c_1)} + 1$$

Коэффициент снижения прочности:

$$V_{1_400} := \min \left( 1, \frac{w_{400}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_{\text{р3}} - d_{\text{ор.цилиндр}}}{l_{\text{р.цилиндр}}} + K_1 \cdot \frac{d_3 + 2 \cdot c_1}{D_{\text{р.обеч}}} \cdot \frac{\varphi}{\varphi} \cdot \frac{l_{1.штуц.Ду400}}{l_{\text{р.цилиндр}}}} \right) = 1$$

**- в рабочих условиях**

$$P_{\text{штуц.раб}_400} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{\text{обечайки.действ}} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{т}}}{D_{\text{р.обеч}} + (s_{\text{обечайки.действ}} - c_1) \cdot V_{1_400}} \cdot V_{1_400} = 1.15 \quad \text{МПа}$$

$$U_{\text{сл.пров.давл}} := \begin{cases} \text{"Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{if } (P_{\text{раб.расч}}) \leq P_{\text{штуц.раб}_400} \\ \text{"Штуцер НЕ выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$U_{\text{сл.пров.давл}} = \text{"Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"}$$

**-в условиях при испытании**

$$P_{\text{штуц.исп}_400} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{\text{обечайки.действ}} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{н}}}{D_{\text{р.обеч}} + (s_{\text{обечайки.действ}} - c_1) \cdot V_{1_400}} \cdot V_{1_400} = 1.598 \quad \text{МПа}$$

$$U_{\text{сл.пров.давл}} := \begin{cases} \text{"Штуцер, выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{if } (P_{\text{исп.расч}}) \leq P_{\text{штуц.исп}_400} \\ \text{"Штуцер, НЕ выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Усл<sub>пров.давл</sub> = "Штуцер, выдерживает давление при условии испытаний"

- штуцера Ду300:

$$w_{300} := \frac{A_{1\_300} + A_{2\_300} + A_{3\_300}}{l_{р.цилиндр} \cdot (s_{штуц,Ду300} - c_1)} + 1$$

Коэффициент снижения прочности:

$$V_{1\_300} := \min \left( 1, \frac{w_{300}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_{р4} - d_{ор.цилиндр}}{l_{р.цилиндр}} + K_1 \cdot \frac{d_4 + 2 \cdot c_1}{D_{р.обеч}} \cdot \frac{\varphi}{\varphi} \cdot \frac{l_{1.штуц,Ду300}}{l_{р.цилиндр}}} \right) = 1$$

- в рабочих условиях

$$P_{штуц,раб\_300} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{обечайки,действ} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_t}{D_{р.обеч} + (s_{обечайки,действ} - c_1) \cdot V_{1\_300}} \cdot V_{1\_300} = 1.15 \text{ МПа}$$

$$Усл_{пров.давл} := \begin{cases} \text{"Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{if } (P_{раб,расч}) \leq P_{штуц,ра} \\ \text{"Штуцер НЕ выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Усл<sub>пров.давл</sub> = "Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"

-в условиях при испытании

$$P_{штуц,исп\_300} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{обечайки,действ} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_{и}}{D_{р.обеч} + (s_{обечайки,действ} - c_1) \cdot V_{1\_300}} \cdot V_{1\_300} = 1.598 \text{ МПа}$$

$$Усл_{пров.давл} := \begin{cases} \text{"Штуцер, выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{if } (P_{исп,расч}) \leq P_{шт} \\ \text{"Штуцер, НЕ выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Усл<sub>пров.давл</sub> = "Штуцер, выдерживает давление при условии испытаний"

- штуцера Ду250:

$$w_{250} := \frac{A_{1\_250} + A_{2\_250} + A_{3\_250}}{l_{p.цилиндр} \cdot (s_{штуц,Ду250} - c_1)} + 1$$

Коэффициент снижения прочности:

$$V_{1\_250} := \min \left( 1, \frac{w_{250}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_{p5} - d_{ор.цилиндр}}{l_{p.цилиндр}} + K_1 \cdot \frac{d_5 + 2 \cdot c_1}{D_{p.обеч}} \cdot \frac{\varphi}{\varphi} \cdot \frac{l_{1.штуц,Ду250}}{l_{p.цилиндр}}} \right) = 1$$

**- в рабочих условиях**

$$P_{штуц,раб\_250} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{обечайки,действ} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_t}{D_{p.обеч} + (s_{обечайки,действ} - c_1) \cdot V_{1\_250}} \cdot V_{1\_250} = 1.032 \quad \text{МПа}$$

$$Усл_{пров,давл} := \begin{cases} \text{"Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{if } (P_{раб,расч}) \leq P_{штуц,раб\_250} \\ \text{"Штуцер НЕ выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Усл_{пров,давл} = \text{"Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"}$$

**-в условиях при испытании**

$$P_{штуц,исп\_250} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{обечайки,действ} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_{и}}{D_{p.обеч} + (s_{обечайки,действ} - c_1) \cdot V_{1\_250}} \cdot V_{1\_250} = 1.598 \quad \text{МПа}$$

$$Усл_{пров,давл} := \begin{cases} \text{"Штуцер, выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{if } (P_{исп,расч}) \leq P_{шт} \\ \text{"Штуцер, НЕ выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Усл_{пров,давл} = \text{"Штуцер, выдерживает давление при условии испытаний"}$$

- штуцера Ду200:

$$w_{200} := \frac{A_{1\_200} + A_{2\_200} + A_{3\_200}}{l_{p.цилиндр} \cdot (s_{штуц,Ду200} - c_1)} + 1$$

Коэффициент снижения прочности:

$$V_{1\_200} := \min \left( 1, \frac{w_{200}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_{p6} - d_{ор.цилиндр}}{l_{p.цилиндр}} + K_1 \cdot \frac{d_6 + 2 \cdot c_1}{D_{p.обеч}} \cdot \frac{\varphi}{\varphi} \cdot \frac{l_{1.штуц,Ду200}}{l_{p.цилиндр}}} \right) = 1$$

- в рабочих условиях

$$P_{штуц.раб\_200} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{обечайки.действ} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_t}{D_{р.обеч} + (s_{обечайки.действ} - c_1) \cdot V_{1\_200}} \cdot V_{1\_200} = 1.15 \quad \text{МПа}$$

$$Усл_{пров.давл} := \begin{cases} \text{"Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{if } (P_{раб.расч}) \leq P_{штуц.раб\_200} \\ \text{"Штуцер НЕ выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Усл<sub>пров.давл</sub> = "Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"

-в условиях при испытании

$$P_{штуц.исп\_200} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{обечайки.действ} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_{и}}{D_{р.обеч} + (s_{обечайки.действ} - c_1) \cdot V_{1\_200}} \cdot V_{1\_200} = 1.598 \quad \text{МПа}$$

$$Усл_{пров.давл} := \begin{cases} \text{"Штуцер, выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{if } (P_{исп.расч}) \leq P_{штуц.исп\_200} \\ \text{"Штуцер, НЕ выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Усл<sub>пров.давл</sub> = "Штуцер, выдерживает давление при условии испытаний"

- штуцера Ду150:

$$w_{150} := \frac{A_{1\_150} + A_{2\_150} + A_{3\_150}}{l_{р.цилиндр} \cdot (s_{штуц.Ду150} - c_1)} + 1$$

Коэффициент снижения прочности:

$$V_{1\_150} := \min \left( 1, \frac{w_{150}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_{р7} - d_{ор.цилиндр}}{l_{р.цилиндр}} + K_1 \cdot \frac{d_7 + 2 \cdot c_1}{D_{р.обеч}} \cdot \frac{\varphi}{\varphi} \cdot \frac{l_{штуц.Ду150}}{l_{р.цилиндр}}} \right) = 1$$

-при рабочих условиях

$$P_{штуц.раб\_150} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{обечайки.действ} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_t}{D_{р.обеч} + (s_{обечайки.действ} - c_1) \cdot V_{1\_150}} \cdot V_{1\_150} = 1.15 \quad \text{МПа}$$

$$Усл_{пров.давл} := \begin{cases} \text{"Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{if } (P_{раб.расч}) \leq P_{штуц.раб\_150} \\ \text{"Штуцер НЕ выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Усл<sub>пров.давл</sub> = "Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"

-в условиях при испытании

$$P_{\text{штуц.исп}_150} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{\text{обечайки.действ}} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{И}}}{D_{\text{р.обеч}} + (s_{\text{обечайки.действ}} - c_1) \cdot V_{1\_400}} \cdot V_{1\_150} = 1.598 \quad \text{МПа}$$

$$\text{Усл}_{\text{пр.дав.}} := \begin{cases} \text{"Штуцер, выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{if } (P_{\text{исп.расч}}) \leq P_{\text{штуц.исп}_150} \\ \text{"Штуцер, НЕ выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Усл<sub>пр.дав.</sub> = "Штуцер, выдерживает давление при условии испытаний"

Исходя из расчетов определили, что все штуцера выдерживают рабочее давление и давление при испытании.

### 2.2.6 Расчет фланцевых соединений.

Необходимо произвести расчет на прочность (изгибающий момент, расчет прокладки) и герметичность (угол поворота фланца), надежность (количество болтов шпилек).

Произведем расчет фланцев по [13], [14].

Исходные параметры:

Используемый материал для фланцев и обечаек - сталь 09Г2С

Используемый материал для шпилек - сталь 40Х

Используемый материал для прокладок - паронит ПОН.

$$D := 600 \quad \text{мм}$$

$$D_{\text{Н}} := 740 \quad \text{мм} \quad [15]$$

$$t := 15 \quad ^{\circ}\text{C} \quad \text{Температура рабочая}$$

Для шпилек используем материал: Сталь 40Х согласно рекомендациям [6]

Зададим для рабочей температуры - допускаемое напряжение материала шпилек:

$$\sigma_{\text{д.б}} := 230 \quad \text{МПа}$$

$$h_{\text{П}} := 3 \quad \text{мм} \quad \text{Толщина прокладки}$$

$$d := 20 \quad \text{мм} \quad \text{Рекомендуемый диаметр для шпильки [15]}$$

$$b_{\text{П}} := 20 \quad \text{мм} \quad \text{Ширина прокладки}$$

$$S_0 := 8 \quad \text{мм} \quad \text{Толщина втулки фланцев [15]}$$

$$h := 35 \quad \text{мм} \quad \text{Толщина фланцевой тарелки [15]}$$

$$D_{\text{б}} := 700 \quad \text{мм} \quad \text{Диаметр окружности расположения болтов [15]}$$

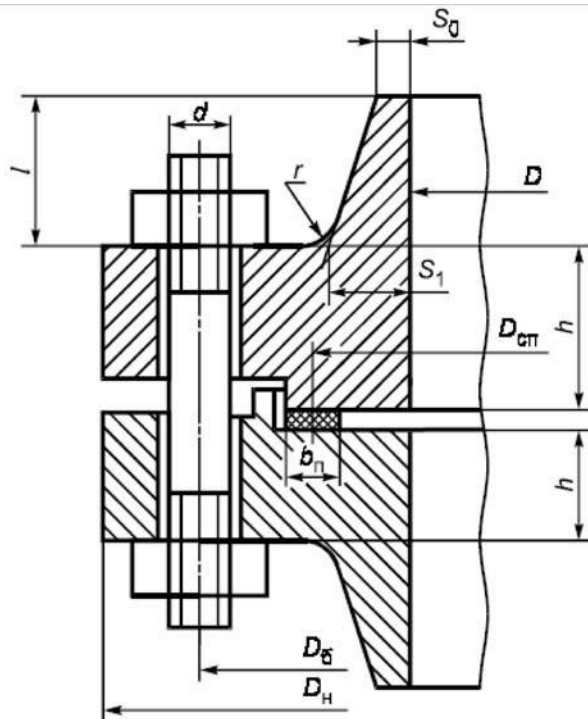
$$D_{\text{СП}} := 630 \quad \text{мм} \quad \text{Расчетный диаметр прокладки [15]}$$

$$n := 28 \quad \text{Количество болтов [15]}$$



$S_1 := 20$  мм Толщина втулки фланца в месте присоединения к  
 $l := 35$  мм Длина конической втулки фланца [15]  
 $P := 0.8$  МПа Расчетное давление  
 $c_o := 2$  мм Прибавка на коррозию  
 $M := 0$  Н\*мм

При условном давлении среды до 2,5 МПа рекомендовано использовать фланцы типа выступ-впадина, с уплотнительной поверхностью (рис. 2.5)



б — фланцевое соединение с уплотнительной поверхностью типа выступ — впадина

Рисунок 2.5 Представлено фланцевое соединение, типа выступ- впадина с уплотнительной поверхностью

### Вычисление данных для расчета

Задаем расчетную температуру приваренных в стык, неизолированных фланцев

$$t_{\text{ф}} = 0,96 t :$$

$$t_{\phi} := 0.96 \cdot t \quad t_{\phi} = 14.4$$

Задаем температуру болтов (шпилек) необходимую для расчетов:

$$t_{\sigma} := 0.85 \cdot t \quad t_{\sigma} = 12.75$$

Для стали 40X в условиях испытания при температуре 20 °С модуль упругости равен:

$$E_{20\sigma} := 2.18 \cdot 10^5 \text{ МПа} \quad E_{20} := 2.15 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

При температуре 20 °С, допускаемое напряжение для стали 40X равно:

$$\sigma_{20\sigma} := 230 \text{ МПа} \quad \sigma_{20} := 196$$

Для стали 40X в условиях испытания при температуре 20 °С модуль упругости равен:

$$E_{20\sigma} := 2.18 \cdot 10^5 \text{ МПа} \quad E_{20} := 2.15 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

В диапазоне  $t=20-100$  °С коэффициент линейного расширения для стали 40X равен:

Для шпилек.

Для фланца.

$$\alpha_{\sigma} := 13.4 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$$

$$\alpha_{\phi} := 13.4 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$$

$$\sigma_t := 177 \text{ МПа}$$

$$\alpha_{кр} := 13.4 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$$

Поскольку фланцы производят из листового проката

$$\eta := 1$$

$$\sigma_{д.ф} := \eta \cdot \sigma_t \quad \sigma_{д.ф} = 177 \text{ МПа}$$

Наиболее приемлемая ширина прокладки плоской равняется:

$$b_0 := \begin{cases} b_0 \leftarrow b_{п} & \text{if } b_{п} \leq 15 \\ b_0 \leftarrow \text{Ceil}(3.8 \cdot \sqrt{b_{п}}, 1) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$b_0 = 17 \text{ мм}$$

Таблица 2.1 Представлены одни из ведущих типов прокладок и их показатели

Тип и материал прокладки	Прокладочный коэффициент $m$	Удельное давление обжатия прокладки $q_{обж}$ , МПа	Допускаемое удельное давление $[q]$ , МПа	Коэффициент обжатия $K_{обж}$	Условный модуль сжатия прокладки $E_n \cdot 10^{-5}$ , МПа
Плоская неметаллическая прокладка из: резины по ГОСТ 7338 с твердостью по Шору А до 65 единиц	0,5	2,0	18,0	0,4	$0,3 \cdot 10^{-4} \left(1 + \frac{b_n}{2h_n}\right)$
резины по ГОСТ 7338 с твердостью по Шору А более 65 единиц	1,0	4,0	20,0	0,09	$0,4 \cdot 10^{-4} \left(1 + \frac{b_n}{2h_n}\right)$
паронита по ГОСТ 481 при толщине не более 2—3 мм	2,5	20,0 <sup>1)</sup>	130,0	0,90	0,02

По таблице 2.1 По ГОСТ 481 подбираем показатели для прокладки сделанной из паронита [14]:  
 $m := 2,5$ - прокладочный коэффициент

$q_{обж} := 20$  МПа - удельное давление обжатия прокладки

$q_d := 130$  МПа - допускаемое удельное давление

$K_{обж} := 0,9$  - коэффициент обжатия

$E_n := 0,02 \cdot 10^5$  МПа - условный модуль сжатия прокладки

**Чтобы смять прокладку во время затяжки, требуется приложить усилие:**

$$P_{обж} := 0,5\pi \cdot D_{сп} \cdot b_0 \cdot q_{обж} \quad P_{обж} = 3,365 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

**Чтобы обеспечить герметичность фланцевого соединения в рабочих условиях требуется приложить усилие на прокладку:**

$$R_{п} := \begin{cases} \pi \cdot D_{сп} \cdot b_0 \cdot m \cdot P & \text{if } P \geq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$R_{п} = 6,729 \times 10^4 \quad \text{Н}$$

**По ГОСТ 1759.0-87. для шпилек задаем площадь поперечного сечения [20]:**

$$f_{\text{ш}} := 245 \quad \text{мм}^2$$

**Расчет для шпилек суммарной площади сечения, по нагруженному сечению наименьшего диаметра или по внутреннему диаметру резьбы:**

$$A_6 := n \cdot f_6 \quad A_6 = 6.86 \times 10^3 \text{ мм}^2$$

**Равнодействующая нагрузка от давления равняется:**

$$Q_d := \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{сп}})^2 \cdot P \quad Q_d = 2.494 \times 10^5 \text{ Н}$$

**Сжимающее осевое усилие:**

$$F := \left[ 0.6 \cdot \left[ \frac{\pi \cdot \left( \frac{D}{1000} \right)^2}{4} \right] \cdot 10^6 \right] = -1.696 \times 10^5 \text{ Н}$$

**Приведенная нагрузка, которая вызвана изгибающим моментом и воздействием внешней силы:**

$$Q_{FM} := \max \left( \left| F + \frac{4 \cdot |M|}{D_{\text{сп}}} \right|, \left| F - \frac{4 \cdot |M|}{D_{\text{сп}}} \right| \right) = 1.696 \times 10^5 \text{ Н}$$

**Податливость для прокладки равняется:**

$$y_{\text{п}} := \frac{h_{\text{п}} \cdot K_{\text{обж}}}{E_{\text{п}} \cdot \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_{\text{п}}} \quad y_{\text{п}} = 3.41 \times 10^{-8} \text{ мм/Н}$$

**Зададим расстояние м/у опорными поверхностями гаек:**

$$L_{60} := 68 \text{ мм}$$

**Для определения податливости рассчитаем наиболее эффективную длину болта(шпильки):**

$$L_6 := (L_{60} + 0.56 \cdot d) \quad L_6 = 79.2 \text{ мм}$$

**Податливость для шпилек равна:**

$$y_6 := \frac{L_6}{E_{206} \cdot A_6} \quad y_6 = 5.296 \times 10^{-8} \text{ мм/Н}$$

**Зададим данные фланцев, необходимые для расчетов**

длина обечайки:

$$l_0 := \sqrt{D \cdot S_0} \quad l_0 = 69.282 \text{ мм}$$

Вычислим отношение диаметров тарелки фланца, наружного к внутреннему:

$$K := \frac{D_H}{D} \quad K = 1.233$$

Определили тип фланцевого соединения, а так же рассчитали необходимое усилие при затяжке для обеспечения герметичности.

### 2.2.7 Расчет коэффициентов, которые зависят от размеров тарелки фланца и их соотношения:

Определение коэффициентов для того чтобы рассчитать податливость фланца.

$$\beta_T := \frac{K^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K)) - 1}{(1.05 + 1.945 \cdot K^2) \cdot (K - 1)} \quad \beta_T = 1.824$$

$$\beta_U := \frac{K^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K)) - 1}{1.36(K^2 - 1) \cdot (K - 1)} \quad \beta_U = 10.314$$

$$\beta_Y := \frac{1}{(K - 1)} \cdot \left[ 0.69 + 5.72 \cdot \frac{K^2 \cdot \log(K)}{(K^2 - 1)} \right] \quad \beta_Y = 9.475$$

$$\beta_Z := \frac{K^2 + 1}{K^2 - 1} \quad \beta_Z = 4.838$$

Расчет коэффициентов: для приварных встык фланцев, для фланцев которые зависят от размеров втулки и их соотношения.

Коэффициенты для фланцев с конической втулкой, определим по графикам (рис. 2.6-2.8):

В зависимости от отношений:

$$\beta = \frac{S_1}{S_0} = 2.5 \quad x := \frac{1}{\sqrt{D \cdot S_0}} = 0.505$$

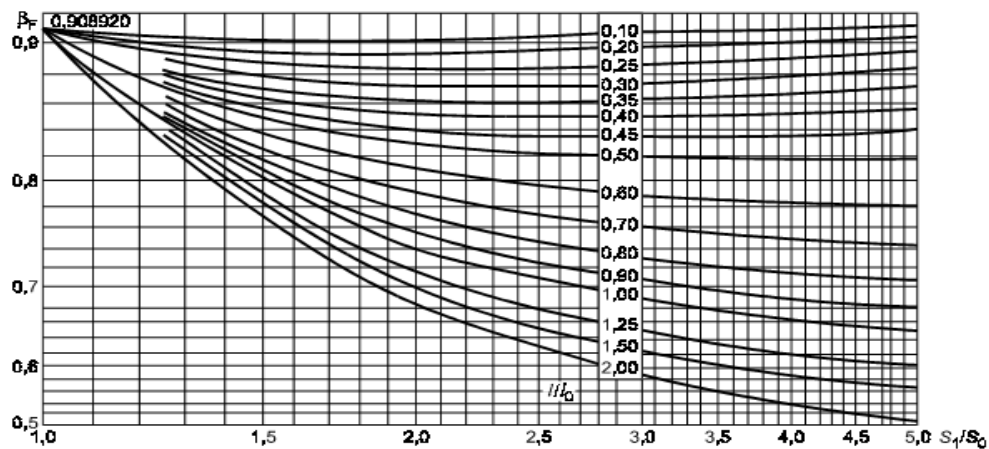


Рисунок 2.6 Величина коэффициента  $\beta_F$

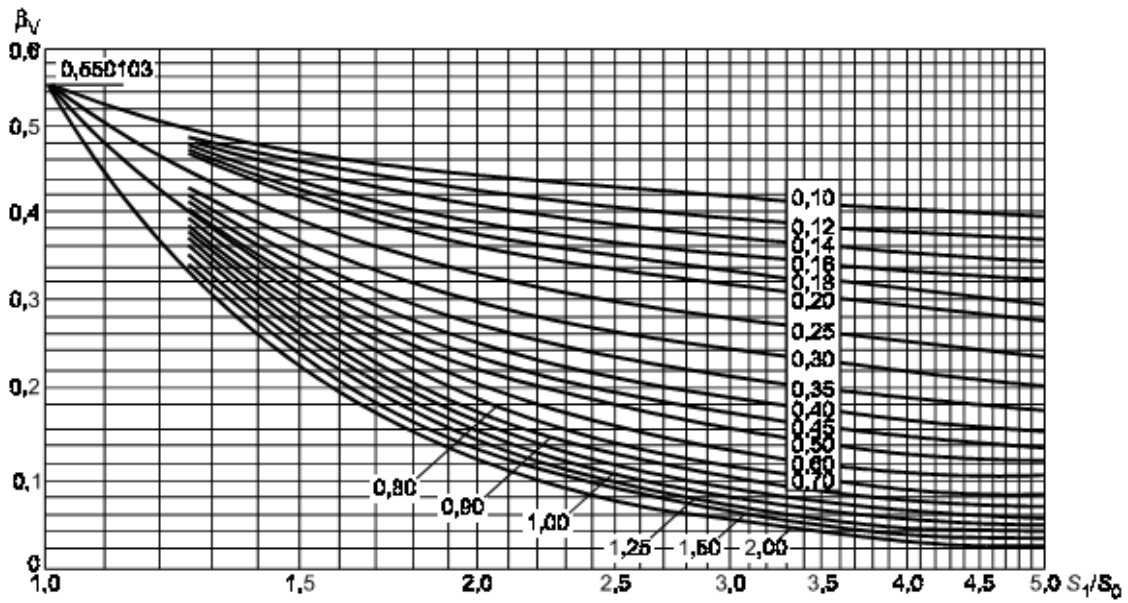


Рисунок 2.7 Величина коэффициента  $\beta_V$  .

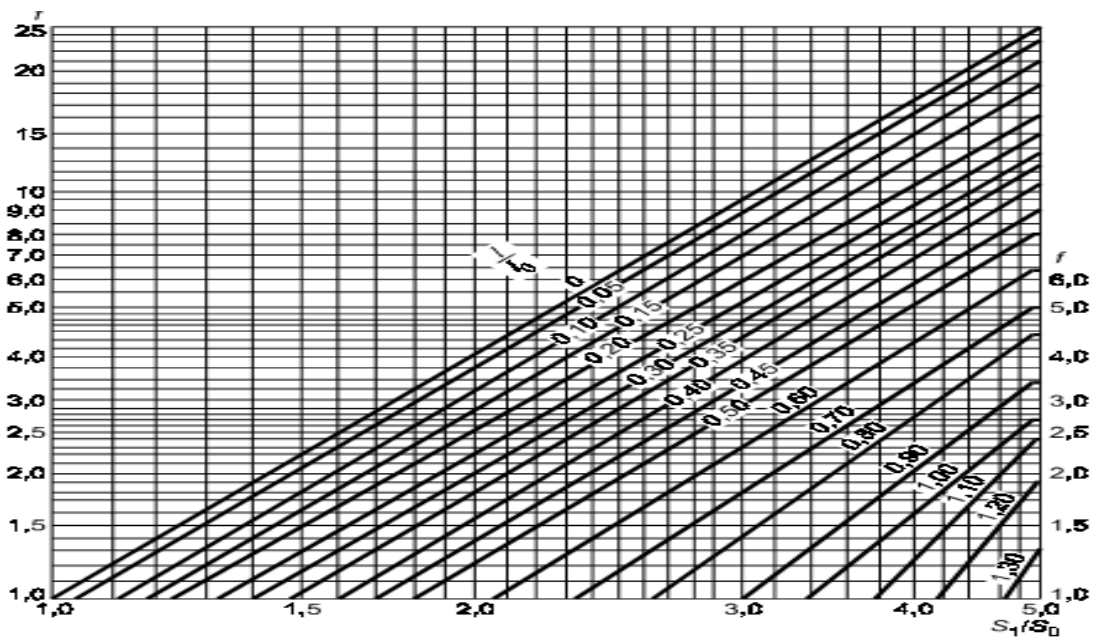


Рисунок 2.8 Величина поправочного коэффициента для напряжений во втулке фланца .

Исходя из рисунков задаем коэффициенты  $\beta_F$ ,  $\beta_V$  и поправочный коэффициент  $f$ :

$$\beta_F := 0.82$$

$$\beta_V := 0.22$$

$$f := 2$$

Коэффициент  $\lambda$  равен:

$$\lambda := \frac{\beta_F \cdot h + l_0}{\beta_T \cdot l_0} + \frac{\beta_V \cdot h^3}{\beta_U \cdot l_0 \cdot (S_0)^2} = 0.982$$

**Угловая податливость для фланцев равняется:**

Угловая податливость фланца при затяжке:

$$y_{\Phi} := \frac{0.91 \cdot \beta_V}{E_{20} \cdot \lambda \cdot l_0 \cdot (S_0)^2} \quad y_{\Phi} = 2.139 \times 10^{-10}$$

**Расчет угловой податливости фланца, находящегося под нагрузкой внешнего изгибающего момента:**

$$y_{\Phi H} := \left(\frac{\pi}{4}\right)^3 \cdot \frac{D_6}{E_{20} \cdot h^3 \cdot D_H} \quad y_{\Phi H} = 4.972 \times 10^{-11}$$

Угловая податливость для плоской крышки равняется:

$$\text{Где } K_{кр} := \frac{D_H}{D_{сп}} = 1.175 \quad h_{кр} := 50 \quad \delta_{кр} := 39$$

$$X_{кр} := 0.67 \cdot \frac{[K_{кр}^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K_{кр})) - 1]}{(K_{кр} - 1) \cdot [K_{кр}^2 - 1 + (1.857 \cdot K_{кр}^2 + 1) \cdot \frac{h_{кр}^3}{\delta_{кр}}]} = 4.047 \times 10^{-4}$$

$$y_{кр} := \frac{X_{кр}}{\delta_{кр}^3 \cdot E_{20}} = 3.173 \times 10^{-14}$$

**Расчет коэффициента, при этом учитывая изгиб тарелки фланца м/у шпильками:**

$$C_F := \max \left[ 1, \sqrt{\frac{\pi \cdot D_6}{n \cdot \left( 2 \cdot d + \frac{6 \cdot h}{m + 0.5} \right)}} \right] \quad C_F = 1$$

Задаем для плоского фланца Приведенный диаметр:  $D' := D$  т.к.  $D \geq 20 \cdot S_1 = 1$

Плечо действия усилий в шпильках для приварных встык фланцев равняется:

$$b := 0.5(D_6 - D_{сп}) \quad b = :$$

Плечо усилия для всех типов фланцев, от действия давления на фланец, равняется:

$$e := 0.5 \cdot (D_{сп} - D - S_0) \quad e = 11$$

Эквивалентная толщина для плоских фланцев:

$$\xi := 1 + (\beta - 1) \cdot \frac{x}{x + \frac{1 + \beta}{4}} = 1.549$$

$$S_3 := \xi \cdot S_0 = 12.392$$

Расчет коэффициента жесткости для фланцевого соединения с крышкой:

$$\gamma := \frac{1}{y_{п} + y_6 \cdot \frac{E_{206}}{E_6} + b^2 \cdot \left( y_{ф} \cdot \frac{E_{20}}{E} + y_{кр} \cdot \frac{E_{20}}{E} \right)} \quad \gamma = 2.858 \times 10^6$$

Расчет коэффициента жесткости для фланцевого соединения с прокладной плоской крышкой, нагруженного внешней осевой силой или внутренним давлением:

$$\alpha := 1 - \frac{y_{п} - (e \cdot y_{ф} + y_{кр} \cdot b)b}{y_{п} + y_6 + b^2 \cdot (y_{ф} + y_{кр})} \quad \alpha = 1.138$$

Коэффициент жесткости для фланцевого соединения, находящегося под нагрузкой внешнего изгибающего момента:

$$\alpha_M := \frac{y_6 + 2 \cdot y_{фн} \cdot b \cdot \left( b + e - \frac{e^2}{D_{сп}} \right)}{y_6 + y_{п} \cdot \left( \frac{D_6}{D_{сп}} \right)^2 + 2 \cdot y_{фн} \cdot b^2} \quad \alpha_M = 0.979$$



**Расчет нагрузки в соединениях с плоскими и приварными встык фланцами, вызванной воздействием температурных деформаций.**

$$t_{кр} := t = 15$$

$$Q_t := \gamma \cdot [2\alpha_{\phi} \cdot h \cdot (t_{\phi} - 20) + \alpha_{кр} \cdot h_{кр} \cdot (t_{кр} - 20) - \alpha_{б} \cdot (h + h_{кр}) \cdot (t_{б} - 20)]$$

$$Q_t = -986.22 \quad \text{Н}$$

Нагрузка на шпильки, для фланцевого соединения, при затяжке, необходимая для расчетов и для обеспечения в рабочих условиях нужного давления на прокладку, для герметизации соединения:

$$P_{б1} := \max \left[ \begin{array}{l} \alpha \cdot (Q_d + F) + R_{п} + \frac{4 \cdot \alpha_M \cdot |M|}{D_{сп}} \\ \alpha \cdot (Q_d + F) + R_{п} + \frac{4 \cdot \alpha_M \cdot |M|}{D_{сп}} - Q_t \end{array} \right]$$

$$P_{б1} = 1.59 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

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

$$P_{б2} := \max(P_{обж}, 0.4 \cdot A_{б} \cdot \sigma_{20б})$$

$$P_{обж} = 3.365 \times 10^5 \quad \text{Н} \quad P_{б2} = 6.311 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

Нагрузка на шпильки при затяжке необходимая для расчетов фланцевых соединений.

$$P_{бм} := \max(P_{б1}, P_{б2}) \quad P_{бм} = 6.311 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

**Расчетная нагрузка, действующая на болты и шпильки фланцевых соединений в рабочих условиях равняется:**

$$P_{бр} := P_{бм} + (1 - \alpha) \cdot (Q_d + F) + Q_t + \frac{4 \cdot (1 - \alpha_M) \cdot |M|}{D_{сп}}$$

$$P_{бр} = 6.191 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

**Произведем анализ на качество прокладок и на прочность болтов и шпилек.**

**Напряжение в болтах и шпильках необходимое для расчетов 1) при затяжке, 2) при рабочих условиях.**

$$1) \quad \sigma_{61} := \frac{P_{6M}}{A_6} \quad \sigma_{61} = 92 \quad \text{МПа}$$

$$2) \quad \sigma_{62} := \frac{P_{6P}}{A_6} \quad \sigma_{62} = 90.249 \quad \text{МПа}$$

**Произведем анализ условий прочности шпилек в рабочих условиях и при их затяжке:**

$$Us1\_1 := \begin{cases} \text{"Условия прочности в при затяжке НЕ выполняются"} & \text{if } \sigma_{61} > \sigma_{206} \\ \text{"Условия прочности в рабочих условиях НЕ выполняются"} & \text{if } \sigma_{62} > \sigma_{д.6} \\ \text{"Условия прочности выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Us1\_1 = \text{"Условия прочности выполняются"}$$

$$\sigma_{61} = 92 \quad \text{МПа} \quad \sigma_{62} = 90.249 \quad \text{МПа}$$

$$\sigma_{206} = 230 \quad \text{МПа} \quad \sigma_{д.6} = 230 \quad \text{МПа}$$

**Расчет действующего на прокладку удельного давления:**

$$q := \frac{\max(P_{6M}, P_{6P})}{\pi \cdot D_{СП} \cdot b_{П}} \quad q = 15.944 \quad \text{МПа}$$

**Для мягких прокладок произведем анализ условий прочности**

$$Us1\_2 := \begin{cases} \text{"Условие прочности прокладки НЕ выполняется"} & \text{if } q > q_d \\ \text{"Условие прочности прокладки выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Us1\_2 = \text{"Условие прочности прокладки выполняется"}$$

**Расчет фланцев на статическую прочность**

**Изгибающий момент, необходимый для расчетов , действующий при затяжке на приварной стык фланца:**

$$M_M := C_F \cdot P_{6M} \cdot b \quad M_M = 2.209 \times 10^7 \quad \text{Н*мм}$$

**Изгибающий момент действующий на фланец, необходимый для расчетов в рабочих условиях:**

$$M_p := C_F \cdot \max[P_{бр} \cdot b + (Q_d + Q_{FM}) \cdot e, |Q_d + Q_{FM}| \cdot e]$$

$$M_p = 2.628 \times 10^7 \quad \text{Н*мм}$$

**Напряжения во фланце, необходимые для расчетов при затяжке:**

**Изгибное меридиональное напряжение на обечайке плоского фланца и во втулке приварного встык фланца равняется:**

$$\sigma_{0M} := \frac{f \cdot M_M}{\lambda \cdot (S_1 - c_0)^2 \cdot D'} \quad \sigma_{0M} = 231.474 \quad \text{МПа}$$

**Расчет: 1) радиального напряжения и 2) окружного напряжения в тарелке, в условиях затяжки для плоского фланца или приварного в стык фланца.**

1)

$$\sigma_{RM} := \frac{1.33 \cdot \beta_F \cdot h + l_0}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_M \quad \sigma_{RM} = 47.477 \quad \text{МПа}$$

2)

$$\sigma_{TM} := \frac{\beta_Y \cdot M_M}{h^2 \cdot D} - \beta_Z \cdot \sigma_{RM} \quad \sigma_{TM} = 55.053 \quad \text{МПа}$$

**Напряжение в рабочих условиях во фланце:**

**Расчет для плоских фланцев и для приварных встык фланцев с прямой втулкой, изгибных меридиональных напряжений:**

$$\sigma_{0p} := \frac{f \cdot M_p}{\lambda \cdot (S_1 - c_0)^2 \cdot D'} \quad \sigma_{0p} = 275.369$$

**Предельное мембранное меридиональное напряжение в обечайке для плоского фланца равняется:**

$$\sigma_{0\text{ММР}} := \max \left[ \frac{Q_d + F + \frac{4|M|}{D_{\text{сп}}}}{\pi \cdot (D + S_0) \cdot (S_0 - c_o)}, \frac{Q_d + F - \frac{4|M|}{D_{\text{сп}}}}{\pi \cdot (D + S_0) \cdot (S_0 - c_o)} \right]$$

$$\sigma_{0\text{ММР}} = 6.957 \text{ МПа}$$

**Предельное меридиональное мембранное напряжение в обечайке для плоского фланца равно:**

$$\sigma_{0\text{мор}} := \frac{P \cdot D}{2 \cdot (S_0 - c_o)} = 40 \text{ МПа}$$

**Расчет: 1) радиального напряжения и 2) окружного напряжения в тарелке, в рабочих условиях для плоского фланца или приварного в стык фланца.**

1)

$$\sigma_{R_p} := \frac{1.33 \cdot \beta_F \cdot h + l_0}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_p \quad \sigma_{R_p} = 56.48 \text{ МПа}$$

2)

$$\sigma_{T_p} := \frac{\beta_Y \cdot M_p}{h^2 \cdot D} - \beta_Z \cdot \sigma_{R_p} \quad \sigma_{T_p} = 65.492 \text{ МПа}$$

**Анализ условий для статической прочности фланцев:**

PR\_1 := "Условия статической прочности в при затяжке НЕ выполняются"

PR\_2 := "Условия статической прочности в рабочих условиях НЕ выполняются"

PR\_3 := "Условия статической прочности выполняются"

Задаем для расчета  $KT=1.3$  при условии стесненности температурных деформаций и  $KT=1$  без условия стесненности температурных деформаций.

$$K_T := 1.3$$

$$Usl\_3 := \begin{cases} PR\_1 & \text{if } \sigma_{0M} > K_T \cdot 3\sigma_{20} \\ PR\_2 & \text{if } \max \begin{bmatrix} |\sigma_{0p} + \sigma_{0MMP}| \\ \sigma_{0p} - \sigma_{0MMP} \\ |0.3\sigma_{0p} + \sigma_{0MOP}| \\ |0.3\sigma_{0p} - \sigma_{0MOP}| \\ 0.7 \cdot \sigma_{0p} + (\sigma_{0MMP} - \sigma_{0MOP}) \\ |0.7 \cdot \sigma_{0p} - (\sigma_{0MMP} - \sigma_{0MOP})| \end{bmatrix} > K_T \cdot 3\sigma_{д.ф} \\ PR\_3 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Usl\_3 = "Условия статической прочности выполняются"

$$\sigma_{0M} = 231.474 \quad \text{МПа} \quad K_T \cdot 3\sigma_{20} = 764.4 \quad \text{МПа}$$

$$\max \begin{bmatrix} |\sigma_{0p} + \sigma_{0MMP}| \\ \sigma_{0p} - \sigma_{0MMP} \\ |0.3\sigma_{0p} + \sigma_{0MOP}| \\ |0.3\sigma_{0p} - \sigma_{0MOP}| \\ 0.7 \cdot \sigma_{0p} + (\sigma_{0MMP} - \sigma_{0MOP}) \\ |0.7 \cdot \sigma_{0p} - (\sigma_{0MMP} - \sigma_{0MOP})| \end{bmatrix} = 282.326 \quad \text{МПа}$$

$$K_T \cdot 3\sigma_{д.ф} = 690.3 \quad \text{МПа}$$

### Анализ углов поворота для фланцев

Расчет, анализа угла поворота для фланцев: плоского типа и типа приварного встык фланца:

$$\Theta := M_p \cdot y_\phi \cdot \frac{E_{20}}{E} \quad \Theta = 5.621 \times 10^{-3}$$

Задаем для плоского фланца допустимый угол поворота равный  $\Theta = 5.621 \times 10^{-3}$

Задаем для приварного встык фланца допустимый угол поворота равный 0.007

$$\Theta_d := 0.007$$

$$Usl\_P := \begin{cases} \text{"Условие при испытаниях НЕ выполняется"} & \text{if } \Theta > 1.3 \cdot \Theta_d \\ \text{"Условие в рабочих условиях НЕ выполняется"} & \text{if } \Theta > \Theta_d \\ \text{"Условие поворота плоского фланца выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Usl\_P = \text{"Условие поворота плоского фланца выполняется"}$$

Произвели расчеты: на прочность (изгибающий момент, расчет прокладки) и герметичность, задали угол поворота фланца. надежность (определили количество болтов/ шпилек).

## 2.2.8 Расчет массы ТФС

### Расчет массы корпуса [16]:

Вес обечайки равняется:

$$D_{\text{н}} := D_{\text{внут}} + 2s_{\text{обечайки, действ}}$$

$$\rho_{\text{мет}} := 7850 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad \text{плотность металла}$$

$$G_{\text{ц}} := \pi \cdot \left[ \frac{\left( \frac{D_{\text{н}}}{10^3} \right)^2 - \left( \frac{D_{\text{внут}}}{10^3} \right)^2}{4} \right] \cdot L \cdot \rho_{\text{мет}} \cdot g = 2.08 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

Расчет веса внутренних механизмов:

$$G_y := 2000 \cdot g = 1.962 \times 10^4 \quad \text{Н}$$

Масса крышки аппарата:

$$m := 1251.6 \quad \text{кг}$$

Вес крышки [15]

$$G_k := m \cdot g = 1.228 \times 10^4 \quad \text{Н}$$

Вес корпуса аппарата:

$$G_{\text{кор}} := G_{\text{ц}} + 2 \cdot G_k + G_y = 2.522 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

Расчет веса жидкости в аппарате:

Вес жидкости при гидроиспытаниях внутри корпуса:

$$V_{\text{кр}} := 5.666 \quad \text{м}^2$$

$$V_{\text{жид}} := 2 \cdot V_{\text{кр}} + \pi \cdot \left( \frac{D_{\text{внут}}^2 \cdot 10^{-6}}{4} \right) \cdot L = 201.995 \quad \text{м}^3$$

$$G_{\text{жид}} := V_{\text{жид}} \cdot \rho_{\text{воды}} \cdot g = 1.978 \times 10^6 \quad \text{Н}$$

Расчет веса аппарата при гидроиспытаниях:

$$G_{\text{ап2}} := G_{\text{кор}} + G_{\text{жид}} = 2.23 \times 10^6 \quad \text{Н}$$

### 2.2.9 Расчет седловых опор.

Расчет седловых опор [18], [19], (рис. 2.9).

Необходимо рассчитать опору, определить усилие оказываемое на опору и подобрать опору соответствующего типа, а так же определить размеры и толщину подкладного листа.

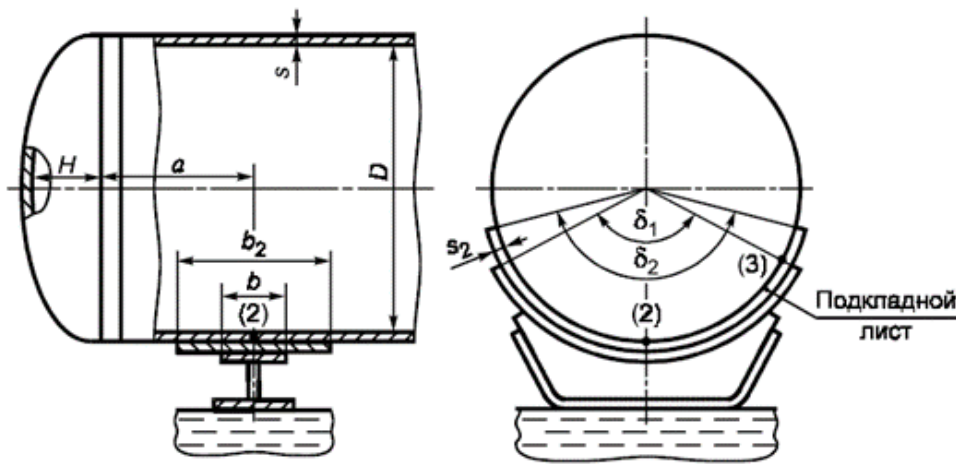


Рисунок 2.9 Схема обечайки, необходимая для расчета, не подкрепленной кольцами жесткости

**Анализ применимости формул для расчёта:**

- $\delta_1 := 120$  Принимаем охватываемый угол опорного листа
- $\delta_2 := 150$  Принимаем охватываемый угол подкладного листа
- $s_2 := 12$  Принимаем толщину подкладного листа
- $N_{\text{кр}} := 0.85 \quad \text{м}$

$$\text{Пров} := \begin{cases} \text{"Формулы применимы"} & \text{if } \begin{cases} \delta_2 \geq \delta_1 + 20 \\ s_2 \geq s_{\text{обечайки.действ}} \end{cases} \\ \text{"Формулы не применимы"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Пров} = \text{"Формулы применимы"}$$

Определение расчетных усилий по схеме рис. 2.10:

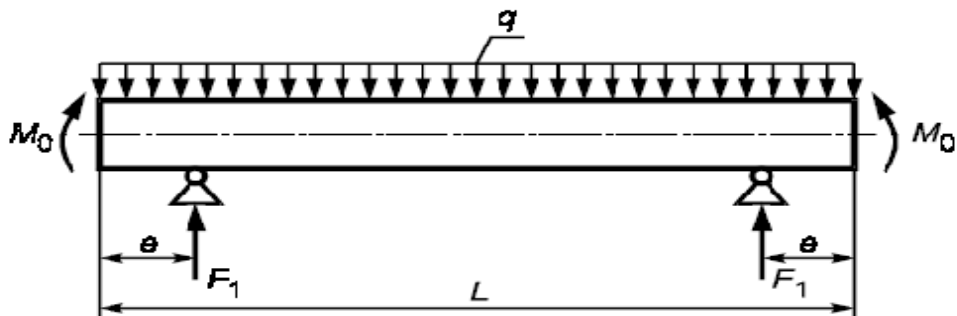


Рисунок 2.10 Представлена схема, необходимая для расчета и определения усилий

$$q := \frac{G_{\text{ан}2}}{L + (H_{\text{кр}}) \cdot \frac{4}{3}} = 1.007 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

$$M_0 := q \cdot \frac{D_{\text{н}}^2 \cdot 10^{-6}}{16} = 7.382 \times 10^4 \quad \text{Н*м}$$

Опорное усилие равно

$$F_1 := \frac{G_{\text{ан}2}}{2} = 1.115 \times 10^6 \quad \text{Н}$$

Расчёт и анализ поперечных усилий и изгибающих моментов:

$$e := 1.5$$

$$a := 1$$

Момент над опорой равен:

$$M_1 := \left| \left( \frac{q \cdot e^2}{2} - M_0 \right) \right| = 3.952 \times 10^4 \quad \text{Н*м}$$

$$M_2 := M_1 = 3.952 \times 10^4 \quad \text{Н*м}$$

Расчет максимального момента м/у опорами:



$$M_{12} := M_0 + F_1 \cdot \left( \frac{L}{2} - a \right) - \frac{q}{2} \cdot \left[ \frac{L}{2} + \frac{2}{3} \cdot (H_{кр}) \right]^2 = 4.496 \times 10^6 \quad \text{Н*м}$$

Поперечное усилие над опорой в сечении оболочки равно:

$$Q_1 := \frac{L - 2 \cdot a}{L + \frac{2}{3} \cdot (H_{кр})} \cdot F_1 = 9.571 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

Произведем анализ сечения м/у опорами несущей способности обечайки

$$\text{Пров}_{\text{нес.сп.}} := \begin{cases} \text{"Выполняется"} & \text{if } M_{12} > M_1 \\ \text{"Не выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Пров}_{\text{нес.сп.}} = \text{"Выполняется"}$$

Исходя из всех расчетов выбираем седловую опору третьего типа, для аппаратов и сосудов диаметром 2200-4000 мм, с нагрузкой 900 - 1200 кН, третьего исполнения исходя из ОСТ 26-2091-93, с геометрическими данными представленными в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Диаметр аппарата, D в	Допускаемая нагрузка на опору, кН (тс)		S I S 2				R	L	L I	l	l I	h	h I	A	A I	Масса, кг		Масса листа подкладного, кг
			Исполнение													Исполнение		
	Исп.1	Исп.2	I	2	I	2										I	2	
3200	900 (90,0)		I4	I8	20	22	I634	2810	2830	2735	I369	920	330	2200	1800	338	409	100
							I640			2745	I371							
3400	630 (63,0)						I720	2990	3010	2895	I450	970	340	2390	2000	316	570	106
							I726			2900	I451							
							I732			2907	I455							
							I740			2915	I458							
3600	I400		I2		I8	25	I820	3160	3180	3067	I579	1020	360			339	560	112
							I828			3076	I583							
							I834			3080	I586							

И выбираем размеры для подкладного листа исходя из таблицы 2.3, радиусом равным 1720 и толщиной 12мм

**Таблица 2.3**

3400	I2	I720	500	I97,2
	I0			I64,5
	8			I31,7
	I2	I726		I98,0
	I0			I65,0
	8			I32,0
	I2	I732		I98,6
	I0			I65,6
	8			I32,6

В данном разделе было произведено: расчет толщины стенки корпуса и крышки, входе чего определили толщину равную 12мм, укрепления отверстий (отверстия укрепляем все накладным кольцом, кроме патрубков D100 и 50мм), был произведен расчет фланцевых соединений на прочность, надежность и герметичность, и расчет седлообразных опор где рассчитали усилие оказываемое на опору и подобрали опору соответствующего типа, а так же определили размеры и толщину подкладного листа.

### 3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

					<b>ФЮРА РНГС 000.000. ПЗ</b>		
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Студент	Тюханов Б.В				Литера	Лист	Листов
Консультант	Рыжакина Т.Г.				Д	67	98
					НИ ТПУ ИШНПТ Группа 3-2К31		
					<b>ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ</b>		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

### «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-2К31	Тюханов Борис Вячеславович

<b>Институт</b>	ИШНПТ	<b>Отделение</b>	НОЦ Н.М. Кижнера
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	«Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
1. Стоимость ресурсов проекта: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала проекта	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Определение затрат на оборотные средства	Расчет затрат на сырье и материалы
2. Планирование процесса управления проектом: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Определение производственной мощности. Расчет сырья, материалов, оборудования, фонда оплаты труда. Расчет себестоимости готового продукта. Расчет точки безубыточности.
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности получения товарной нефти с использованием трехфазного сепаратора

<b>Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей):</b>
1. Расчет точки безубыточности графическим и математическим методами.
2. Расчет технико-экономических показателей

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

Задание выдал консультант:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
доцент	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-2К31	Тюханов Борис Вячеславович		

**Краткий обзор:** Один из наиболее распространённых видов аппаратов на промышленном сборе, при подготовке нефти и газа к транспорту является сепаратор. Предназначаются эти аппараты для отделения газа от жидкости, жидкости от газа, а в некоторых случаях оба процесса могут сопровождаться разделением жидких фаз, отличающихся своими плотностями (нефть — вода, Бензин — вода), для получения на выходе товарной нефти.

Продукт: Товарная нефть

Целевой рынок: Нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ).

### 3.1 SWOT-анализ.

Качественный подход к описанию рисков заключается в детальном и последовательном рассмотрении содержательных факторов, несущих неопределенность, и завершается формированием причин основных рисков и мер по их снижению. Одной из методик анализа сильных и слабых сторон предприятия, его внешних благоприятных возможностей и угроз является SWOT-анализ.

**Таблица 3.1 – Матрица SWOT**

	<p><b>Возможности:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Спрос на выпуск нефтепродуктов в России, некоторых странах АТР достаточно высок и имеет устойчивую тенденцию к увеличению.</li> <li>2.Высокое качество поставляемых ресурсов.</li> </ol>	<p><b>Угрозы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Увеличение уровня налогов.</li> <li>2.Повышение требований к качеству продукции.</li> </ol>
<p><b>Сильные стороны:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Наличие постоянных поставщиков.</li> <li>2. Высокое качество продукции, соответствующее мировым стандартам.</li> <li>3.Наличие квалифицированного персонала, имеющего опыт работы в данной области</li> <li>4. Систематическое повышение уровня квалификации.</li> </ol>	<p><b>Сила и возможности:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Разработка гибкой модели процесса очистки нефти для возможности проектирования, анализа и оптимизации реальных установок</li> <li>2. Эффективное использование ресурсов производства.</li> <li>3. Оптимизация количества посредников за счет постоянных и проверенных поставщиков (пользоваться услугами постоянных поставщиков).</li> <li>4. Поддержание увеличения спроса и выхода на новые рынки сбыта товара за счет высокого качества продукции.</li> </ol>	<p><b>Сила и угрозы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повышение квалификации кадров</li> <li>2. Привлечение новых заказчиков</li> <li>3.Модернизация оборудования.</li> <li>4. Внедрение современной технологии</li> <li>5. Выбор оптимального поставщика и заключение договорных отношений</li> </ol>

<p>Слабые стороны:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Устаревшее оборудование.</li> <li>2. Высокая степень износа оборудования.</li> <li>3. Низкий уровень заработной платы для молодых специалистов.</li> <li>4. Повышение цен у поставщиков.</li> </ol>	<p>Слабость и возможности:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Применение оптимальной налоговой политики.</li> <li>2. Внедрение менеджмента качества.</li> <li>3. Выбор оптимального поставщика и заключение договорных отношений.</li> </ol>	<p>Слабость и угрозы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повышение цен на выпускаемую продукцию.</li> <li>2. Выбор оптимального поставщика и заключение договорных отношений.</li> </ol>
--	---	---

Итак, из SWOT-анализа для участка подготовки нефти Пионерного месторождения можно сделать вывод, что у нее достаточно много сильных сторон, в ней хорошо развита трудовая, технологическая и экологическая политика.

Главной слабой стороной является то, что требуются большие затраты на ремонт и модернизацию оборудования. К возможностям можно отнести то, что на данном участке можно получать достаточно высокое качество продукции, соответствующее мировым стандартам, а также реализовывать инновационные проекты своих сотрудников в рамках модернизационной политики.

### **Расчет производственной мощности**

Под производственной мощностью химического предприятия (производства, цеха) понимается максимально возможный годовой выпуск готовой продукции в номенклатуре и ассортименте, предусмотренных на плановый период при наилучшем использовании производственного оборудования, площадей в результате внедрения инноваций или проведения организационно-технических мероприятий.

Расчет производственной мощности для непрерывного производства производится по формуле:

$$M = P_{\text{техн}} * T_{\text{эфф,г}} * n \text{ где}$$

$M$  – производственная мощность, т/ч;

$P_{\text{техн}}$  – техническая норма производительности «нефтегазосепаратора» в натуральных единицах, кг/ч

$$P_{\text{техн}} = 50 \text{ т/ч}$$

$n$  – количество единиц оборудования, шт

$$n = 1$$

В общем виде величина эффективного времени выразится следующим образом:

$$T_{\text{эфф,г}} = T_{\text{кал}} - T_{\text{ППР}}$$

где

$T_{\text{кал}}$  – календарный фонд работы оборудования, ч

$$T_{\text{кал}} = 8760 \text{ ч (см. таблицу 3.2);}$$

$T_{\text{ППР}}$  – время на ремонтные простои, ч;

**Таблица 3.2 Годовой график ППР и ТО оборудования**

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

$$T_{\text{эфф,г}} = 8760 - 360 = 8400 \text{ ч}$$

$$M = 50 \cdot 8400 \cdot 1 = 420000 \text{ т/год}$$

Коэффициент экстенсивности он характеризуется использованием основного оборудования по времени :

$$K_{\text{экт}} = T_{\text{эфф,г}} / T_{\text{кал}}$$

$$K_{\text{экт}} = 8400 / 8760 = 0.959$$

Коэффициент интенсивности характеризует использование оборудование по производительности:

$$4) K_{\text{инт}} = P_{\text{факт}} / P_{\text{техн}}$$

Где  $P_{\text{факт}}$  - фактическая производительность, т/ч;

$$K_{\text{инт}} = 50 / 50 = 1$$

Коэффициент Парка рассчитываем по формуле:

$$5) K_{\text{Парка}} = N_{\text{раб}} / N_{\text{уст}}$$

Где  $N_{\text{раб}}$  - количество работающего оборудования, шт

$N_{\text{уст}}$  - количество установленного оборудования, шт.

$$K_{\text{Парка}} = 1$$

Коэффициент мощности:

$$6) K_{\text{м}} = K_{\text{экт}} \cdot K_{\text{инт}} \cdot K_{\text{Парка}} = 0.959$$

Годовая программа выпуска до и после производительности

$$7) N_{\text{год}} = K_{\text{м}} \cdot M = 0.959 \cdot 420000 = \underline{\underline{402780 \text{ т}}}$$

Расчет себестоимости готовой продукции по действующему производству

### 3.2 Расчет годового фонда заработной платы цехового персонала

#### Расчет численности персонала:

- основных рабочих;
- вспомогательных рабочих;
- ИТР;
- служащих;
- МОП.

Трёхфазный нефтегазосепаратор работает непрерывно. Основные рабочие работают в 2 смены по 12 часов вахтовым методом (15 дней в месяц). Всего на установке 4 бригады. Произведем расчет фонда эффективного рабочего времени и определим заработную плату рабочих.

**Таблица 3.3 Баланс эффективного времени одного среднесписочного работника**

№	Показатели	Дни	Часы
1.	Календарный фонд рабочего времени	365	8760
2.	Нерабочие дни выходные	182	4368
3.	Номинальный фонд рабочего времени	183	4392
4.	Планируемые невыходы: очередные и дополнительные отпуска невыходы по болезни или декретные отпуска отпуск в связи с учебой без отрыва от производства	48 14 28	
5	Эффективный фонд рабочего времени	93	2232

**Таблица 3.4 – График сменности 4-х смен на УПН**

Время		Дни месяца			
		12-20	20-27	27-4	4-12
08-00	20-00	1	2	3	4
20-00	08-00	2	1	4	3

Система оплаты труда основных рабочих повременно-премиальная. Годовой фонд заработной платы любой категории трудящихся можно рассчитать по формуле:

$$Z_{\text{Год}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}$$

где  $Z_{\text{осн}}$  - фонд заработной платы основных рабочих, руб.;

$Z_{\text{доп}}$ , - фонд заработной платы дополнительных рабочих, руб.

Фонд основной заработной платы определяется по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{тар}} + D_{\text{прем}} + D_{\text{нв}} + D_{\text{праз}}$$



где  $Z_{ТАР}$  - тарифный фонд заработной платы, руб.;

$D_{ПРЕМ}$  - выплата премий, руб.;

$D_{НВ}$  - доплата за работу в ночное время, руб.;

$D_{ПРАЗ}$  - доплата за работу в праздничные дни, руб.

Тарифный фонд заработной платы равен:

$$Z_{ТАР} = T_{СТ} * T_{ЭФ} * N_{СП}$$

где  $T_{СТ}$  - тарифная ставка, руб/ч;

$T_{ЭФ}$  - эффективный фонд рабочего времени, ч;

$N_{СП}$  - списочная численность, чел.

Доплата за работу в ночное время 40% от тарифной ставки. Доплата за работу в праздничные дни - двойной тариф. Премииальные - 24% от тарифной ставки.

**Таблица 3.5 Расчет численности персонала основных рабочих**

Категория персонала	Норма обслуживания,	Число смен в сутки,	Число единиц оборудования,	Явочная численность,	Эффективное время рабочего,	Коэффициент перехода,	Списочная численность,
	Нобс	S	N	Няв	Тэфф	Кпер.	Нсп
Основные рабочие	0.75	2	10	6	2232	1.89	12
ИТР	0.2	2	10	10			20
Служащие	0.1	2	10	10			22
МОП	0.031	2	10	10			22
Итого							76

**Таблица 3.6 – ФОТ основных рабочих**

Должность	Разряд	Количество	Зарплата на 1 месяц Тys.руб.	Зарплата за 1 год, Тys. руб.
Оператор	5	6	54,836	3948,192
Оператор	4	6	39,852	2869,344
Итого		12		6817,536

ФОТ основных рабочих соответствует 6817,536 тыс. руб.

Труд инженерно-технического персонала оплачивается по месячным окладам в соответствии с принципами повременной оплаты труда.

Для работников с подобной системой оплаты труда основной фонд заработной платы

рассчитывается как:

$$Z_{\text{осн}} = n_{\text{мес}} * T_{\text{окл}} * N_{\text{сп}}$$

где  $n_{\text{мес}}$  - количество месяцев;

$T_{\text{окл}}$  - месячный оклад, руб.

**Таблица 3.7 Расчет численности ИТР, служащих и МОП**

Наименование должности	Категория	Тарифный разряд	Число штатных единиц	Количество смен в сутках	Штатная численность
Начальник цеха	ИТР	16	1	1	1
Начальник установки	ИТР	14	1	1	1
Ведущий инженер-технолог	ИТР	12	2	1	2
Мастер	ИТР	10	2	1	2
Оператор	Рабочий	5	2	1	2
Оператор	Рабочий	4	2	1	2
Итого					

**Таблица 3.8 – ФОТ ИТР**

Должность	Количество человек	Зарплата на 1 мес, тыс. руб.	Зарплата на 1 год, тыс. руб
Начальник цеха	1	190,456	2285,472
Зам.начальника цеха	1	180,621	2167,452
Начальник установки	1	154,364	1852,368
Зам. начальника установки	1	148,234	1778,808
Ведущий инженер-технолог	2	131,642	3159,408
Инженер-технолог	4	128,845	6184,56
Механик	2	108,734	2609,616
Геолог	2	111,094	2666,256
Мастер ДНГ	2	111,094	2666,256
Диспетчер	4	84,385	4050,48
Итого	20		29420,676

ФОТ ИТР составил 29420,676 тыс. руб.

Сделаем расчет ФОТ вспомогательному персоналу. Вспомогательным работникам кроме тарифа выплачивается дополнительная заработная плата (премия) из расчёта 24% от тарифа

**Таблица 3.9 – ФОТ вспомогательных работников**

Должность	Разряд	Кол-во чел.	Зарплата на 1 мес, тыс. руб.	Зарплата на 1 год, тыс. руб
Слесарь-ремонтник	5	2	60,385	1449,24
Слесарь-ремонтник	4	2	58,254	1398,096
Токарь	5	2	60,385	1449,24
Электрогазосварщик	5	2	60,385	1449,24
Электромонтер	5	2	60,385	1449,24
Электромонтер	4	4	58,254	2796,192
Слесарь КИПиА	7	2	64,68	1552,32
Слесарь КИПиА	6	2	60,385	1449,24
Слесарь КИПиА	5	4	58,254	2796,192
Итого		22		15789,00

ФОТ вспомогательных рабочих составил 15789,00 тыс. руб.

ФОТ младшего обслуживающего персонала, кроме тарифа выплачивается премия из расчёта 20% от тарифа. Выполним расчет в таблице 4.10.

**Таблица 3.10 – ФОТ младшего обслуживающего персонала**

Должность	Кол-во чел.	Зарплата за 1 мес, тыс. руб	Зарплата за 1 год, тыс. руб.
Комендант общежития	2	53,400	1281,600
Уборщик помещений	10	38,650	4638,00
Повар	4	43,750	2100,00
Посудомойщик	2	32,320	775,680
Дворник	2	36,500	876,000
Фельдшер	2	48,490	1163,760
Итого	22		10835,040

ФОТ младшего обслуживающего персонала составил 10835,040 тыс. руб.

Общий ФОТ за год составил 62 862,252 тыс. руб.

#### **Расчет затрат на производство продукции**

#### **Расчет годовой потребности в сырье и материалах.**

Определение затрат на сырье и материалы производим исходя из принятого объема производства, удельных норм расхода сырья и материалов и планово-заготовительных цен.

**Таблица 3.11 Расчет годовой потребности в сырье и материалах**

Сырье	ЕД. изм	Цена за ед. Руб.	Расход на весь объем производства	Затраты на ед. готовой продукции Тыс.руб	Затраты на весь объем производства Тыс.руб
Сырье (нефтяная эмульсия):	тонн	3000	604170	4,5	1812510
Ингибиторы и реагент-деэмульгаторы, вспомогат. вещества)	тонн	60000	40278	6	2416680

**Таблица 3.12 Расчет потребности электроэнергии**

Наименование оборудования	Мощность (суммарная), кВт	Эффективный фонд времени оборудования, ч	Суммарно-потребляемая электроэнергия, кВт*ч
1.Трёхфазный сепаратор	280	8400	2352000
2.Концевая сепарационная установка	300	8400	2520000
3.Электродегидратор	250	8400	2100000
Итого	830	8400	6972000

**Стоимость потребляемой электроэнергии:**

1 кВт = **4.8руб**

Расход на весь объем производства= **6972000 кВт/ч**

Стоимость потребляемой эл/эн = **33465,6 тыс.руб**

Затраты на единицу готовой продукции =**0,083 тыс. руб**

### **3.3 Расчет амортизационных отчислений**

Для расчета амортизационных отчислений необходимо учесть:

- полную стоимость зданий;
- полную стоимость оборудования;
- нормы амортизационных отчислений.

**Таблица 3.13 Расчет амортизационных отчислений.**

Наименование основных средств	Стоимость, тыс.руб.	Норма амортизации, %	Годовые амортизационные отчисления, тыс.руб.
1.Здания и сооружения	39535,340	5	1976,767

2.Оборудование			
2.1. ТФС	5 680,8	10%	568,08
2.2. КСУ	5 525,7	10%	552,57
2.3. ЭГ	6 745	10%	674,5
<b>Итого</b>	<b>57486,84</b>		<b>3771,917</b>

Калькуляция себестоимости на производство и реализацию продукции при заданном объеме производства (Q). Калькуляция себестоимости на производство и реализацию продукции при заданном объеме производства (**Q=402780 т/год**)

**Таблица 3.14**

Статьи затрат	Затраты на единицу готовой продукции тыс. руб.	Затраты на весь объем тыс.руб
1.Сырье	4,5	1812510
2. Реагент- дезмульгаторы / ингибиторы	6	2416680
3.Электроэнергия на технолог. нужды	0,083	33465,6
<b>Итого переменных издержек</b>	<b>10,583</b>	<b>4262655,6</b>
4. ФОТ основных рабочих	0,0169	6817,536
- Отчисления на соц. нужды (30%)	0,0051	2045,2608
5. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования:		
<b>-Амортизация оборудования</b>	0,00446	1795,15
<b>-Ремонт оборудования:</b>	0,00009	35,903
<b>6. ФОТ вспомогательных рабочих</b>	0,0392	15789
- отчисления на социальные нужды 30%	0,01176	4736,7
7. Цеховые расходы:		
Амортизационные отчисления на здания и сооружения	0,0049	1976,767
8. ФОТ ИТР	0,073	29420,676
-отчисления на социальные нужды, 30%	0,0219	8826,2028
9. ФОТ МОП	0,0269	10835,04
-отчисления на социальные нужды, 30%	0,0081	3250,512
<b>Итого постоянных издержек</b>	<b>0,212</b>	<b>85389,36</b>
Производственная себестоимость	10,795	4348044,96
<b>Итого условно-переменные издержки</b>	<b>10,583</b>	<b>4262655,6</b>
<b>Итого условно-постоянные издержки</b>	<b>0,212</b>	<b>85389,36</b>

**Определение цены готовой продукции**

$$Ц = С * (1 + P/100)$$

где С – себестоимость,

$P$  – рентабельность = 25 % = 0,25

$C = 10,795 * (1 + 0,25) = 13,49$  тыс. руб./т.

Берем цену на нефть за 1 баррель 30\$ или 1920 руб. Одна тонна равна 7,4 барреля. Сделаем перерасчет на 1 тонну :

$C_{рын} = 7,4 * 1920 = 14,208$  тыс.руб.

Определение выручки

Выручку считаем по формуле

$ВР = C_{рын} * N_{год}$  (3.11)

где,  $N_{год}$  – объём производства,

$ВР = 14,208 * 402780 = 5722698.240$  тыс.руб без НДС.

### 3.4 Анализ безубыточности по действующему производству.

Цель анализа – определение точки безубыточности, т.е. минимального объема продаж, начиная с которого предприятие не несет убытков. В точке безубыточности выручка от продажи продукции (

$B_{пр}$ ) равна общим затратам на производство и реализацию продукции:

$В_{пр} = Q * C$

Определение точки безубыточности:

Аналитическим способом:

$$Q_{кр} = \frac{Изд_{пост}}{C - Изд_{пер}} \text{ тонн/г.}$$

где  $C_{гпп}$  – цена единицы готовой продукции (1 тонны);

$Изд_{гпп}$  - удельные переменные издержки (переменные издержки на единицу готовой продукции – 1 тонну).

$$Q_{кр} = \frac{85389,36}{14.208 - 10.583} = 23.6 \text{ тыс. тонн/г}$$

$Q_{кр} = 23.6$  тыс. тонн/г

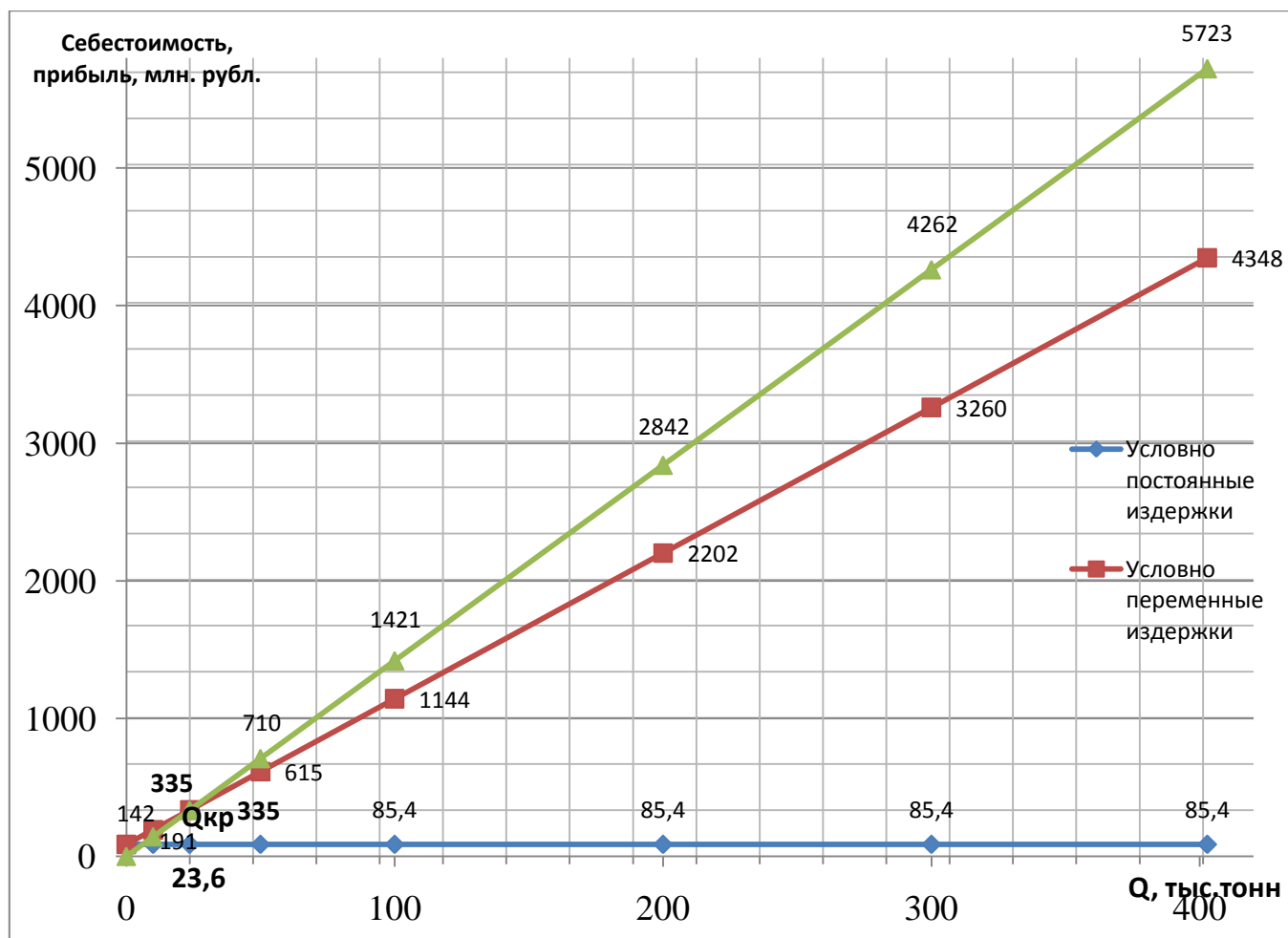


Рисунок. 3.1 График безубыточности

Таблица 3.15 Потребность в инвестициях для инновационной деятельности

Наименование объекта	Ед. изм.	Величина
1. Капитальные затраты	-	-
1.1. Стоимость производственных зданий		
1.2. Приобретение оборудования и других основных средств	Тыс. руб	1795,15
2. Затраты на оборотные средства		-
3. Организационные расходы		-
4. Затраты на НИОКР		-
<b>Всего инвестиций</b>		<b>1795,15</b>

$$PP = \frac{I_0}{\text{ЧДП}}$$

где  $I_0$  – первоначальные инвестиции;

ЧДП – чистый денежный поток от операционной деятельности.

ЧДП = Пчист.+Аг

ЧДП = 1099722,624 + 3771,917 = 1103494,541 тыс.руб

$$PP = \frac{1795,15}{1103494,541} = 1,6 \text{ года}$$

### 3.5 Определение технико-экономических показателей

Таблица 3.16 Техничко – экономические показатели

Наименование показателя	Ед. изм.	1 год
1. Объем производства	тонн	402780
2. Объем продаж	тонн	402780
3. Цена 1 тонны	тыс. руб.	14,208
4. Выручка от продаж (2*3)	тыс. руб.	5722698,24
5. Суммарные издержки	тыс. руб.	4348044,96
5.1. Издержки переменные	тыс. руб.	4262655,6
5.2. Издержки постоянные	тыс. руб.	85389,36
6. Операционная прибыль (4–5)	тыс. руб.	1374653,28
7. Налог на прибыль (6*20%)	тыс. руб.	274930,656
8. Чистая прибыль (6–7)	тыс. руб.	1099722,624
9. Себестоимость 1 тонны	тыс. руб.	10,795
10. Стоимость основных средств	тыс. руб.	57486,84
11. Численность основных рабочих	чел.	12
12. Фондовооруженность (10/11)	тыс. руб./чел.	4790,57
13. Фондоотдача (4/10)	руб./руб.	99,55
14. Фондоемкость (10/4)	руб./руб.	0,01
15. Производительность труда (4/11)	тыс. руб./чел.	476891,52
16. Рентабельность производства (8*100%/5)	%	25,3
17. Рентабельность продаж (8*100%/4)	%	19,22
18. Критический объем продаж ( $Q_{кр.}$ )	тыс. тонн	23,6
19. Критический объем продаж ( $Q_{кр.}$ )	тыс. руб.	335,3088
20. Инвестиции, $I_0$	тыс. руб.	1795,15
21. Срок окупаемости	годы	1,6



## 4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

					ФЮРА РНГС 000.000. ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Студент	Гюханов Б.В				Социальная ответственность	Литера	Лист	Листов
Консультант	Ларионова Е.В.					Д	81	98
						НИ ТПУ ИШНПТ Группа 3-2К31		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-2К31	Тюханов Борис Вячеславович

<b>Институт</b>	ИШНПТ	<b>Отделение</b>	НОЦ Н.М. Кижнера
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	«Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Нефтегазосепаратор является одним из наиболее распространённых видов аппаратов на промышленном сборе, при подготовке нефти и газа к транспорту. Предназначаются эти аппараты для отделения газа от жидкости, жидкости от газа, а в некоторых случаях оба процесса могут сопровождаться разделением жидких фаз, отличающихся своими плотностями (нефть — вода, Бензин — вода), для получения на выходе товарной нефти.</p>
---	--

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

<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты;</li> <li>– (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> </ul> <p>электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты)</p>	<p><b>1</b> Вредные факторы: утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу, превышение уровня шума, недостаточная освещенность рабочей зоны, отклонение от показателей микроклимата в помещении.</p> <p><b>1.2</b> Опасные факторы: разрушение аппарата под действием внутреннего избыточного давления, поражение электрическим током, возникновение взрывов и пожаров в результате работы с легковоспламеняющимися парами.</p>
---	--

<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p>Защита селитебной зоны: Строительство предприятий вдали от рек и водоемов; и соблюдение всех норм и правил п при строительстве согласно СН 245-71. На окружающую среду воздействуют вредные вещества: Сероводород, угарный газ. Химическое загрязнение водотоков в результате отмывания химических отходов в канализационную сеть. Необходимо осуществлять отдельный сбор и хранение отходов, подвергать их переработке, утилизации или захоронению.</p>
<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	<p>Возможные ЧС: пожар, взрыв, разрушение зданий в результате разрядов атмосферного электричества, ураган, землетрясение. Наиболее актуальная ЧС – возникновение пожара. Для его ликвидации необходимо использовать огнетушитель, песок, азотное пожаротушение.</p>
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>Каждому работающему с химическими веществами выдаются средства индивидуальной защиты. Проводятся инструктажи, обучения. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны: технический перерыв, полная изоляция от производственных источников шума и вибрации.</p>

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ларионова Е. В.	к.х.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К31	Тюханов Борис Вячеславович		

## Социальная ответственность

### Введение

Система промыслового сбора и подготовки нефти – это сложная, разветвленная сеть трубопроводов и разнообразного технологического оборудования, предназначенная для сбора, замера продукции скважин и подготовки товарной нефти к транспорту по магистральному нефтепроводу потребителям.

Технологическое оборудование на промысле, предназначенное для выполнения какой-то одной задачи, называется технологической установкой. Технологическая установка – комплекс автоматизированного оборудования и аппаратов, в которых последовательно и непрерывно происходят процессы подготовки нефти, газа и воды (обезвоживания, обессоливания, сепарации нефти, очистки пластовой воды и т.д.).

На промыслах применяются автоматизированные групповые замерные установки (АГЗУ), установки предварительного сброса воды (УПСВ), установки подготовки нефти (УПН), установки подготовки воды (УПВ), установки подготовки газа (УПГ), установки измерения количества и качества нефти и др. Кроме этого, нефтепромысловое оборудование объединяется в такие объекты, как дожимная насосная станция (ДНС), кустовая насосная станция (КНС), компрессорная станция (КС), центральный пункт подготовки нефти (ЦППН), товарный парк и др.

Таким образом, перед работниками завода стоит задача выполнения всех норм и требований системы безопасности труда, которая включает в себя ряд конкретных требований и мер по видам опасных и вредных производственных факторов.

При выполнении работ возможно возникновение и воздействие на оператора следующих опасных факторов:

## Техногенная безопасность.

**Таблица 4.1 Основные элементы производственного процесса, который формирует опасные и вредные факторы**

Рабочее Место	Факторы (Гост 12.0.003-74 Ссбт)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1	2	3	4
Операторская	1.Отклонение от показателей микроклимата в помещении	1.Электрический ток	САНПИН 2.2.4.548-96 ПУЭ (6-Е ИЗД.)
	2.Недостаточная освещенность рабочей зоны		СП 52.13330.2011
	3.Превышение уровней шума		ГОСТ 12.1.003-83 С ИЗМ. 1999 Г.
Открытая площадка	4.Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу	2.Давление(разрушение аппарата под действием внутреннего избыточного давления)	ГОСТ 12.1.005-88
		3.Статическое электричество	ГОСТ 12.4.124-83

### 4.1. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

#### 1.1 Вредные.

- **Отклонение показателей микроклимата в помещении.**

Микроклимат производственных помещений – климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также интенсивности теплового излучения от нагретых поверхностей.

Для создания благоприятных условий работы, соответствующих физиологическим потребностям человеческого организма, санитарные нормы устанавливают оптимальные и допустимые метеорологические условия в рабочей зоне помещения. Рабочая зона ограничивается высотой 2,2 м над уровнем пола, где находится рабочее место. При этом нормируются: температура, относительная влажность и скорость движения воздуха (СанПиН 2.2.4.548 – 96).

**Таблица 4.2 Микроклиматические условия рабочей зоны с учетом избытков тепла, времени года и тяжести выполняемой работы согласно СанПин 2.2.4.548-96**

Сезон года	Категория тяжести выполняемых работ	Температура, С°		Относительная влажность, %		Скорость воздуха, м/сек	
		Фактическое значение	Допустимое значение	Фактическое значение	Допустимое значение	Фактическое значение	Допустимое значение
1	2	3	4	5	6	7	8
Холодный	Iб	23	19-24	40	15-75	0.1	0.1-0.2
Теплый		26	20-28	45	15-75	0.2	0.1-0.3

В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата используются следующие защитные мероприятия:

- естественная вентиляция (аэрация)
- системы кондиционирования воздуха; - воздушное душирование рабочих мест;
- спецодежда и другие средства индивидуальной защиты;
- помещения для отдыха и обогрева (охлаждения);
- компенсация одного параметра микроклимата изменением другого;
- сокращение рабочего дня, увеличение продолжительности отпуска, уменьшение стажа работы.

## 4.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Около 80 % из общего объема информации человек получает через зрительный аппарат. Качество получаемой информации во многом зависит от освещения: неудовлетворительное в количественном или качественном отношении освещение не только утомляет зрение, но и вызывает утомление организма в целом. Нерационально организованное освещение может, кроме того явиться причиной травматизма: плохо освещенные опасные зоны, слепящие источники света и блики от них, резкие тени и пульсации освещенности ухудшают видимость и могут вызвать неадекватное восприятие наблюдаемого объекта. Поэтому рациональное освещение помещений и рабочих мест – одно из важнейших условий для создания благоприятных и безопасных условий труда.

Оценка освещенности рабочей зоны проводится в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03

**Таблица 4.3 Параметры систем естественного и искусственного освещения на рабочих местах.**

Наименование рабочего места	Тип светильника и источника света	Освещенность, лк	
		Комбинированное освещение	Общее освещение
1	2	3	4
Операторская	ЛБ20-2 (люминесцентные лампы)	750	300

**Таблица 4.4 Общая минимальная освещенность (в лк) для производственных объектов.**

Устья нефтяных скважин (станки-качалки)	13
Машинные залы компрессорных и насосных станций и вентиляционных помещений	20
Шкалы контрольно-измерительных приборов в помещениях и наружных установках	50
Нефтяные трапы, газовые сепараторы и т.п.	20
Резервуарные парки:	0,5
Дороги на территории парка, охранное освещение	2
Место замера уровня в управлении задвижками	5
Нефтеналивные и сливные эстакады	5
Ловушки нефти	

Для работы в ночное время на производственной площадке, оснастить работников переносными фонарями.

**• Превышение уровней шума**

Производственный шум различной интенсивности и спектра(частоты), длительно воздействуя на работающих, может привести со временем к понижению остроты слуха у последних, а иногда и к развитию профессиональной глухоты. Помимо местного действия – на орган слуха, шум оказывает и общее действие на организм работающих. Шум является внешним раздражителем, который воспринимается и анализируется корой головного мозга, в результате чего при интенсивном и длительно действующем шуме наступает перенапряжение центральной нервной системы, распространяющееся не только на специфические слуховые центры, но и на другие отделы головного мозга.

При разработке технологических процессов, проектировании, изготовлении и эксплуатации машин, производственных зданий и сооружений, а также при организации рабочего места следует принимать все необходимые меры по снижению шума, воздействующего на человека на рабочих местах, до значений, не превышающих допустимые.

Разработкой шумобезопасной техники; применением средств и методов коллективной защиты по ГОСТ 12.1.029; применением средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.051\*.

**Таблица 4.5 Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука (ГОСТ 12.1.003-83 с изм. 1999 г.)**

Вид работы	Уровень звука, дБа	
	Фактическое значение	Допустимое значение
Умственная работа, по точному графику с инструкцией (операторская), точная категория зрительных работ	55	65

### 4.3 Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу

Токсичными веществами называются продукты, которые при проникновении в организм человека вызывают нарушение его нормальной жизнедеятельности. Токсичность нефти и нефтяного газа зависит от их состава. Она усиливается при содержании в них сернистых соединений.

Сероводород, являющийся сильным ядом,— бесцветный газ, с сильным неприятным запахом тухлых яиц (при больших концентрациях чувствительность снижается). Однако при концентрациях, не уловимых органами обоняния, во рту появляется металлический вкус, по которому газ можно распознать.

В нефти и газах сероводород встречается в разных концентрациях. При действии высоких концентраций (1000 мг/м<sup>3</sup> и выше) отравление бывает почти мгновенным (судороги, потеря сознания и быстрая смерть от остановки дыхания, а иногда и от паралича сердца).

Это вещество, имеющее класс опасности 3, находится в воздухе в агрегатном состоянии паров. Согласно ГОСТ 12.1.005-88, устанавливается предельно допустимая концентрация паров данного вещества в воздухе рабочей зоны, равная 100 мг/м<sup>3</sup>.

Другое опасное вещество – окись углерода без цвета и запаха, очень ядовитый. При вдыхании небольших количеств окиси углерода появляется вначале головная боль, ощущение пульсации в висках, головокружение, шум в ушах, затем рвота, чувство слабости. При продолжительном пребывании в загазованной атмосфере могут наступить потеря сознания и смерть.

**Таблица 4.6. ПДК бензина и других веществ в воздухе рабочей зоны**

Вещество	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	
	Фактическое значение	Допустимое значение
Сероводород	3	100
Оксид углерода	0.017	0.085

Рекомендации: Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны подлежит систематическому контролю для предупреждения возможности превышения предельно допустимых концентраций.

Снабдить персонал средством индивидуальной защиты (противогаз).



## 1.2 Опасные.

### 4.4 Электробезопасность

Согласно ПУЭ (6 издание), п. 1.7.33. Помещения *без повышенной опасности* поражения людей электрическим током характеризуются отсутствием условий, создающих повышенную или особую опасность, таких как:

- Влажность, превышающая 75% (влажность в производственных помещениях не превышает этого значения);
- Токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные)(полы в производственных помещениях ток не проводят);
- Высокая температура (выше +35°С)(температура в производственных помещениях не превышает этого значения);

Возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединения с землей металлоконструкциям зданий, механизмов, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой.

Такие производственные помещения как операторская, характеризуются отсутствием условий, создающих повышенную или особую опасность, и поэтому относится к категории помещений без повышенной опасности поражения людей электрическим током согласно ПУЭ (6 издание).

#### • Статическое электричество

Для предупреждения накопления статического электричества, возникающего при движении нефти по трубопроводам, заполнении и пропаривании РВС, заправке автоцистерн нефтью применяется защитное заземление оборудования и трубопроводов.

С целью уменьшения потенциала статического электричества проводятся следующие мероприятия:

- первоначальное заполнение резервуаров и автоцистерн необходимо вести с минимальной скоростью;
- ввод нефти в аппараты, резервуары и автоцистерны производится под слой нефти;
- автоцистерны до начала заполнения присоединяются к заземляющему устройству.

Для снижения интенсивности накопления электрических статических зарядов на нефтепродуктах внутри резервуаров допускается использование металлических струн, протянутых вертикально внутри резервуаров от крыши до днища. При этом резервуар должен быть заземлен.

Фланцевые соединения трубопроводов, аппаратов, корпусов с крышками и соединения на

разбортовке не требует дополнительных мер по созданию непрерывной электрической цепи. При этом запрещается применение шайб из диэлектрических материалов и шайб, окрашенных неэлектропроводными красками.

Средства индивидуальной защиты от статического электричества:

- Специальная одежда антиэлектростатическая;
- Специальная обувь антиэлектростатическая;
- Предохранительные приспособления антиэлектростатические (кольца и браслеты);
- Средства защиты рук антиэлектростатические(перчатки);
- **Разрушение аппарата под действием внутреннего избыточного давления.**

Параметры, обуславливающие безопасность работы с такими аппаратами – механическая прочность и герметичность, а также коррозионная стойкость. Главным условием герметичности является плотное соединение деталей аппаратов, а также технологических трубопроводов при помощи сварных или фланцевых соединений. Все сварные швы проверяются на герметичность. Герметичность фланцевого соединения обеспечивается за счет правильного выбора прокладки и конструкции самого фланца.

Элементы конструкции аппаратов не имеют углов, кромок, заусенцев, наплывов, металла после сварки и поверхностей с неровностями, представляющих источник опасности.

Трубопроводы, подводящие и отводящие технологические потоки, имеют цветовые обозначения и снабжаются маркировочными щитками, согласно ГОСТ 14202-75. В подводящих трубопроводах исключены резкие изменения температуры стенки(тепловые удары) при срабатывании предохранительного клапана.

Корпуса аппаратов и все внутренние их части выполнены из устойчивости к коррозии в среде нефтепродуктов низколегированной стали 09Г2С.

Все предохранительные клапаны и их вспомогательные устройства защищены от произвольного изменения их регулировки, размещены в местах, доступных для осмотра. Предохранительные клапаны и их вспомогательные устройства соответствуют ГОСТ 12.2.085-82.

## **4.5 Экологическая безопасность**

**Источниками выделений загрязняющих веществ в атмосферу являются:**

- не плотные соединения оборудования;
- «большое» и «малое» дыхание емкостей (резервуаров);
- оборудование для сжигания топлива (печь, котлы котельной);
- автотранспорт.

Из источников предприятия в атмосферу поступают загрязняющие вещества:

- пары нефти;
- углеводородный газ (УВГ);
- сероводород;
- оксид углерода;

При сварочных и слесарных работах, в том числе:

- оксид железа;
- марганец и его соединения;
- фториды неорганические плохо растворимые;
- фтористый водород;
- пыль неорганическая с содержанием  $\text{SiO}_2$  20-70%;
- пыль абразивная;
- пыль металлическая(оксид железа);

Мероприятия по уменьшению выбросов загрязняющих атмосферу.

С целью охраны воздушного бассейна выполняются следующие технологические мероприятия, обеспечивающие минимальные выбросы вредных веществ в атмосферу:

- использование герметичного оборудования, арматуры;
- утилизация углеводородных газов, образующихся при разгонке нефти, путем сжигания в качестве топлива;
- подъем на оптимальную высоту труб выбросов организованных источников для улучшения рассеивания;
- установка на территории промплощадки датчиков загазованности, позволяющих оперативно обнаружить и устранить источник загрязнения;
- система налива автоцистерн оснащена автоматическими ограничителями налива.

Для предотвращения загрязнений поверхностных и подземных вод от загрязнения предусмотрено:

- сбор, очистка химзагрязненных, хоз-бытовых стоков на очистных сооружениях МНПЗ;
- отвод загрязненных ливневых стоков с отбортованных площадок на очистные сооружения;
- повторное использование очищенных сточных вод в технологическом цикле;
- размещение заглубленных аварийных и дренажных емкостей в бетонных приямках, засыпанных песком; в приямке предусмотрен контроль утечек с использованием приборов КИП;
- отбортовка территории возможных проливов нефти и нефтепродуктов асфальтобетонным покрытием внутри отбортовки;

- очистка хоз-бытовых, химзагрязненных и ливневых стоков на очистных сооружениях до ПДК для рыбохозяйственных водоемов перед сбросом их в отведенный для сброса водоем(Ручей);

- проведение аналитического контроля состава очищенных сточных вод на выходе с очистных сооружений и состава загрязнений р. Ручей в месте сброса(створа).

Деятельность предприятия по обращению с опасными отходами:

- складирование опасных промышленных отходов на предприятии не предусматривается;

- временное хранение отходов до утилизации производится в зависимости от класса опасности, физико-химических характеристик;

- отходы VI, V классов опасности (отходы от ремонтных работ, использованная тара, твердые бытовые отходы) временно хранятся в контейнерах на площадке для установки контейнеров;

- отработанные масла, жидкий шлам от очистных сооружений собираются в контейнеры, бочки на площадке для временного хранения отходов;

- шлам от зачистки резервуаров удаляется моечной машиной в автоцистерны или вручную в металлические контейнеры и вывозится без временного хранения на полигон промышленных токсичных отходов.

Площадка для временного хранения отходов имеют твердое покрытие и подъезд для автотранспорта.

## **4.6 Безопасность в ЧС**

### **Пожаровзрывобезопасность**

Мероприятия для обеспечения пожаровзрывобезопасности.

Наиболее опасным во взрывопожарном отношении в процессе производства нефтепродуктов является процесс подготовки нефти. Опасными являются также процессы хранения и отгрузки нефти.

Для обеспечения пожаровзрывобезопасности сооружений в проекте предусмотрены следующие мероприятия:

- определены категории по пожаровзрывобезопасности помещений и наружных установок в соответствии с НПБ 105-30;

- определены классы взрывоопасных зон в местах обращения взрывопожароопасных продуктов в соответствии с главой 7.3 ПУЭ;

- размещение зданий и сооружений НПЗ выполнено с учетом противопожарных разрывов, согласно нормам;

- все электрооборудование, размещаемое во взрывопожарных зонах имеет исполнение,

соответствующее классу взрывопожароопасной зоны;

- освещение во взрывопожароопасных зонах выполнено в соответствующем ПУЭ;
- выполнена молниезащита зданий и сооружений в соответствии с нормами;
- выполнена защита коммуникаций от заноса высоких потенциалов;
- выполнена защита оборудования и трубопроводов от статического электричества;
- наружное пожаротушение зданий и сооружений осуществляется пожарными гидрантами, устанавливаемыми на кольцевых сетях противопожарного водопровода;
- пожаротушение насосной склада нефти и нефтепродуктов выполнено при помощи отдельного самосрабатывающего порошкового модуля (ОСПМ-2);
- наружные установки УПН100А, 100Б оборудуются стояками сухотрубами  $\varnothing 80$  мм для сокращения времени подачи воды, пены и других огнегасительных средств;
- предусмотрено паротушение и паровая защита печей;
- внутреннее пожаротушение насосных, лабораторий, котельной предусматривается пожарными кранами;
- предусматривается охлаждение при пожаре оборудования и конструкций наружных установок и автоэстакад, резервуаров склада нефти и нефтепродуктов лафетными стволами;
- для пенного пожаротушения на резервуарах склада нефти и нефтепродуктов, узле налива автоцистерн устанавливаются пеногенераторы с сухими трубопроводами;
- для обеспечения противопожарного водоснабжения предусматривается насосная, в которой устанавливается три насоса типа 1Д315-71(2 рабочих, 1 резервный) и два противопожарных резервуара объемом  $1000 \text{ м}^3$  каждый;
- в производственных помещениях предприятия предусмотрена приточно-вытяжная вентиляция с механическим и естественным побуждением, а также аварийная вентиляция в помещениях категории А и в технологических насосных;
- управление технологическим процессом переработки нефти, хранения и отгрузки продукции осуществляется с помощью АСУ ТП, регулирование рабочих параметров и сигнализация об их отключениях выведены на дисплей в операторных КИП и ЦПУ;
- во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок устанавливаются датчики сигнализаторов довзрывных концентраций паров ЛВЖ с выдачей светозвукового сигнала оператору и звукового по месту;
- предусмотрена система пожарной и охранной сигнализации, включающая шлейфы с автоматическими и ручными извещателями, установленными на объектах НПЗ, и приемное контрольное устройство.

## **Первичные средства пожаротушения**

- ручные огнетушители (пенные и водные огнетушители вместимостью 10 литров, порошковые огнетушители, хладоновые огнетушители, углекислотные огнетушители )
- немеханизированный инструмент и инвентарь (асбестовое полотно, грубошерстная ткань, или войлок 2х2, лопаты штыковая и совковая, ящик с песком, ведро)

## **Чрезвычайные ситуации техногенного характера**

### **Пожар**

В случае возникновения пожара на площадке установки необходимо выполнить следующие действия:

- вызвать пожарную команду, сообщить о пожаре начальнику цеха, оператору ПУ цеха, при необходимости вызвать скорую помощь;
- проверить включение в работу автоматических систем противопожарной защиты(оповещение людей о пожаре, пожаротушения) в случае отказа автоматики произвести ручной запуск;
- произвести аварийную остановку установки и согласованных с ней установок;
- при необходимости отключить электроэнергию, выключить вентиляторы, перекрыть трубопроводы, прекратить любые работы в пожарной зоне, кроме работ, связанных с ликвидацией пожара;
- удалить за пределы опасной зоны всех работников, не участвующих в тушении пожара;
- принять меры по ликвидации пожара первичными стационарными и передвижными средствами пожаротушения (например, ручными огнетушителями) до прибытия подразделений пожарной охраны;
- организовать встречу подразделений пожарной охраны и оказать помощь в выборе кратчайшего пути для подъезда к очагу пожара;
- пожарная охрана может использовать один или оба противопожарных насоса типа 1Д315-71, устанавливаемых на производственных площадках.

## **4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Законодательство РФ об охране труда основывается на Конституции РФ и состоит из федерального закона, других федеральных законов и иных нормативных правовых актов субъектов РФ. Среди них можно выделить федеральный закон **“Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний”**. Для реализации этих законов приняты Постановления

Правительства РФ —О государственном надзоре и контроле за соблюдением законодательства РФ о труде и охране труда, —О службе охраны труда, —О Федеральной инспекции труда и др.

Управление охраной труда осуществляет блок федеральных органов исполнительной власти, руководимый Министерством здравоохранения и социального развития Российской Федерации (Минздравсоцразвития). Оно осуществляет функции государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере здравоохранения и социального развития, социального страхования, условий и охраны труда и т. д. Функции по контролю и надзору, которые ранее осуществлялись Санэпиднадзором Минздрава России, переданы Федеральной службе по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор). Федеральная служба по труду и занятости (Роструд) осуществляет функции по надзору и контролю в сфере труда, а также государственный надзор и контроль за соблюдением, в частности, трудового законодательства и нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права; установленного порядка расследования и учета несчастных случаев на производстве. Федеральное агентство по здравоохранению и социальному развитию (Росздрав) организует деятельность по установлению связи заболевания с профессией, государственной службы медико-социальной экспертизы и др. Федеральная служба по надзору в сфере здравоохранения и социального развития (Росздравнадзор) осуществляет контроль за порядком организации осуществления медико-социальной экспертизы; порядком установления степени утраты профессиональной трудоспособности в результате несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний и др. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) — государственный санитарно-эпидемиологический надзор за соблюдением санитарного законодательства; организует деятельность системы санитарно-эпидемиологической службы РФ.

**В федеральном законе “О пожарной безопасности” (1994)** определяются общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в России, дается регулирование отношений между органами государственной власти, органами местного самоуправления, предприятиями, организациями, крестьянскими хозяйствами и иными юридическими лицами независимо от форм собственности. Федеральный закон — О промышленной безопасности опасных производственных объектов (1997) определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлен на предупреждение аварий на опасных производственных объектах и обеспечение готовности организаций к локализации последствий аварий.

## **Заключение**

В ходе проекта был произведен анализ технологической схемы производственного процесса получения товарной нефти.

Были проведены технологические и механические расчеты основного оборудования установки, трехфазного сепаратора. В ходе технологических расчетов были определены основные геометрические размеры аппарата (диаметр и длина). Механический расчет предусматривал определение диаметров патрубков, расчет необходимости укрепления отверстий, определение толщин стенок, расчет фланцевого соединения, расчет несущей способности обечаек от воздействия опорных нагрузок и подбор стандартных опор.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» рассмотрена экономическая часть проекта, определена прибыль. Проведен анализ безубыточности, аналитическим и графическим способом.

В разделе «Социальная ответственность» были представлены мероприятия для безопасного и экологичного ведения производственного процесса, рассмотрены вопросы пожарной и электро безопасности. Проведен анализ вредных производственных и опасных факторов, а так же дано обоснование мероприятий по их устранению.



## Список использованной литературы.

1. Лутошкин Г.С. 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. – 319 с.
2. Химическая технология промышленной подготовки нефти, учебное пособие/А.Л. Савченков. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. – 180с.
3. Технологический регламент. Пункт подготовки и сбора нефти(п. Пионерный).
4. Электронный ресурс:[http://ru.wikipedia.org/wiki/Ускорение\\_свободного\\_падения](http://ru.wikipedia.org/wiki/Ускорение_свободного_падения)
5. Лутошкин Г. С., Дунюшкин И. И. Сборник задач по сбору и подготовке нефти, газа и воды на промыслах: Учебное пособие для вузов. – 3-е изд., стереотипное. Перепечатка с издания 1985 г. – М.: ООО ИД «Альянс», 2014 – 135с.
6. Лацинский А.А., Толчинский А.Р. «Основы конструирования и расчета химической аппаратуры». Справочник – М.:Альянс,2008. – 752 с
7. Электронный ресурс: <http://www.novedu.ru/sprav/pl-h2O.html>
8. ГОСТ Р 52857.1-2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования.
9. ГОСТ Р 52857.2-2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек.
10. ГОСТ Р 52857.3-2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Укрепление отверстий в обечайках и днищах при внутреннем и внешнем давлениях, расчет на прочность обечаек и днищ при внешних статических нагрузках на штуцер.
11. ГОСТ 10704-91 Трубы стальные электросварные прямошовные.
12. ГОСТ 12821-80 Фланцы стальные приварные встык.
13. ГОСТ Р 52857.4-2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений.
14. ГОСТ 481-80 Паронит и прокладки из него. Технические условия
15. ГОСТ 28759.3-90 Фланцы сосудов и аппаратов стальные приварные встык.
16. Электронный ресурс: [ru.onlinemschool.com/math/formula/volume](http://ru.onlinemschool.com/math/formula/volume).
17. ГОСТ 6533-78 Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов, аппаратов и котлов. Основные размеры.

18. ГОСТ Р 52857.5-2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок.
19. ОСТ 26-2091-93 Опоры горизонтальных сосудов и аппаратов.
20. ГОСТ 1759.0-87 Болты, винты, шпильки и гайки. Технические условия
21. Экономика и управление производством. Расчет экономической части дипломного проекта: метод. указ. для студентов хим. спец. ИДО / сост. Т.Г. Рыжакина. – Томский политехнический университет. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 22 с.
22. Станиславчик Е.Н. Финансовый анализ инвестиционного проекта– М.: Ось-98, 2000.– 96 с.
23. Бизнес-план. Методические материалы. Изд.-3 – М.: Финансы и статистика, 2001.– 208 с.
24. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
25. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.
26. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*
27. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (с Изменением N 1)
28. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1)
29. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Изд- во Юрайт, 2013. – 671с.