

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

---

Институт физики высоких технологий

Направление подготовки «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

Кафедра ОХХТ

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Расчет и проектирование трехфазного сепаратора</b>

УДК 665.622.05.001

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К32	Новиков Егор Павлович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тихонов Виктор Владимирович	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Раденков Тимофей Александрович	-		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОХХТ	Ан Владимир Вилорьевич	к.т.н.		

Томск – 2017 г.

**Перечень результатов обучения (профессиональных и универсальных компетенций), запланированных к достижению выпускниками данной образовательной программы**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	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)
P2	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)
P3	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)
P4	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)
P5	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)
P6	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)
P7	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>

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
		и <i>FEANI</i>
P8	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)
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P9	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,2,6-10), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5)
P10	Самостоятельно учиться непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-6,7,8), Критерий 5 АИОР (2.6)
P11	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-11) , Критерий 5 АИОР (п.2.2)
P12	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 автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт физики высоких технологий  
Направление подготовки (специальность) Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии (МАХП)  
Кафедра ОХХТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
(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
2к32	Новикову Егору Павловичу

Тема работы:

Расчет и проектирование трехфазного сепаратора	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	2056/С      24.03.17г.,

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.06.17г.
--	------------

**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><u>Трехфазный сепаратор.</u> Производительность по нефти: 50 т/ч; Газовый фактор: 80м<sup>3</sup>/т; Обводненность: 22%; Температура среды: 30С<sup>0</sup>; Давление в аппарате: 1 МПа; <u>Исполнение по материалу М1:</u> 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>Введение. Обзор литературы. Описание технологической схемы. Технологический расчет НГСВ. Конструктивный расчет НГСВ. Механический расчет НГСВ. Гидравлический расчет НГСВ. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Социальная ответственность. Заключение.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Лист 1. Технологическая схема; Лист 2. Общий вид сепаратора; Лист 3. Выносные элементы сепаратора. Лист 3. График безубыточности</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>Социальная ответственность</p>	<p>Раденков Тимофей Александрович</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Рыжакина Татьяна Гавриловна</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>01.02.17г.</p>
--	-------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тихонов Виктор Владимирович	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2к32	Новиков Егор Павлович		

## **Реферат**

Выпускная квалифицированная работа состоит из 89 страниц, 6 рисунков, 27 источников информации, 4 графического материала.

Ключевые слова: Трехфазный сепаратор, нефть, газ, надежность, прочность.

Цель работы: Рассчитать и подобрать Трехфазный сепаратор со сбросом воды.

Проведены 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 экологичность проекта.

Рассчитаны экономические показатели данного проекта.

Данный проект и расчеты выполнены соответственно в «MicrosoftWord»и«Mathcad».

## **Abstract**

The final qualified work consists of 88 pages, 6 drawings, 27 sources of information, 3 graphic materials.

Keywords: Three-phase separator, oil, gas, reliability, strength.

Objective: Calculate and select a three-phase separator with water discharge.

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 issues of life safety of personnel activities and the environmental friendliness of the project were considered.

The economic indicators of this project are calculated.

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

## Оглавление

Введение.....	9
1.Обзор литературы.....	10
2.Описание технологической схемы.....	13
3.Расчет нефтегазового сепаратора со сбросом воды.....	14
3.1.Технологический расчет.....	14
3.1.1.Материальный баланс.....	14
3.1.2.Аппаратурный расчет.....	15
3.2.Конструктивный расчет.....	17
3.3.Механический расчет.....	18
3.3.1.Определение расчетных параметров.....	19
3.3.2.Расчет толщины стенки под действием внутреннего давления.....	22
3.3.3.Расчет толщины стенки эллиптической крышки.....	23
3.3.4.Подбор штуцеров и укрепление отверстий.....	25
3.5.Расчет фланцевого соединения.....	29
3.6.Подбор и расчет стандартных опор аппарата.....	41
3.7.Расчет строповых устройств.....	49
3.8.Гидравлический расчет.....	52
4.Финансовый менеджмент.....	54
5.Социальная ответственность.....	66
Заключение.....	86
Литература.....	87

## **Введение**

Нефть – одно из самых ценных природных ископаемых, состоящая в основном из сложных углеводородов. Нефть и великое разнообразие ее продуктов переработки используются в наше время. Бензин, дизельное топливо, смазочные масла, синтетика, полиэтилен и пластик - все это продукты переработки нефти.

### **Процессы подготовки нефти**

Обессоливание, обезвоживание и отделение от нефти летучих углеводородов, а также растворенных в ней попутных газов, то есть стабилизация нефти.

### **Методы разрушения водонефтяных эмульсий**

Процессы, повышающие эффективность разрушения эмульсии: снижение вязкости нефти, увеличение движущей силы расслоения за счет повышения разности плотностей, умножение размеров капель воды.

Процессы для обезвоживания и обессоливания нефти: отстой нефти при высокой температуре, подогрев потока эмульсии, химическая обработка при помощи деэмульгатора, электрообработка, гравитационный отстой нефти.

### **Стабилизация нефти**

Применяют Горячую или вакуумную сепарацию и ректификацию.

При такой сепарации от нефти отделяется большая часть газовой фракции, в которой помимо бутан-пропановой фракцией содержится большое количество высокомолекулярных углеводородов, при отсутствии которых нефть начнет терять свое качество. Для извлечения этих углеводородов из общего потока газа и возвращения их в стабилизированную нефть, подойдет процесс фракционной конденсации с последующей компрессией газового остатка.

## Обзор литературы

Один из наиболее распространённых видов аппаратов на промышленном сборе, при подготовке нефти и газа к транспорту является сепаратор. Этот аппарат предназначен для разделения фаз.

Классификация сепараторов по характеру действующих сил:

1. Гравитационные, фазовое разделение происходит из-за различной плотности газа и жидкости.
2. Насадочные сепараторы, разделение фаз происходит под действием сил тяжести и инерции.
3. Центробежные сепараторы, разделение фаз происходит за счет центробежных и инерционных сил.

Существует множество видов сепараторов, но все они, как правило, делятся на следующие секции.

**Основная сепарационная секция.** Предназначается для отделения от основного потока жидкости (нефти, конденсата газа, воды) газожидкостного потока. Для увеличения эффективности предварительной сепарации и равномерного распределения потока по сечению аппарата используют следующие конструктивные устройства:

- Тангенциальный ввод потока, при входе в сосуд жидкость под действием центробежной силы отбрасывается к стенке сосуда и стекает по ней, а газ распространяется по сечению аппарата и выводится;

- отражательные устройства, пластины различной формы (из конструкторских соображений), устанавливаются на входе в сепаратор;

- встроенный циклон, под действием центробежных сил увеличивается эффективность отделения газа от жидкости. Устанавливаются на входе в горизонтальный сепаратор.

**Осадительная секция.** В данной секции в газонефтяных сепараторах происходит дополнительное отделение газа от жидкости, но уже гораздо в меньшем количестве. Для интенсификации процесса выделения свободного газа из нефти применяют наклонно расположенные плоскости. При этом поток нефти должен плавно, без брызг сливаться в нижнюю часть сепаратора.

**Секция сбора жидкости.** Предназначается для сбора жидкости, из которой в предыдущих секциях почти полностью выделился газ при температуре и давлении в сепараторе. Однако незначительное количество газа будет содержаться в ней. Поэтому объем данной секции выбирают с учетом того, что в течении времени, необходимого для отделения пузырьков газа от нефти и вторичного попадания в газовый поток, он позволил удерживать отсепарированную жидкость.

**Секция каплеулавливания.** Служит для устранения из уходящего потока газа частиц жидкости. Секция состоит обычно из отбойных насадок различного вида, из которых наибольшее применение получили сетчатые и лопастные капле отбойники.

Кроме описанных секций в конструкциях сепараторов должны присутствовать элементы пеногашения и антизафихрения.[4]

### **Трехфазная сепарация**

Трехфазный сепаратор позволяет разделять три несмешивающиеся фазы(газ/нефть/вода) на составляющие компоненты

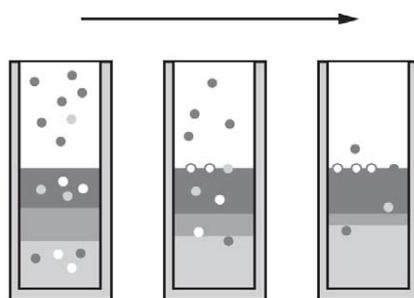


Рисунок 1 –Искусственная модель трехфазной сепарации

Различие трехфазной сепарации и двухфазной заключается в образовании зоны, состоящей из очень маленьких частиц одной фазы, диспергированной в другой фазе, между слоями нефти и воды (Цилиндр 1). Дисперсная зона нестабильна, происходит постепенный переход диспергированных частиц жидкости в непрерывную фазу (Цилиндр 2). В конечном счете, происходит полное разделение фаз в системе нефть-вода (Цилиндр 3). Пузырьки газа также находятся в водной фазе и поднимаются вверх. Газ должен преодолеть зону воды, дисперсную зону, зону и слой нефти.

Вследствие чего, в трехфазной сепарации одновременно протекают сразу 4 процесса:

- Пузырьки газа преодолевают фазу воды и нефти
- Капли воды осаждаются в слое нефти
- Капли нефти поднимаются в слое воды
- В дисперсной зоне происходит процесс коалесценции, постепенный переход диспергированных капелек жидкости в непрерывную фазу.

На Рисунке 2 изображены устройства и особенности трехфазного сепаратора, показано, что при входе смеси происходит разделение на газовую и дисперсную фазы, постепенно дисперсная фаза размывается.[4]

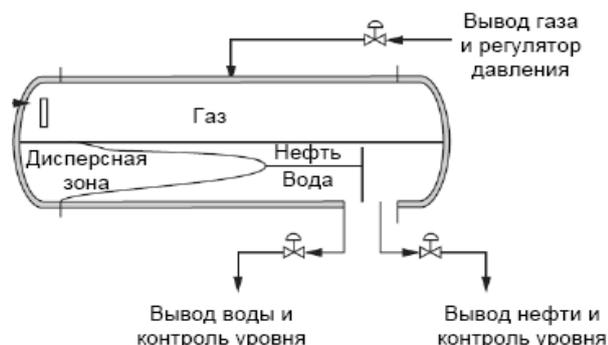


Рисунок 2 – Принцип работы трехфазного сепаратора

## Описание технологической схемы

Поток сырья из коллектора после узлов учета нефти направляется в трехфазные сепараторы ТФС-1, ТФС-2.

С целью повышения эффективности обезвоживания, перед входом в сепараторы ТФС-1, ТФС-2 в трубопровод вводят деэмульгатор.

Попутный газ с ТФС-1, пройдя через газовый сепаратор ГС, делится на три потока:

1. Сжигается на факеле высокого или низкого давления;
2. Используется на собственные нужды;
3. Отправляется внешним потребителям.

Подтоварная вода из ТФС-1 и ТФС-2 выводится на очистные сооружения под собственным давлением.

Из ТФС-1 нефть поступает в подогреватель нефти. Печь подогревает нефть до температуры 40- 50 °С за счет сжигания попутного газа. После печи поток направляется в ТФС-2 для сброса пластовой воды и стабилизации нефти, газ же отправляется на факел.

Далее нефтяная эмульсия смешивается с пресной водой и поступает в отстойник для обессоливания и последовательного обезвоживания.

После отстойника нефть, обезвоженная на 95.5 %, вводится на концевую сепарационную установку КСУ, где происходит полноэразгазирование нефти.

Из КСУ нефть перетекает в товарный резервуар (РВС) и далее откачивается в нефтепровод.

### 3. Расчет нефтегазового сепаратора со бросом воды

#### 3.1. Технологически расчет

##### Исходные данные

$\Gamma_0 := 80$	$\frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$	Газовый фактор
$Q_H := 0.01389$	$\frac{\text{м}^3}{\text{с}}$	Производительность по нефти
$w := 22$	%	Обводненность
$P := 1 \cdot 10^5$	Па	Давление в сепараторе
$t := 293$	К	Температура эмульсии
$R_{\text{ww}} := 8.31$	Дж/моль*к	Универсальная газовая постоянная
$\rho_H := 810 \cdot 10^3$	$\frac{\text{г}}{\text{м}^3}$	Плотность нефти
$\rho_B := 1000 \cdot 10^3$	$\frac{\text{г}}{\text{м}^3}$	Плотность воды
$\rho_G := 1.8 \cdot 10^3$	$\frac{\text{г}}{\text{м}^3}$	Плотность газа однократного разгазирования нефти
$g := 9.8$	$\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$	Ускорение свободного падения
$r := 500 \cdot 10^{-6}$	м	Радиус капли воды
$\mu_B := 1$		Вязкость воды
$\mu := 10$		Вязкость нефти

Расчет проводим согласованно с[1]

##### 3.1.1 Материальный баланс

Сепарация по своей физической сущности является сочетанием физических и массообменных процессов, протекающих между газовой и жидкой фазами, содержащими большое количество компонентов, т.е. является сложным многокомпонентным процессом.[3]

$$Q_{\text{сырья}} = Q_{\text{нефти}} + Q_{\text{воды}} + Q_{\text{газа}}$$

Найдем расход газа

Суммарное количество газа(свободного и растворенного), определяется по формуле.[4]

$$Q_{\text{газа}} := Q_{\text{н}} \cdot \Gamma_0 \cdot \left(1 - \frac{w}{100}\right)$$

$$Q_{\text{газа}} = 0.867 \quad \text{м}^3/\text{с}$$

Рассчитаем  $Q_{\text{воды}}$ [3]

$$Q_{\text{в}} := \frac{(Q_{\text{н}} - Q_{\text{газа}})}{100} \cdot w$$

$$Q_{\text{в}} = 3.056 \times 10^{-3} \quad \frac{\text{м}^3}{\text{сутки}}$$

$$Q_{\text{сырья}} := Q_{\text{газа}} + Q_{\text{в}} + Q_{\text{н}}$$

$$Q_{\text{сырья}} = 0.884 \quad \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

### 3.1.2 Аппаратурный расчет

Основной целью технологического расчета является определение диаметра и высоты сепаратора.

Производительность сепаратора по газу для сепаратора, определяется максимальной скоростью газа, при которой капли нефти успеют осесть в газовой среде. Данную скорость можно вычислить на основании уравнения Саудер-Брауна.[1]

Обычно значение коэффициента уравнения Саудер-Брауна при горизонтальной ориентации сепаратора и наличии лопастного каплеотбойника принимаем равным:

$K = 0.12$  - константа

$$U_{\text{max}} := \sqrt{\frac{(\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{г}})}{\rho_{\text{г}}}} \cdot 0.12 = 2.543$$

Рассчитаем минимальную площадь сечения, необходимую для газовой фазы.[3]

$$A_{\text{г}} := \frac{Q_{\text{газа}}}{U_{\text{max}}}$$

$$A_{\text{г}} = 0.341 \quad \text{м}^2$$

Вычислим скорость осаждения капли воды в слое нефти[4]

$\mu_{\text{эф}}$  - эффективная вязкость среды.

$$\mu_{\text{эф}} := \frac{\mu \cdot (2\mu + 3\mu_{\text{в}})}{3 \cdot (\mu + \mu_{\text{в}})}$$

$$\mu_{\text{эф}} = 6.97$$

Скорость осаждения капли воды

$$U_{\text{с}} := \frac{g \cdot r^2 \cdot (\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{н}})}{18 \cdot \mu_{\text{эф}}}$$

$$U_{\text{с}} = 3.711 \times 10^{-3} \quad \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Данное уравнение обычно используется для расчета максимальной осевой скорости потока, при этом обычно принимается, что данная скорость равна скорости осаждения/всплытия капли, умноженной на 15[4]

$$U_{\text{ах}} := U_{\text{с}} \cdot 15 = 0.056$$

Расчитаем минимальную площадь сечения сепаратора, необходимую для разделения нефтяной и водной фаз

$$A_{\text{н}} := \frac{Q_{\text{н}}}{U_{\text{ах}}}$$

$$A_{\text{н}} = 0.25 \quad \text{м}^2$$

$$A_{\text{в}} := \frac{Q_{\text{в}}}{U_{\text{ах}}}$$

$$A_{\text{в}} = 0.055 \quad \text{м}^2$$

$$A_{\text{сеп}} := A_{\text{в}} + A_{\text{н}} + A_{\text{г}} = 0.645 \quad \text{м}^2$$

### **Минимальный диаметр сепаратора**

$$D := \sqrt{4 \cdot \frac{A_{\text{сеп}}}{\pi}}$$

$$D = 0.906 \quad \text{м}$$

Отношение длины сепаратора к диаметру называется коэффициентом стройности сепаратора данное соотношение обычно остается примерно постоянным и равно  $s=4.5$

### **Минимальная длина сепаратора**

$$L := D \cdot 4.5 = 4.079 \quad \text{м}$$

## Объем сепаратора

$$V := A_{\text{сеп}} \cdot L = 2.632 \quad \text{м}^3$$

В связи со сложностью и дороговизной изготовления аппарата по индивидуальному заказу, выберем стандартный сепаратор нефтегазовый со сбросом воды НГСВ-1,0-2000[3]

Длина сепаратора 10 104 м

Диаметр сепаратора 2000 м

Объем сепаратора 25 м<sup>3</sup>

### 3.2. Конструктивный расчет

Проводим расчет согласно[2]

Определяем диаметр патрубка для входа нефтегазовой смеси, выхода нефти и воды:

Принимаем скорость жидкости в аппарате: [2, табл. 1.1]

$$\omega_{\text{ж}} := 1 \quad \text{м/с}$$

минимальный патрубок входа сырья

$$d_{\text{вх}} := \sqrt{\frac{4 \cdot (Q_{\text{в}} + Q_{\text{н}})}{\pi \cdot \omega_{\text{ж}}}} = 0.147$$

Принимаем стандартный патрубок входа сырья

$$D_{\text{вх}}_{\text{сырь}} := 400 \quad \text{мм}$$

минимальный патрубок выхода воды

$$d_{\text{в}} := \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{в}}}{\pi \cdot \omega_{\text{ж}}}} = 0.062$$

Принимаем стандартный патрубок для выхода воды

$$D_{\text{вых}}_{\text{в}} := 150 \quad \text{мм}$$

минимальный патрубок выхода нефти

$$d_{\text{н}} := \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{н}}}{\pi \cdot \omega_{\text{ж}}}} = 0.133$$

Принимаем стандартный патрубок для выхода нефти

$$D_{\text{вых}}_{\text{н}} := 150 \quad \text{мм}$$

Принимаем скорость газа в аппарате: [2, табл. 1.1]

$$\omega_{\text{г}} := 25 \quad \text{м/с}$$

$$d_{\Gamma} := \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{газа}}}{\pi \cdot \omega_{\Gamma}}} = 0.21$$

Принимаем стандартный патрубок для выхода газа

$$D_{\text{вых}_{\Gamma}} := 200 \quad \text{мм}$$

Люк-лаз принимаем диаметром

$$D_{\text{люк}} := 600 \quad \text{мм}$$

### 3.3. Механический расчет

#### Исходные данные

$\underline{P} := 1$	Мпа	Внутреннее давление
$\underline{\Pi} := 0.05$	мм/год	Скорость коррозии
$\underline{t_{\text{в}}} := 20$	лет	Срок эксплуатации
$\underline{t} := 30$	С <sup>о</sup>	Рабочая температура
$\underline{D} := 2000$	мм	Внутренний диаметр аппарата
$\underline{V} := 25$	м <sup>2</sup>	Объем аппарата
$d_1 := 400$	мм	диаметр патрубка входа нефтегазовой смеси
$d_2 := 150$	мм	Диаметр патрубка вывода нефти
$d_3 := 150$	мм	Диаметр патрубка вывода воды
$d_4 := 200$	мм	Диаметр патрубка вывода газа
$x_{\text{ш}} := 500$	мм	Расстояние от центра укрепления отверстия до оси
$\gamma := 0$		Угол между осью наклонного штуцера и нормалью к поверхности обечайки исходя из конструктивных соображений

## Выбор конструкционного материала для элемента аппарата

Выбор марка стали долже отвечать следующим требованиям:

- морозостойкости;
- высокая механическая прочность при заданных рабочих давлений
- коррозионностойкости в зависимости от среды;
- дешевизна;
- время эксплуатации ( $Z=20$  лет).

Материал обечайки и днищ выберем сталь 09Г2С (ГОСТ 552-62). Данная сталь характеризуется высокой коррозионной стойкостью. При работе элементов химической аппаратуры в условиях любых отрицательных температур за расчетную температуру принимают 20 °С.

В соответствии с рекомендацией о не целесообразности изготовления контактирующих с электролитами (конденсирующийся водяной пар, кислород воздуха, дождевая вода) частей аппаратов из разных марок стали, обуславливающих возникновение разности потенциалов и увеличивающих годовую скорость коррозии, изготавливаем фланцы, патрубки и корпус из одинаковой марки стали.

### 3.3.1. Определение расчетных параметров

#### Определение допускаемых напряжений при расчетной температуре, МПа

Допускаемое напряжение для стали 09Г2С, определим согласно ГОСТ Р 52857.1-2007

$$t_p := \max(t, 20)$$

$$t_p = 30$$

В рабочем состоянии

$$t := \begin{pmatrix} 20 \\ 100 \end{pmatrix} \quad \sigma := \begin{pmatrix} 183 \\ 160 \end{pmatrix}$$

$$\sigma := \text{Floor}(\text{interp}(t, \sigma, t_p), 0.5)$$

$$\sigma = 180 \quad \text{МПа}$$

$\eta := 0.9$  коэффициент для взрывоопасных и пожароопасных сред

$$\sigma_d := \sigma \cdot \eta = 162 \quad \text{Мпа}$$

Согласно "Правилам устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением" ПБ 03-576-03 необходимо подвергнуть обечайку гидравлическому испытанию на прочность и плотность пробным давлением.

**Допускаемое напряжение для стали 09Г2С при гидравлических испытаниях, МПа**

Расчетное значение предела текучести при 20 °С для стали 09Г2С примем согласно установленному нормативу ГОСТ Р 52857.1-2007 таблицей Б.7.

$$R_{e20} := 280 \quad \text{МПа}$$

$$\sigma_{\text{И}} := \text{Floor}\left(\frac{R_{e20}}{1.1}, 0.5\right)$$

$$\sigma_{\text{И}} = 254.5 \quad \text{МПа}$$

Т.к. обечайка будет изготовлена не литьем, а сваркой отдельных деталей то гидравлическое испытание должно проводиться при пробном давлении при гидравлическом испытании, МПа .

В соответствии с рекомендацией ГОСТ Р 52857.1-2007 Таблица А.1, примем:

Допускаемое напряжение для стали 09Г2С при  $t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$\sigma_{20} := 183 \quad \text{МПа}$$

$$\sigma_{\text{д}20} := \eta \cdot \sigma_{20}$$

$$\sigma_{\text{д}20} = 164.7 \quad \text{МПа}$$

$\sigma_{\text{д}} = 162 \quad \text{МПа}$ , Тогда пробное давление при гидравлических испытаниях внутри аппарата:

$$P_{\text{пр}} := 1.25 \cdot P \cdot \frac{\sigma_{20}}{\sigma_{\text{д}}}$$

$$P_{\text{пр}} = 1.412 \quad \text{МПа}$$

где,  $\sigma_{20}$  и  $\sigma_{\text{д}}$  - допускаемые напряжения для материала сосуда или его элементов соответственно при 20 °С и расчетной температуре, МПа .

$P$  - расчетное давление сосуда, МПа.

Примем расчетное давление сосуда равным рабочему давлению.

Тогда :  $P = 1$  Мпа

Коэффициент прочности продольных сварочных швов обечайки определяем при условии, что стыковые швы выполняются автоматической сваркой с двусторонним сплошным проваром при длине контролируемых швов 100%, по таблицы Д.1. ГОСТ Р 52857.1, в соответствии с рекомендацией:

$$\phi_p := 1$$

### **Прибавки к расчетным толщинам конструктивных элементов**

В соответствии с исполнительную толщину стенки цилиндрического элемента обечайки, рассчитаем в соответствии с формулой:

$$s \geq s_p + c$$

где,  $s_p$  – расчетная толщина стенки элемента сосуда.

Прибавку к расчетным толщинам вычисляем по формуле, мм:

$$c = c_1 + c_2 + c_3$$

где,  $c_1$  – поправка коррозии;

$c_2$  – поправка минусовое отклонение;

$c_3$  – поправка на утонение стенки элемента сосуда при технических операциях.

Прибавки к расчетной толщине стенки, мм :

$$c_K := P \cdot T \cdot V$$

$$c_K = 1$$

$$c_3 := 0$$

$$c_1 := c_K + c_3$$

$$c_2 := 0.7$$

$$c_3 := 0.5$$

$$c := c_1 + c_2 + c_3$$

$$c = 2.2 \text{ мм}$$

### 3.3.2. Расчет толщины стенки под действием внутреннего давления

Расчет толщины стенки цилиндрическая обечайка согласно [5,12,6]

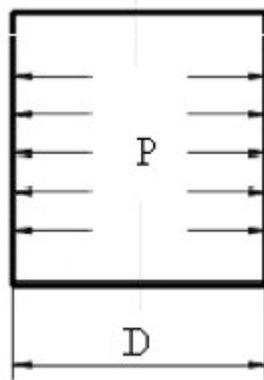


Рисунок 3 Расчетная схема цилиндрической обечайки

Определяем толщину стенки цилиндрической обечайки из условия прочности мм:

$$s_p := \max \left( \left( \frac{P \cdot D}{2 \cdot \sigma_d \cdot \phi_p \cdot P} \right), \left( \frac{P_{пр} \cdot D}{2 \cdot \sigma_{и} \cdot \phi_p - P_{пр}} \right) \right)$$

$$s_p = 6.173 \quad \text{мм}$$

$$S_1 := \text{Ceil}[s_p + (c), 1]$$

$$S_1 = 9 \quad \text{мм}$$

Проверка условия применения формул для обечаек при  $D > 200$  мм

$$\text{Prov}_1 := \begin{cases} \text{"условие применения формул выполняется"} & \text{if } \frac{S_1 - (c)}{D} \leq 0.1 \\ \text{"условие применения формул НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\boxed{\text{Prov}_1 = \text{"условие применения формул выполняется"}}$$

примем по рекомендации толщину стенки

$$S_1 := 10 \quad \text{мм} \quad [3]$$

### Расчет допускаемого внутреннего избыточного давления на цилиндрическую обечайку, МПа

В рабочих условиях, допускаемое внутреннее избыточное давление на цилиндрическую обечайку, МПа:

$$P_{\text{д}}(S_1) := \frac{[2 \cdot \sigma_{\text{д}} \cdot \phi_p \cdot [S_1 - (c)]]}{D + [S_1 - (c)]}$$

МПа

$$P_{\text{д}}(S_1) = 1.259$$

Условия испытаний, МПа

$$P'_{\text{д}}(S_1) := \frac{2 \cdot \sigma_{\text{н}} \cdot \phi_p \cdot [S_1 - (c)]}{D + [S_1 - (c)]}$$

МПа

$$P'_{\text{д}}(S_1) = 1.977$$

### 3.3.3. Расчет толщины стенки эллиптической крышки аппарата типа ВЭЭ.

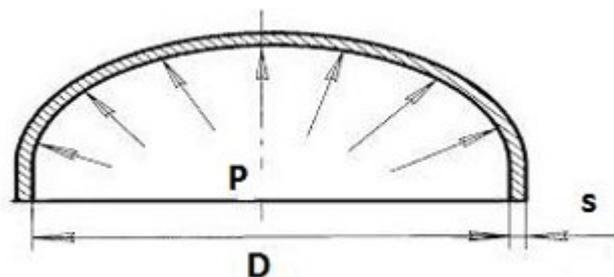


Рисунок 4 Расчетная схема эллиптической крышки

Высота эллиптических частей должна быть найдена из допуска в ГОСТ Р 52857.2-2007

$$0.2 < \frac{h}{D} < 0.5$$

В соответствии с рекомендациями ГОСТ 6533-78:

где h это высота эллиптической крышки, мм

$$h := 0.25 \cdot D$$

В соответствии с таблицей 1., ГОСТ6533-78 выберем из стандартных значений высоту эллиптической части обечайки,

$$h = 500 \text{ мм}$$

Тогда радиус кривизны в вершине крышки и днища R рассчитывается по формуле :

$$R := \frac{D^2}{4 \cdot h}$$

Расчитаем исполнительную толщину стенки из условия прочности:

$$S_{\text{Э.К}} := \max \left( \left( \frac{P \cdot D}{2 \cdot \sigma_{\text{Д}} \cdot \phi_{\text{р}} - 0.5P} \right), \left( \frac{P_{\text{пр}} \cdot D}{2 \cdot \sigma_{\text{И}} \cdot \phi_{\text{р}} - 0.5P_{\text{пр}}} \right) \right)$$

$$S_{\text{Э.К}} = 6.182 \quad \text{мм}$$

Исполнительная толщина стенки с учетом прибавки к расчетным толщинам, в соответствии с ГОСТ Р 52857.2-2007 :

$$S_{\text{Э.К}} := \text{Ceil}[S_{\text{Э.К}} + (c), 1]$$

$$S_{\text{Э.К}} = 9 \quad \text{мм}$$

**Определим допускаемое давление**

**В рабочем состоянии**

$$P_{\text{р.Д}} := \frac{2 \cdot \sigma_{\text{Д}} \cdot \phi_{\text{р}} \cdot [S_{\text{Э.К}} - (c)]}{D + 0.5[S_{\text{Э.К}} - (c)]}$$

$$P_{\text{р.Д}} = 1.1 \quad \text{Мпа}$$

**В условиях испытаний:**

$$P_{\text{р.И}} := \frac{2 \cdot \sigma_{\text{И}} \cdot \phi_{\text{р}} \cdot [S_{\text{Э.К}} - (c)]}{D + 0.5[S_{\text{Э.К}} - (c)]}$$

$$P_{\text{р.И}} = 1.728 \quad \text{Мпа}$$

Условие прочности выполняется т.к.

$$P < P_{\text{р.Д}}$$

$$\text{Prov}_2 := \begin{cases} \text{"условие применения формул выполняется"} & \text{if } \frac{S_{\text{Э.К}} - (c)}{D} \leq 0.1 \\ \text{"условие применения формул НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Prov\_2 = "условие применения формул выполняется"

Условное обозначение днища с диаметром  $D = 2000$  мм, толщиной стенки  $s = 10$  мм и  $h_b = 500$  мм из стали марки 09Г2С: выбираем из [7]  
«Днище 2000-10-500—09Г2С ГОСТ 6533-68»

### **3.3.4. Подбор штуцеров и укрепление отверстий**

#### **Расчет допускаемого напряжения для материала штуцеров в соответствии с [9]**

Допускаемое напряжение для материала накладного кольца при расчетной температуре

$$\sigma_{d1} := \sigma_D$$

Допускаемое напряжение для материала внешней части штуцера при расчетной температуре

$$\sigma_{d2} := \sigma_D$$

Допускаемое напряжение для материала внутренней части штуцера при расчетной температуре

$$\sigma_{d3} := \sigma_D$$

#### **Расчет укрепления отверстия при внутреннем давлении**

В соответствии с формулой ГОСТ 52857.3-2007 расчетные диаметры укрепляемых элементов, для эллиптических днищ и цилиндрической обечайки:

где,  $H_{\text{вн}} := 0.25 \cdot D = 500$  мм

Для цилиндрической обечайки

$$D_{p1} := D$$

$D_{p1} = 2 \times 10^3$  мм - для штуцеров  
на обечайке;

для эллиптической крышки

$$D_{p2} := 2 \cdot D \cdot \sqrt{1 - 3 \cdot \left( \frac{XIII}{D} \right)^2}$$

$$D_{p2} = 3.606 \times 10^3 \quad \text{мм - для штуцера на эллипсе;}$$

Расчетный диаметр одиночного отверстия не требующего укрепления:

$$d_{01} := 2 \cdot \left[ \left[ \frac{S_1 - (c)}{s_p} \right] - 0.8 \right] \cdot \sqrt{D_{p1} \cdot [S_1 - (c)]}$$

$$d_{01} = 115.807 \quad \text{мм}$$

$$d_{02} := 2 \cdot \left[ \left[ \frac{(S_{\text{Э.к}}) - (c)}{s_p} \right] - 0.8 \right] \cdot \sqrt{D_{p2} \cdot [(S_{\text{Э.к}}) - (c)]}$$

$$d_{02} = 94.45 \quad \text{мм}$$

**Условие выполнения одиночного отверстия на цилиндрической обечайке.**

$$b := 250 \quad \text{мм} \quad \text{минимальное допустимое расстояние между штуцерами}$$

$$\text{Prov\_3} := \begin{cases} \text{"условие применения формул выполняется"} & \text{if } b > 2 \cdot \sqrt{D_{p1} \cdot (S_1 - c)} \\ \text{"условие применения формул НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\boxed{\text{Prov\_3} = \text{"условие применения формул выполняется"}}$$

Нет штуцеров требующих взаимного укрепления

Расчетная толщина стенки штуцера в соответствии с ГОСТ 52857.3-2007, мм:

$$s_{p1} := \frac{P_{\text{пр}} \cdot (d_1 + 2 \cdot c)}{2 \cdot (\sigma_d) \cdot \phi_p - P_{\text{пр}}}$$

$$s_{p1} = 1.77 \quad \text{мм}$$

$$s_c := s_{p1} + c$$

$$s_c = 3.97 \quad \text{мм}$$

**Расчетные диаметры отверстия :**

Для цилиндрических и эллиптических обечаек в случае, когда ось штуцера лежит в плоскости нормального сечения обечайки и для всех отверстий в сферических и торосферических днищах расчетный диаметр определяют по формуле 12, ГОСТ 52857.3-2007 :

$$d_{p1} := \frac{d1 + 2 \cdot c}{\cos(\gamma)^2}$$

$$d_{p1} = 404.4 \text{ мм}$$

Округляем значение

$$d_{p11} := 405 \text{ мм}$$

Проверка условий применения формул для расчета укрепления отверстий

$$\text{пров1} := \begin{cases} \text{"Отношение диаметров НЕ выполняется"} & \text{if } \left( \frac{d_{p11} - 2 \cdot c}{D} > 0.6 \right) \\ \text{"Отношение толщины к диаметру НЕ выполняется"} & \text{if } \left( \frac{s_c - c}{D} > 0.1 \right) \\ \text{"Условия применения формул выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\boxed{\text{пров1} = \text{"Условия применения формул выполняются"}}$$

**Проверка условий ненужности дальнейшего расчета укреплений отверстий:**

$$\text{пров3} := \begin{cases} \text{"НЕ требуется укрепление отверстий"} & \text{if } d_{02} \geq d_{p11} \\ \text{"требуется укрепление отверстий"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\boxed{\text{пров3} = \text{"требуется укрепление отверстий"}}$$

**Расчет укрепления отверстия**

Расчет площади накладного кольца:

$$s_2 := 0.5S_1 \quad \begin{array}{l} \text{согласно ГОСТ 52857.3-2007 толщина накладного} \\ \text{кольца принимается равной или больше} \\ \text{половине толщины оболочки} \end{array}$$

Ширина зоны укрепления в переходах и днищах вычисляются по формуле

$$l_p := \sqrt{D_{p2} \cdot (S_1 - c)}$$

$$l_p = 167.7 \text{ мм}$$

Расчет укрепления отверстия с помощью накладного кольца определяется в соответствии с ГОСТ 52857.3-2007.

Расчет внешней части  
штуцера, мм:

$$l_{1p} := 1.25 \sqrt{(d_1 + 2 \cdot c) \cdot (2 \cdot s_c - c)} = 60.226$$

примем

$$l_{1p} := 117 \text{ мм}$$

Расчет внутренней части штуцера, мм:

$$l_{3p} := 0.5 \sqrt{(d_1 + 2 \cdot c) \cdot (s_c - 2c)} = 6.592i$$

примем

$$l_{3p} := 28 \text{ мм}$$

Расчет ширины накладного кольца, мм:

$$l_{2p} := \sqrt{D_{p2} \cdot S_1 + s_2 - c} = 189.89$$

примем

$$l_{2p} := 190 \text{ мм}$$

Отношения допускаемых напряжений в соответствии с ГОСТ  
52857.3-2007:

Так как штуцер и накладное кольцо изготовлены из одинаковой марки стали  
09Г2С то отношения их напряжений равны 1:

$$\chi_1 := 1$$

$$\chi_2 := 1$$

$$\chi_3 := 1$$

$$A := l_{2p} \cdot s_2$$

$$A = 950 \text{ мм}^2$$

**Проверка условий укрепления одиночного отверстия:**

$$A_0 := \frac{1}{\chi_2} \cdot \left[ 0.5 \cdot (d_{p11} - d_{02}) \cdot s_p \dots \right. \\ \left. + -l_p \cdot (S_1 - s_p - c) - l_{1p} \cdot (s_c - s_{p1} - c) \cdot \chi_1 - l_{3p} \cdot (s_c - c - c_{ш}) \cdot \chi_3 \right]$$

$$\text{пров4} := \begin{cases} \text{"Отверстие укреплено"} & \text{if } A \geq A_0 \\ \text{"требуется дополнительное укрепление отверстий"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\boxed{\text{пров4} = \text{"Отверстие укреплено"}}$$

Принимаем штуцера по[8]  
 Труба 426x12-09Г2С  
 Толщина стенки штуцера 12 мм  
 Труба 219x8-09Г2С  
 Толщина стенки штуцера 8 мм  
 Труба 161x6-09Г2С  
 Толщина стенки штуцера 6 мм  
 Труба 110x6-09Г2С  
 Толщина стенки штуцера 6 мм  
 Труба 59x4-09Г2С  
 Толщина стенки штуцера 4 мм

Были посчитаны все отверстия на цилиндрической обечайке. Для отверстий требующих укрепления: Ширина накладного кольца 142 мм, толщина 5 мм.

### 3.5. Расчет фланцевого соединения

Расчет фланцевого соединения проводим согласно[12,11]

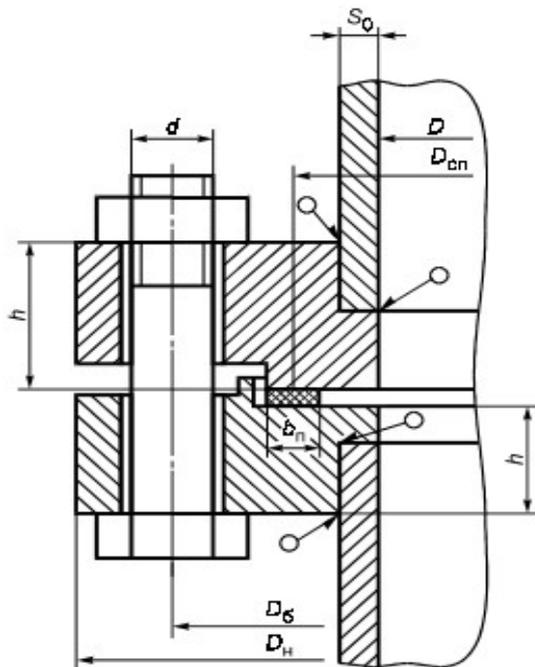


Рисунок 5 расчетная схема фланца

Материал обечаек и фланцев - сталь 09Г2С  
 Материал болтов - сталь 40Х[11]  
 Материал прокладки - паронит [12]  
 Фланцы плоские т.к. давление 1 мпа  
 Выбраны фланцы с уплотнительной поверхностью выступ впадина, т.к. среда агрессивная, токсичная, взрыво и огнеопасная

Пусть  $bs=1$  если расчет ведем для болтов, и  $bs=2$  если для шпилек

$bs := 1$

$D := 400$	мм	Диаметр прохода	
$D_H := 565$	мм	Диаметр фланца наружный	[8]
$D_6 := 515$	мм	Диаметр болтовых отверстий	[8]
$h := 26$	мм	Толщина фланца	[8]
$d := 26$	мм	Диаметр болтов	[8]
$D_{СП} := 474$	мм	Диаметр прокладки	[8]
Болты	М26		
$n := 16$		Количество болтов	[8]
$t := 30$	°C	Рабочая температура	
$P := 1$	МПа	Расчетное давление	
$h_{II} := 2$	мм	Толщина прокладки	
$b_{II} := 12$	мм	Ширина прокладки	[8]
$S_0 := 12$	мм	Толщина втулки фланца вместе присоединения к тарелке	
$c_0 := 1$	мм	прибавка на коррозию	

### Определение расчетных параметров

Расчетные температуры

Расчетная температура неизолированных плоских фланцев

$$t_{\Phi} := 0.96t$$

$$t_{\Phi} := 0.96t$$

$$t_{\Phi} = 28.8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Расчетная температура болтов

$$t_6 := 0.85 \cdot t \quad t_6 = 25.5$$

Предел прочности при заданной температуре равен:

$$t := \begin{pmatrix} 20 \\ 100 \end{pmatrix} \quad \sigma := \begin{pmatrix} 230 \\ 230 \end{pmatrix}$$

$$\sigma_{д.б} := \text{Floor}(\text{linterp}(t, \sigma, t_6), 0.5)$$

$$\sigma_{д.б} = 230 \text{ МПа}$$

Модуль упругости для болтов при рабочей температуре

$$t := \begin{pmatrix} 20 \\ 100 \end{pmatrix} \quad E := \begin{pmatrix} 2.15 \cdot 10^5 \\ 2.08 \cdot 10^5 \end{pmatrix}$$

$$E_{\sigma} := \text{Floor}(\text{linterp}(t, E, t_{\phi}), 0.01)$$

$$E_{\sigma} = 2.142 \times 10^5 \quad \text{МПа}$$

Допускаемое напряжение для болтов при  $t=20^{\circ}\text{C}$

$$\sigma_{20.6} := 230 \quad \text{МПа}$$

Модуль упругости для болтов при температуре испытания

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

Коэффициент линейного расширения стали 40Х при  $t=20-200^{\circ}\text{C}$

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

Поскольку фланцы изготавливаются из того же материала что и обечайка, то расчетные значения примем такими же как и для материала обечайки.

$$\sigma_{\text{дв}} := 148.95 \quad \text{МПа} \quad \text{допускаемое напряжение для стали 09Г2С}$$

$$\sigma_{\text{дв}20} := 183 \quad \text{МПа} \quad \text{допускаемое напряжение для стали 09Г2С при } 20^{\circ}\text{C}$$

$$E_{20} := 1.99 \cdot 10^5 \quad \text{МПа} \quad \text{Модуль упругости для стали 09Г2С при } 20^{\circ}\text{C}$$

$$E := 1.926 \cdot 10^5 \quad \text{МПа} \quad \text{Модуль упругости для стали 09Г2С при рабочей температуре}$$

$$\alpha_{\phi} := 11 \cdot 10^{-6} \quad \frac{1}{\text{К}} \quad \text{коэффициент линейного расширения для стали 09Г2С при } t=20-200^{\circ}\text{C}$$

Подходящая толщина прокладки из условия прочности 2мм

Эффективная ширина плоской прокладки,  
 $b_0$

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

$$b_0 = 12$$

Характеристики прокладки по таблице И.1  
ГОСТ 52857.4-22007

$m := 2.5$  прокладочный коэффициент

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

$q_d := 130$  МПа Допускаемое удельное давление

$K_{обж} := 1$  Коэффициент обжатия

$E_{II} := 2000$  МПа Условный модуль сжатия прокладки

Усилие,необходимое для смятия прокладки при затяжке,

$$P_{обж} := 0.5 \cdot \pi \cdot D_{сII} \cdot b_0 \cdot m \cdot |P|$$

$$P_{обж} = 2.234 \times 10^4 \quad \text{Н}$$

Усилие на прокладке в рабочих условиях, необходимое для обеспечения герметичности фланцевого соединения,

$$R_{II} := \begin{cases} (\pi \cdot D_{сII} \cdot b_0 \cdot m \cdot P) & \text{if } P \geq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$R_{II} = 4.467 \times 10^4 \quad \text{Н}$$

**Усилия в болтах фланцевого соединения при затяжке и в рабочих условиях**

Площадь поперечного сечений болтов(шпилек) по таблице[11]

$$f_b := 430 \text{ мм}^2$$

Суммарная площадь сечения болтов(шпилек) по внутреннему диаметру резьбы или нагруженному сечению наименьшего диаметра

$$A_b := n \cdot f_b$$

$$A_b = 6.88 \times 10^3 \text{ мм}^2$$

Равнодействующая нагрузка от давления

$$Q_d := \frac{\pi \cdot D_{сII}^2 \cdot P}{4}$$

$$Q_D = 1.765 \times 10^5 \text{ Н}$$

Приведенная нагрузка, вызванная воздействием внешней силы и изгибающего момента,

$M := 0$  Внешний изгибающий момент примем равным нулю, исходя из условий

$Q_{FM} := 0$  Приведенная нагрузка, вызванная внешней осевой силой или моментом

### Податливость прокладки

$$y_{II} := \frac{h_{II} \cdot K_{обж}}{E_{II} \cdot \pi \cdot D_{сII} \cdot b_{II}}$$

$$y_{II} = 5.596 \times 10^{-8} \frac{\text{мм}}{\text{Н}}$$

Длина болта

$$L_{\sigma 0} := 80$$

$$L_{\sigma} := \begin{cases} (L_{\sigma 0} + 0.28 \cdot d) & \text{if } bs = 1 \\ (L_{\sigma 0} + 0.56 \cdot d) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$L_{\sigma} = 87.28 \text{ мм}$$

Податливость болтов

$$y_{\sigma} := \frac{L_{\sigma}}{E_{20\sigma} \cdot A_{\sigma}}$$
$$y_{\sigma} = 5.819 \times 10^{-8} \frac{\text{мм}}{\text{Н}}$$

### Расчетные параметры фланцев:

параметр длины обечайки

$$l_0 := \sqrt{D \cdot S_0}$$

$$l_0 = 69.282 \text{ мм}$$

Отношение наружного диаметра тарелки фланца к внутреннему диаметру

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

$$K = 1.413$$

Коэффициенты, зависящие от соотношения размеров тарелки фланца

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

$$\beta_T = 1.747$$

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

$$\beta_U = 6.365$$

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

$$\beta_Y = 5.843$$

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

$$\beta_Z = 3.01$$

Коэффициенты для фланцевых соединений с приварными встык фланцами с прямой втулкой, плоскими фланцами и свободными фланцами [11]

$$\beta_F := 0.91$$

$$\beta_V := 0.55$$

$$f := 1$$

Коэффициент  $\lambda$

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

$$\lambda = 0.92$$

**Угловая податливость фланцев:**

Угловая податливость фланца при затяжке

$$Y_{\phi} := \frac{0.91 \cdot \beta_V}{\lambda \cdot I_0 \cdot S_0^2 \cdot E_{20}}$$

$$Y_{\phi} = 2.74 \times 10^{-10} \quad \frac{\text{мм}}{\text{Н}}$$

Угловая податливость фланца, нагруженного внешним изгибающим моментом,

$$Y_{\phi_H} := \left(\frac{\pi}{4}\right)^3 \cdot \frac{D_{\phi}}{E_{20} \cdot h^3 \cdot D_H}$$

$$Y_{\phi_H} = 1.263 \times 10^{-10}$$

Коэффициент, учитывающий изгиб тарелки фланца между шпильками(болтами),

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

Плечо действия усилий в болтах (шпильках) для приварных встык и плоских фланцев

$$b_{\text{ww}} := 0.5 \cdot (D_{\phi} - D_{\text{СП}})$$

$$b = 20.5 \quad \text{мм}$$

Плечо усилия от действия давления на фланец для всех типов фланцев

$$e_{\text{ww}} := 0.5 \cdot (D_{\text{СП}} - D - S_0)$$

$$e = 31 \quad \text{мм}$$

Эквивалентная толщина плоских фланцев

$$S_{\phi} := S_0$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения для приварных встык и плоских фланцев

$$\gamma := \frac{1}{y_{\Pi} + y_{\zeta} \cdot \frac{E_{20\zeta}}{E_{\zeta}} + 2 \cdot b^2 \cdot y_{\phi} \cdot \frac{E_{20}}{E}}$$

$$\gamma = 2.832 \times 10^6$$

35

Коэффициент жесткости фланцевого соединения, нагруженного внутренним давлением или внешней осевой силой для приварных встык и плоских фланцев с плоскими прокладками

$$\alpha := 1 - \frac{y_{\Pi} - 2e \cdot y_{\phi} \cdot b}{y_{\Pi} + y_{\zeta} + 2 \cdot b^2 \cdot y_{\phi}}$$

$$\alpha = 1.849$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения, нагруженного внешним изгибающим моментом

$$\alpha_M := \frac{y_{\zeta} + 2 \cdot y_{\phi H} \cdot b \cdot \left( b + e - \frac{e^2}{D_{\text{СП}}} \right)}{y_{\zeta} + y_{\Pi} \cdot \left( \frac{D_{\zeta}}{D_{\text{СП}}} \right)^2 + 2 \cdot y_{\phi H} \cdot b^2}$$

$$\alpha_M = 1.364$$

Нагрузка, вызванная стесненностью температурных деформаций, в соединениях с приварными встык и плоскими фланцами

$$Q_t := \gamma \cdot \left[ 2 \cdot \alpha_{\phi} \cdot h \cdot (t_{\phi} - 20) - 2 \cdot \alpha_{\zeta} \cdot h \cdot (t_{\zeta} - 20) \right]$$

$$Q_t = 3.401 \times 10^3 \text{ Н}$$

### Нагрузка на болты

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

момент и внешняя осевая сила

$$M = 0 \quad F := 0$$

$$P_{\sigma 1} := \max \left[ \alpha \cdot (Q_d + F) + R_{\Pi} + \frac{4 \cdot \alpha_M \cdot M}{D_{\text{сп}}}, \alpha \cdot (Q_d + F) + R_{\Pi} + \frac{4 \cdot \alpha_M \cdot M}{D_{\text{сп}}} - Q_t \right]$$

$$P_{\sigma 1} = 3.709 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

$$P_{\sigma 2} := \max(P_{\text{обж}}, 0.4 \cdot A_{\sigma} \cdot \sigma_{20.6})$$

$$P_{\sigma 2} = 6.33 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

36

Расчетная нагрузка на болты(шпильки) фланцевых соединений при затяжке фланцевого соединения:

$$P_{\sigma M} := \max(P_{\sigma 2}, P_{\sigma 1})$$

$$P_{\sigma M} = 6.33 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

Расчетная нагрузка на болты(шпильки) фланцевых соединений в рабочих условиях

$$P_{\sigma p} := P_{\sigma M} + (1 - \alpha) \cdot (Q_d + F) + Q_t + \frac{4 \cdot (1 - \alpha_M) \cdot M}{D_{\text{сп}}}$$

$$P_{\sigma p} = 4.866 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

Проверка прочности болтов(шпилек) и прокладки

Расчетные значения в болтах(шпильках)

При затяжке:

$$\sigma_{\sigma 1} := \frac{P_{\sigma M}}{A_{\sigma}}$$

$$\sigma_{\sigma 1} = 92 \quad \text{МПа}$$

В рабочих условиях

$$\sigma_{\sigma 2} := \frac{P_{\sigma p}}{A_{\sigma}}$$

$$\sigma_{\sigma 2} = 70.729 \quad \text{МПа}$$

$$Usl\_bolti := \begin{cases} \text{"Условия прочности при затяжке НЕ выполняются"} & \text{if } \sigma_{\sigma 1} > \sigma_{20.6} \\ \text{"Условия прочности в рабочих условиях НЕ выполняются"} & \text{if } \sigma_{\sigma 2} > \sigma_{д.б} \\ \text{"Условия прочности выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Usl\_bolti = \text{"Условия прочности выполняются"}$$

удельное давление на прокладку

$$q := \frac{\max(P_{\bar{b}_M}, P_{\bar{b}_P})}{\pi \cdot D_{c\Pi} \cdot b_{\Pi}}$$

$$q = 35.421 \text{ МПа}$$

37

$$Usl\_prokl := \begin{cases} \text{"Условия прочности прокладки НЕ выполняются"} & \text{if } q > q_d \\ \text{"Условия прочности прокладки выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$
$$Usl\_prokl = \text{"Условия прочности прокладки выполняются"}$$

### Расчет фланцев на статическую прочность

Расчетный изгибающий момент, действующий на приварной встык фланца или плоски фланец при затяжке

$$M_M := C_F \cdot P_{\bar{b}_M} \cdot b$$

$$M_M = 1.298 \times 10^7 \text{ Н}\cdot\text{мм}$$

Расчетный изгибающий момент, действующий на фланец в рабочих условиях

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

$$M_P = 1.545 \times 10^7 \text{ Н}\cdot\text{мм}$$

Расчетные напряжения во фланце при затяжке:

Меридиональное изгибное напряжение во втулке приварного встык фланца, обечайке плоского фланца

D пр приведенный диаметр фланца, в случае с плоским фланцем принимается равным D

$$D_{\text{пр}} := D$$

$$\sigma_{0M} := \frac{M_M}{\lambda \cdot (S_0 - c_0)^2 \cdot D_{\text{пр}}}$$

$$\sigma_{0M} = 291.411 \text{ МПа}$$

Напряжение в тарелке приварного встык фланца или плоского в условиях затяжки

радиальное напряжение

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

$$\sigma_{RM} = 75.852 \text{ МПа}$$

Окружное напряжение

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

$$\sigma_{TM} = 52.07 \text{ МПа}$$

Расчетные напряжения во фланце в рабочих условиях:

меридиональные изгибные напряжения для приварных встык фланцев с прямой втулкой и плоских фланцев

$$\sigma_{0p} := \frac{M_p}{\lambda \cdot (S_0 - c_0)^2 \cdot D_{пр}}$$

$$\sigma_{0p} = 346.887 \text{ МПа}$$

максимальные меридиональные мембранные напряжения в обечайке плоского фланца

$$\sigma_{0mp} := \max \left[ \frac{Q_d + F + \frac{4M}{D_{сп}}}{\pi(D + S_0) \cdot (S_0 - c_0)}, \frac{Q_d + F - \frac{4M}{D_{сп}}}{\pi(D + S_0) \cdot (S_0 - c_0)} \right]$$

$$\sigma_{0mp} = 12.394 \text{ МПа}$$

Напряжения в тарелке приварного встык фланца или плоского фланца в рабочих условиях

радиальное напряжение

$$\sigma_{Rp} := \frac{1.33 \cdot \beta_F \cdot h + l_0}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_p$$

$$\sigma_{Rp} = 90.292 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{Tp} := \frac{\beta_Y \cdot M_p}{h^2 \cdot D} - \beta_Z \cdot \sigma_{Rp}$$

$$\sigma_{Tp} = 61.983 \text{ МПа}$$

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

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

PR\_3 := "Условия статической прочности выполняются"

КТ := 1.3

коэффициент, учитывающий стесненность температурных деформаций

$$U_{sl\_3} := \begin{cases} PR\_1 & \text{if } \max(|\sigma_{0M} + \sigma_{RM}|, |\sigma_{0M} + \sigma_{TM}|) > КТ \cdot \sigma_{д20} \\ PR\_2 & \text{if } \max \left( \left( \left( |\sigma_{0p} - \sigma_{0mp} + \sigma_{Tp}| \right) \right) \right. \\ & \left. \left( \left( |\sigma_{0p} - \sigma_{0mp} + \sigma_{Rp}| \right) \right) \right) > КТ \cdot \sigma_{д} \\ PR\_3 & \text{otherwise} \end{cases}$$

U<sub>sl\_3</sub> := "Условия статической прочности выполняются"

Проверка углов поворота фланцев

Угол поворота приварного встык фланца, плоского фланца

$$\Theta := M_p \cdot Y_{\phi} \cdot \frac{E_{20}}{E}$$

$$\Theta = 4.373 \times 10^{-3}$$

Допустимый угол поворота плоского фланца

$$\Theta_{д} := 0.013$$

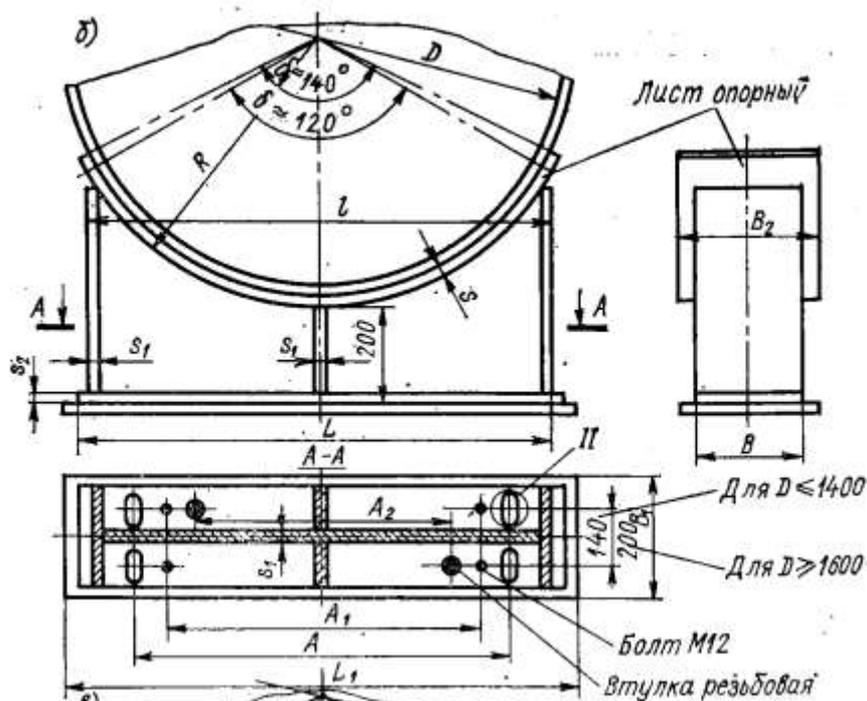
$$U_{sl\_P} := \begin{cases} \text{"Условие при испытаниях НЕ выполняется"} & \text{if } \Theta > 1.3 \cdot \Theta_{д} \\ \text{"Условие в рабочих условиях НЕ выполняется"} & \text{if } \Theta > \Theta_{д} \\ \text{"Условие поворота плоского фланца выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

U<sub>sl\_P</sub> = "Условие поворота плоского фланца выполняется"



### 3.6. Подбор и расчёт стандартных опор аппарата

Сосуды работающие под внутренним избыточным давлением



#### Подбор стандартных опор

Вес аппарата согласно [3]

$$G_1 := 8.7 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

$$V := 25 \text{ м}^3 \quad \text{Объем аппарата}$$

$$g := 9.8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \quad \text{Ускорение свободного падения}$$

$$\rho_{\text{в}} := 1000 \text{ кг/м}^3 \quad \text{ПЛОТНОСТЬ ВОДЫ}$$

Расчеты веса аппарата заполненного жидкостью при гидравлических испытаниях

Вес жидкости в аппарате

$$G_{\text{жид}} := V \cdot \rho_{\text{в}} \cdot g = 2.45 \times 10^5 \text{ Н}$$

Вес аппарата заполненного жидкостью

$$G := G_{\text{жид}} + G_1 = 3.32 \times 10^5 \text{ Н}$$

Выбираем "Опора П 400-1022-1 ОСТ 26-2091-93" [13]

Исходные данные:

Аппарат изготовлен из стали 09Г2С

$\rho := 7850$	кг/м <sup>3</sup>	плотность материала;
$H := 500$	мм	высота выпуклой части днища по внутренней поверхности без учета цилиндрической отбортовки;
$L := 8580$	мм	длина цилиндрической части сосуда, включая длину цилиндрической отбортовки днища;
$D := 2000$	мм	внутренний диаметр цилиндрической обечайки или выпуклого днища;
$p_{rab} := 1$	Мпа	внутреннее избыточное давление;
$\phi := 1$		коэффициент прочности сварных швов обечайки, расположенных в области опорного узла;
$E := 1.91 \cdot 10^5$	Мпа	модуль продольной упругости при расчетной температуре
$b := 300$	мм	ширина седловой опоры;
$s_2 := 10$	мм	исполнительная толщина подкладного листа;
$b_2 := 450$	мм	ширина подкладного листа;
$\sigma_t := 150$	Мпа	допускаемое напряжение при расчетной температуре;
$\sigma_T := 254.5$	Мпа	предел текучести при расчетной температуре;
$G_1 := 8.7 \cdot 10^4$	Н	Вес аппарата
$\sigma_{20} := 183$	Мпа	допускаемое напряжение при температуре 20 °С;
$a := 1790$	мм	длина выступающей цилиндрической части сосуда, включая отбортовку днища, мм;
$e := a + H$	мм	длина свободновыступающей части эквивалентного сосуда;
$t_{rab} := 30$	°С;	рабочая температура в аппарате, °С;
$\xi := 1$	мм	сумма прибавок к расчетной толщине стенки;
$\delta_1 := 120 \cdot \text{deg}$		угол охвата седловой опоры, °;
$\delta_2 := 140 \cdot \text{deg}$		угол охвата сосуда подкладным листом, °.

## Расчет опор аппарата

Расчет производим в соответствии с [16]

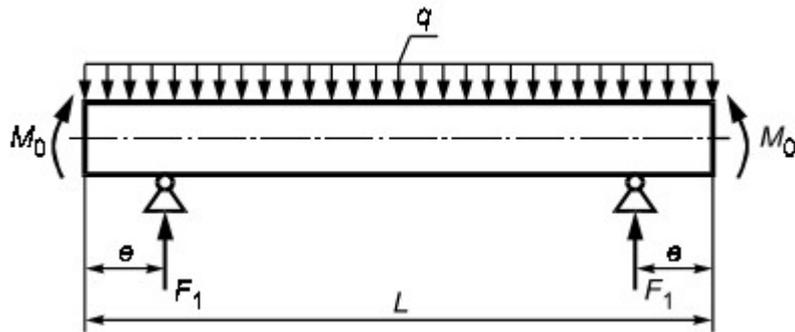


Рисунок 6 расчетная схема определения усилий

### Расчётные данные:

#### Расчётная температура

$$t := \begin{cases} \max(t_{\text{rab}}, 20) & \text{if } o = 1 \\ 20 & \text{if } o = 2 \end{cases}$$

$$t = 30 \quad ^\circ\text{C}$$

#### Допускаемое напряжение при расчетной температуре:

Принимаем по ГОСТ Р 52857.1-2007 при расчётной температуре  $t=40^\circ\text{C}$

$$\sigma_d := \begin{cases} \text{Floor}(\sigma_t \cdot \phi, 0.5) & \text{if } o = 1 \\ \text{Floor}\left(\frac{\sigma_T}{1.1}, 0.5\right) & \text{if } o = 2 \end{cases}$$

$$\sigma_d = 150 \quad \text{МПа}$$

#### Расчётное давление:

$$p := \begin{cases} p_{\text{rab}} & \text{if } o = 1 \\ 1.25 \cdot p_{\text{rab}} \cdot \frac{\sigma_{20}}{\sigma_t} & \text{if } o = 2 \end{cases}$$

$$p = 1 \quad \text{МПа}$$

#### Исполнительная толщина стенки:

$$s_r := \frac{p \cdot D}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_d - p}$$

$$s_w := \text{floor}(s_r + c + 1)$$

$$s = 8 \quad \text{мм}$$

примем по[13]

$$s_w := 14 \quad \text{мм}$$

### Коэффициент запаса прочности

$$n_y := \begin{cases} 2.4 & \text{if } o = 1 \\ 1.8 & \text{if } o = 2 \end{cases}$$

$$n_y = 2.4$$

### Нагрузки на корпус аппарата:

$$q := \frac{G}{L + \frac{4 \cdot H}{3}} \quad q = 35.905 \quad \frac{\text{Н}}{\text{мм}}$$

$$M_0 := q \cdot \frac{D^2}{16} \quad M_0 = 8.976 \times 10^6 \quad \text{Н} \cdot \text{мм}$$

### Опорное усилие:

$$F_1 := \frac{G}{2}$$

$$F_1 = 1.66 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

### Момент над опорой:

$$M_1 := \frac{q \cdot e^2}{2} - M_0$$

$$M_1 = 8.517 \times 10^7 \quad \text{Н} \cdot \text{мм}$$

### Максимальный момент между опорами:

$$M_{12} := M_0 + F_1 \cdot \left( \frac{L}{2} - a \right) - \frac{q}{2} \cdot \left( \frac{L}{2} + \frac{2}{3} \cdot H \right)^2$$

$$M_{12} = 4.024 \times 10^7 \quad \text{Н} \cdot \text{мм}$$

### Поперечное усилие в сечении оболочки над опорой:

$$Q_1 := \frac{L - 2 \cdot a}{L + \frac{4}{3} \cdot H} \cdot F_1 \quad Q_1 = 8.976 \times 10^4 \quad \text{Н}$$

### 6.3 Проверка несущей способности обечайки в сечении между опорами

Допускаемый изгибающий момент:

$$M_d := \begin{cases} M_p \leftarrow \frac{\pi}{4} \cdot D \cdot (D + s - c) \cdot (s - c) \cdot \sigma_d \\ M_E \leftarrow \frac{8.9 \cdot 10^{-5} \cdot E}{n_y} \cdot D^3 \cdot \left[ \frac{100 \cdot (s - c)}{D} \right]^{2.5} \\ M_d \leftarrow \frac{M_p}{\sqrt{1 + \left( \frac{M_p}{M_E} \right)^2}} \end{cases}$$

$$M_d = 5.874 \times 10^9 \quad \text{Н}\cdot\text{мм}$$

Дополнительные вычисления:

***K<sub>9</sub> - коэффициент, учитывающий частичное заполнение жидкостью***

$$x := \frac{L}{D} \quad y := \frac{D}{(s - c)}$$

$$W1 := -0.20924 \cdot (x - 1) + 0.028702 \cdot x \cdot (x - 1) + 0.4795 \cdot 10^{-3} \cdot y \cdot (x - 1)$$

$$W2 := -\left[ 0.2391 \cdot 10^{-6} \cdot x \cdot y \cdot (x - 1) + 0.29936 \cdot 10^{-2} \cdot (x - 1) \cdot x^2 + 0.85692 \cdot 10^{-6} \cdot (x - 1) \cdot y^2 \right]$$

$$W3 := 0.88174 \cdot 10^{-6} \cdot x^2 \cdot (x - 1) \cdot y - 0.75955 \cdot 10^{-8} \cdot y^2 \cdot (x - 1) \cdot x$$

$$W4 := 0.82748 \cdot 10^{-4} \cdot (x - 1) \cdot x^3 + 0.48168 \cdot 10^{-9} \cdot (x - 1) \cdot y^3$$

$$K_9 := \max(1.6 + W1 + W2 + W3 + W4, 1)$$

$$K_9 := 1$$

**Проверка условия**

$$\text{Проверка1} := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется."} & \text{if } \frac{\pi \cdot D}{4 \cdot (s - c)} + \frac{4 \cdot M_{12} \cdot K_9}{\pi \cdot D^2 \cdot (s - c)} \leq \sigma_d \cdot \phi \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется. Увеличить толщину стенки"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Проверка1 = "Условие прочности выполняется."

примем по[13]

$$s := 14 \quad \text{мм}$$

## Проверка несущей способности обечайки, неукреплённой кольцами жесткости в области опорного узла

*Параметр, определяемый расстоянием до днища:*

$$\gamma := 2.83 \cdot \frac{a}{D} \cdot \sqrt{\frac{(s-c)}{D}} \quad \gamma = 0.204$$

*Параметр, определяемый шириной пояса опоры:*

$$\beta_1 := 0.91 \cdot \frac{b}{\sqrt{D \cdot (s-c)}} \quad \beta_1 = 1.693$$

*Общее меридиональное мембранное напряжение изгиба, действующее в области опорного узла.*

$$\sigma_{mx} := \frac{4 \cdot M_1}{\pi \cdot D^2 \cdot (s-c)} \quad \sigma_{mx} = 2.085 \quad \text{МПа}$$

$$w := (s-c) \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{s_2}{s-c}\right)^2}$$

$$\underline{b}_1 := b_2$$

$$\underline{\delta}_1 := \delta_2$$

условие прочности

$$F_1 \leq \min(F_{d2}, F_{d3})$$

$F_{d2}$  - допускаемое опорное усилие от нагружения в меридиональном направлении.

$F_{d3}$  - допускаемое опорное усилие от нагружения в окружном направлении

Предельные напряжения изгиба  $\sigma_{i2}$ ,  $\sigma_{i3}$ :

Коэффициенты для определения  $\sigma_{ij} = K_1 \cdot K_2 \cdot \sigma_d$

$$\frac{e^{-\beta_1} \cdot \sin(\beta_1)}{\beta_1} = 1.201 \times 10^{-6}$$

$$K_2 := \begin{cases} 1.25 & \text{if } o = 1 \\ 1.05 & \text{if } o = 2 \end{cases}$$

$$K_2 = 1.25$$

$K_{10}$  -коэффициент, учитывающий влияние ширины пояса опоры

$$K_{10} := \max\left(\frac{e^{-\beta_1} \cdot \sin(\beta_1)}{\beta_1}, 0.25\right) \quad K_{10} = 0.25$$

$K_{12}$  -коэффициент, учитывающий влияние угла охвата

$$K_{12} := \frac{1.15 - 0.1432 \cdot \delta}{\sin(0.5 \cdot \delta)} \quad K_{12} = 0.851$$

$K_{14}$  -коэффициент, учитывающий влияние угла охвата

$$K_{14} := \frac{1.45 - 0.43 \cdot \delta}{\sin(0.5 \cdot \delta)} \quad K_{14} = 0.425$$

$K_{16}$  -коэффициент, учитывающий влияние расстояния до днища

$$K_{16} := 1 - \frac{0.65}{1 + (6 \cdot \gamma)^2} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{3 \cdot \delta}} \quad K_{16} = 0.83$$

$K_{17}$  -коэффициент, учитывающий влияние ширины пояса опоры

$$K_{17} := \frac{1}{1 + 0.6 \cdot \sqrt[3]{\frac{D}{w} \cdot \frac{b}{D}} \cdot \delta}$$

$K_{13}$  - коэффициент, учитывающий влияние угла охвата

$$K_{13} := \frac{\max\left(1.7 - \frac{2.1 \cdot \delta}{\pi}, 0\right)}{\sin(0.5 \cdot \delta)} \quad K_{13} = 0.071$$

$K_{15}$  -коэффициент, учитывающий влияние расстояние до днища

$$K_{15} := \min\left(1, \frac{0.8 \cdot \sqrt{\gamma} + 6 \cdot \gamma}{\delta}\right) \quad K_{15} = 0.649$$

$K_{11}$  -коэффициент, учитывающий влияние ширины пояса опоры

$$K_{11} := \frac{1 - e^{-\beta_1} \cdot \cos(\beta_1)}{\beta_1}$$

$$v_{12} := \frac{-0.23 \cdot K_{13} \cdot K_{15}}{K_{12} \cdot K_{10}}$$

$$v_{13} := \frac{-0.53 \cdot K_{11}}{K_{14} \cdot K_{16} \cdot K_{17} \cdot \sin(0.5 \cdot \delta)}$$

$$v_{212} := -\sigma_{\text{mx}} \cdot \frac{1}{K_2 \cdot \sigma_d}$$

$$v_{213} := 0$$

$$v_{222} := \left( \frac{p \cdot D}{4 \cdot w} - \sigma_{\text{mx}} \right) \cdot \frac{1}{K_2 \cdot \sigma_d}$$

$$v_{223} := \frac{p \cdot D}{2 \cdot w} \cdot \frac{1}{K_2 \cdot \sigma_d}$$

$$K_{112} := \frac{1 - v_{212}^2}{\left( \frac{1}{3} + v_{12} \cdot v_{212} \right) + \sqrt{\left( \frac{1}{3} + v_{12} \cdot v_{212} \right)^2 + \left( 1 - v_{212}^2 \right) \cdot v_{12}^2}}$$

$$K_{112} = 1.489$$

$$K_{122} := \frac{1 - v_{213}^2}{\left( \frac{1}{3} + v_{13} \cdot v_{213} \right) + \sqrt{\left( \frac{1}{3} + v_{13} \cdot v_{213} \right)^2 + \left( 1 - v_{213}^2 \right) \cdot v_{13}^2}}$$

$$K_{122} = 0.351$$

$$K_{113} := \frac{1 - v_{222}^2}{\left( \frac{1}{3} + v_{12} \cdot v_{222} \right) + \sqrt{\left( \frac{1}{3} + v_{12} \cdot v_{222} \right)^2 + \left( 1 - v_{222}^2 \right) \cdot v_{12}^2}}$$

$$K_{113} = 1.491$$

$$K_{123} := \frac{1 - v_{223}^2}{\left( \frac{1}{3} + v_{13} \cdot v_{223} \right) + \sqrt{\left( \frac{1}{3} + v_{13} \cdot v_{223} \right)^2 + \left( 1 - v_{223}^2 \right) \cdot v_{13}^2}}$$

$$K_{123} = 0.464$$

$$K_{1.2} := \min(K_{112}, K_{122})$$

$$K_{1.2} = 0.351$$

$$K_{1.3} := \min(K_{113}, K_{123}) \quad K_{1.3} = 0.464$$

$$\sigma_{i2} := K_{1.2} \cdot K_2 \cdot \sigma_d \quad \sigma_{i2} = 65.894 \quad \text{МПа}$$

$$\sigma_{i3} := K_{1.3} \cdot K_2 \cdot \sigma_d \quad \sigma_{i3} = 87.06 \quad \text{МПа}$$

$$F_{d2} := \frac{0.7 \cdot \sigma_{i2} \cdot \sqrt{D \cdot w} \cdot (w)}{K_{10} \cdot K_{12}} \quad F_{d2} = 6.437 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

$$F_{d3} := \frac{0.9 \cdot \sigma_{i3} \cdot \sqrt{D \cdot w} \cdot (w)}{K_{14} \cdot K_{16} \cdot K_{17}} \quad F_{d3} = 1.74 \times 10^6 \quad \text{Н}$$

$$F_1 \leq \min(F_{d2}, F_{d3})$$

**Проверка условия прочности:**

$$\text{Проверка3} := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется."} & \text{if } F_1 \leq \min(F_{d2}, F_{d3}) \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется."} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Проверка3} = \text{"Условие прочности выполняется."}$$

**Проверка условия устойчивости:**

$$\frac{M_1}{M_d} + \frac{F_e}{F_d} + \left( \frac{Q}{Q_d} \right)^2 \leq 1$$

где  $F_e$  - эффективное осевое усилие от местных мембранных напряжений, действующих в области опоры.

$$F_e := F_1 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \sqrt{\frac{D}{w}} \cdot K_{13} \cdot K_{15}$$

$$F_e = 6.633 \times 10^4 \quad \text{Н}$$

**Допускаемое поперечное усилие:**

$$Q_d := \begin{cases} Q_{dp} \leftarrow 0.25 \cdot \sigma_d \cdot \pi \cdot D \cdot (w) \\ Q_{de} \leftarrow \frac{2.4 \cdot E \cdot (w)^2}{n_y} \cdot \left[ 0.18 + 3.3 \cdot \frac{D \cdot (w)}{L^2} \right] \\ Q_d \leftarrow \frac{Q_{dp}}{\sqrt{1 + \left( \frac{Q_{dp}}{Q_{de}} \right)^2}} \end{cases}$$

$$Q_d = 3.57 \times 10^6 \quad \text{Н}$$

$$\left[ \frac{M_1}{M_d} + \frac{F_e}{F_1} + \left( \frac{Q_1}{Q_d} \right)^2 \right] = 0.415$$

условие устойчивости выполняется

### 3.7. Расчет строповых устройств.

Расчет ведем по [20]:

Для монтажа испарителя выбираем 2 витых стропа, состоящий из 2ух ветвей, тогда на один строп нагрузка будет равна

$$P := \frac{8.7 \cdot 10^4}{2} = 4.35 \times 10^4 \quad \text{Н}$$

Расчет витого стропа.

$$m_1 := 2 \quad \text{количество ветвей стропа}$$

$$n := 19 \quad \text{число канатных витков в сечении одной ветви стропа}$$

$$S_1 := \frac{P}{m_1 \cdot n \cdot \cos(30)} = 7.421 \times 10^3$$

$$k_3 := 5 \quad \text{Коэффициент запаса прочности такелажных средств}$$

Разрывное усилие

$$R_k := S_1 \cdot k_3 = 3.711 \times 10^4 \quad \text{Н}$$

Подбираем стальной канат

Маркировочная группа 1960 МПа

Канат типа ЛК-3 конструкции 6x36(1+6; 6+12)+7'7(1+6) о.с. [19]

$$d_{kan} := 23.5 \quad \text{диаметр каната, мм}$$

2275 кг масса 1000 м каната

Расчетный диаметр ,поперечного сечения витков

$$d_c := 5d_{kan} = 117.5 \quad \text{мм}$$

Минимальный диаметр захватного устройства

$$k_c := 4$$

$$D_3 := k_c \cdot d_c = 470 \quad \text{мм}$$

Длина каната

$$l_{kan} := 2000 \quad \text{мм}$$

$$t_{kan} := 30 \cdot d_{kan}$$

$$L_{kan} := 2.2 \cdot l_{kan} \cdot n + 2t_{kan} = 8.501 \times 10^4 \quad \text{мм}$$

$$L_{kan} = 85 \quad \text{м}$$

## 8. Гидравлический расчет

Расчет гидравлического сопротивления необходим для определения затрат энергии на перемещение технологической среды и подбора насоса для перемещения.

Гидравлическое сопротивление обусловлено сопротивлением трения и местными сопротивлениями, возникающими при изменении скорости потока по величине и направлению.

Для определения потерь на трение и местные сопротивления рассчитывают критерий Рейнольдса:

$$Re = \frac{wD\rho}{\mu}$$

где  $w$  — скорость входного потока в аппарат, м/с;

$D$  — диаметр аппарата, м;

$\rho$  — плотность газа, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  — вязкость газа динамическая, Па·с.

Динамическая вязкость газа,  $\mu = 0,99 \cdot 10^{-5}$  Па·с.

Скорость входного потока в аппарат примем равной 1,5 м/с.

$$Re = \frac{1,5 \cdot 2 \cdot 10,463}{0,99 \cdot 10^{-5}} = 45339,6,$$

т.е. режим движения среды турбулентный.

Абсолютную шероховатость стенок аппарата принимаем равной  $\Delta = 0,1 \cdot 10^{-3}$  м [17]. Тогда относительная шероховатость стенок аппарата равна:

$$e = \frac{\Delta}{D} = \frac{0,1 \cdot 10^{-3}}{2} = 3,497 \cdot 10^{-4}$$

Далее определяют следующие величины:  $\frac{1}{e} = 2859,6$ ;  $10 \cdot \frac{1}{e} = 28596$ ;

$$560 \cdot \frac{1}{e} = 1601376.$$

Поскольку  $10 \cdot \frac{1}{e} \leq \text{Re} \leq 560 \cdot \frac{1}{e}$ , принимаем, что в аппарате имеет место смешанное трение. В этом случае коэффициент трения определяется по формуле [17]:

$$\lambda = 0,11 \left( e + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,11 \left( 3,32 \cdot 10^{-5} + \frac{68}{45339,6} \right)^{0,25} = 02,96 * 10^{-3}$$

Гидравлическое сопротивление аппарата рассчитаем по формуле [18]:

$$\Delta p = \lambda \frac{L}{D} \frac{w^2 \rho}{2}$$

где  $L, D$  — длина и диаметр аппарата, м;

$w$  — скорость газовой фазы, м/с;

$\rho$  — плотность жидкой фазы, кг/м<sup>3</sup>.

$$\Delta p = 2,96 * 10^{-3} \cdot \frac{10}{2} \cdot \frac{1,029^2 \cdot 810}{2} = 5,5 \text{ Па} .$$

$\eta$  — КПД насоса равно 0.4

$$N = \frac{\Delta p * Q_{\text{сырья}}}{\eta} = 0.187 \text{ кВт}$$

Исходя из мощности, выбираем насос из [17]

Винтовой насос для перекачки нефти и нефтепродуктов мощностью 1 кВт, исполнение 1.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-5001	

<b>Институт</b>	<b>Электронного обучения</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ОХТ</b>
<b>Уровень образования</b>	Специалитет	<b>Специальность</b>	МАХП

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
<p>1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i></p>	<p><i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.</i></p>
<p>2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i></p>	
<p>3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i></p>	
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p>1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i></p>	<p><i>Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта</i></p>
<p>2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i></p>	<p><i>Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.</i></p>

3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НТИ</i>
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Проведение оценки экономической эффективности исследования качества товарных бензинов.</i>

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

1. *SWOT анализ*
2. *Расчет себестоимости продукции*
3. *Расчет точки безубыточности*
4. *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 Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-5001			

### **Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

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

*Целевой рынок* – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, *сегмент рынка* – это особым образом

выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

В данной работе продуктом и целевым рынком являются:

*продукт*: Товарная нефть;

*целевой рынок*: Нефти перерабатывающие заводы (НПЗ).

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2 –Матрица SWOT

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Систематическое повышение уровня квалификации.</li> <li>2. Наличие квалифицированного персонала, имеющего опыт работы в данной области.</li> <li>3. Наличие постоянных поставщиков.</li> <li>4. Высокое качество продукции, соответствующее мировым стандартам.</li> </ol>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Низкий уровень заработной платы для молодых специалистов.</li> <li>2. Устаревшее оборудование.</li> <li>3. Высокая степень износа оборудования.</li> <li>4. Повышение цен у поставщиков.</li> <li>5. Высокий уровень цен на выпускаемую продукцию.</li> </ol>
<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</li> </ol>	<p><b>Сильные стороны и возможности:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Эффективное использование ресурсов производства.</li> <li>2. Оптимизация количества посредников за счет постоянных и</li> </ol>	<p><b>Слабые стороны и возможности:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Создание эффективной системы мотивации и стимулирования для сотрудников.</li> <li>2. Нарботка и укрепление конкурентных преимуществ</li> </ol>

увеличению. 2.Высокое качество поставляемых ресурсов.	проверенных поставщиков (пользоваться услугами постоянных поставщиков). 3.Поддержание увеличения спроса и выхода на новые рынки сбыта товара за счет высокого качества продукции.	продукта. 3.Модернизация оборудования. 4.Внедрение технологии 5. Выбор оптимального поставщика и заключение договорных отношений
<b>Угрозы:</b> 1.Увеличение уровня налогов. 2.Повышение требований к качеству продукции. 3.Несвоевременные поставки сырья и оборудования.	<b>Сильные стороны и угрозы:</b> 1.Применение оптимальной налоговой политики. 2.Внедрение менеджмента качества. 3.Выбор оптимального поставщика и заключение договорных отношений.	<b>Слабые стороны и угрозы:</b> 1.Повышение цен на выпускаемую продукцию. 2.Выбор оптимального поставщика и заключение договорных отношений.

### Расчёт 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.

$$M = P_{\text{час.}} * T_{\text{эф.}} * K_{\text{об.}}$$

$$M = 50 * 8400 * 1 = 420000 \text{ т}$$

где  $P_{\text{час.}}$  – часовая производительность «нефтегазосепаратора» в натуральных единицах;

$T_{\text{эф}}$  – эффективный фонд времени работы оборудования (час.);

$K_{\text{об.}}$  – количество однотипного оборудования, установленного в цехе.

Эффективный фонд времени оборудования:

$$T_{\text{эфф}} = T_{\text{ном.}} - \text{ТППР} - \text{ТТО},$$

$$T_{эф}=365-15=350$$

где  $T_{ном}$ . – номинальный фонд работы оборудования;

$T_{ППР}$  – время простоя в ремонтах за расчетный период (для расчета  $T_{ППР}$  необходимо построить график ППР с указанием времени работы между ремонтами и временем простоя в ремонте);

$T_{ТО}$  – время технологических остановок.

$$T_{ном} = T_{кал} - T_{вых} - T_{пр},$$

$$T_{ном}=365-0-0=365$$

где  $T_{вых}$  – количество выходных дней в году;

$T_{пр}$  – количество праздничных дней в году.

Таблица 9 Баланс рабочего времени 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)

Для анализа использования оборудования рассчитываем экстенсивный и интенсивный коэффициенты.

Коэффициент экстенсивного использования оборудования равен

$$K_{экс} = T_{эф}/T_{н} .$$

$$K_{экс}=8400/87600=0,959$$

Коэффициент интенсивного использования оборудования равен

$$K_{инт} = Q_{пп}/Q_{max} ,$$

$$K_{инт}=420000/438000=0,96$$

где  $Q_{пп}$  – производительность единицы оборудования в единицу времени;

$Q_{max}$  – максимальная производительность в единицу времени.

Интегральный коэффициент использования мощности:

$$K_{им} = K_{экс} \cdot K_{инт} .$$

$$K_{им}=0,959 \cdot 0,96=0,92$$

Для определения фактического выпуска продукции рассчитывается производственная программа ( $N_{год}$ ):

$$N_{год} = K_{им} \cdot M,$$

$$N_{год}=0,92 \cdot 66320=386400т$$

где  $K_{им}$  – коэффициент использования мощности.

## Расчет себестоимости готовой продукции по действующему производству

Расчет годового фонда заработной платы цехового персонала

Расчет численности персонала:

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

Таблица 10 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	1			2
Служащие	0.1	2	10	1			2
МОП	0.031	2	10	1			2
Итого							18

Таблица 11 Расчет численности ИТР, служащих и МОП

Наименование должности	Категория	Тарифный разряд	Число штатных единиц	Количество смен в сутках	Штатная численность
Начальник установки	ИТР	14	1	1	1
Мастер	ИТР	10	1	1	1
Оператор	Рабочий	5	2	1	2
Оператор	Рабочий	4	2	1	2
Итого					

Таблица 12 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 13 График сменности

Ном ер смен ы	Часы работ ы	Дни месяца															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0–8	А	А	А	А	В	В	В	В	С	С	С	С	Д	Д	Д	Д
2	8–16	С	Д	Д	Д	Д	А	А	А	А	В	В	В	В	С	С	С
3	16-24	В	В	С	С	С	С	Д	Д	Д	Д	А	А	А	А	В	В
Отдых		Д	С	В	В	А	Д	С	С	В	А	Д	Д	С	В	А	А

Расчет годового фонда зарплаты ИТР, служащих и МОП производится на основании их окладов согласно штатному расписанию.

Общий фонд заработной платы рабочих за год:

$$З_{год} = З_{осн} + З_{доп},$$

где  $Z_{осн}$  – основной фонд заработной платы рабочих, тыс. руб;

$Z_{доп}$  – дополнительный фонд заработной платы рабочих, тыс. руб.

Основной фонд заработной платы для рабочих повременщиков:

$$Z_{осн} = Z_{тар} + Пр + Дн.вр + Дпр.дни + Дбриг,$$

где  $Z_{тар}$  – тарифный фонд заработной платы, тыс. руб;

Пр – оплата премий, тыс. руб;

Дн.вр – доплата за работу в ночное время, тыс. руб;

Дпр.дни – доплата за работу в праздничные дни, тыс. руб;

Дбриг – доплата не освобожденным бригадирам, тыс. руб.

Тарифный фонд заработной платы:

$$Z_{\text{тар}} = \sum Ч_{\text{сп}} \cdot T_{\text{ст}} \cdot T_{\text{эф.раб}},$$

где  $Ч_{\text{сп}}$  – списочная численность рабочих данного разряда, чел.;

$T_{\text{сп}}$  – дневная тарифная ставка данного разряда, тыс. руб.

Размер премий принимаем равным 20–70 % от тарифного фонда заработной платы.

По отношению к тарифному фонду заработной платы доплата за праздничные дни составит 40 %.

Дополнительная зарплата (ЗДОП):

$$\text{ЗДОП} = (\text{ДН} * \text{ЗОСН}) / \text{ТЭФФ},$$

где ДН – количество дней невыхода на работу по планируемыми причинам (отпуск, ученические, гос.обязанности).

Районный коэффициент для г. Томска – 1,3.

Отчисления на социальные нужды на зарплату – 30 % от (ЗОСН+ЗДОП).

### 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 15 Расчет годовой потребности в сырье и материалах

<b>Сырье</b>	ЕД. изм	Цена за ед. Руб.	Расход на весь объем производс тва	Затраты на ед. готовой продукц ии Тыс.руб	Затраты на весь объем производс тва Тыс.руб
Сырье и основные материалы(Ингибиторы и реагент-деэмульгаторы)	тон н	1500	1267596	2.6	5019680
<b>Энергия</b>					
Электроэнергия	кВ Т	4.8	90750000	0.0048	435600

## Расчет амортизационных отчислений

Для расчета амортизационных отчислений необходимо учесть:

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

Таблица 19 Расчет амортизационных отчислений.

Наименование основных средств	Норма амортизации, %	1 год	
		С <sub>оф</sub> , тыс.руб	АО, тыс.руб
1.Здания	2	2358.5	47.17
2.Передаточные устройства	15	14000	2100
3.Машины и оборудование	10	55000	5500
Итого			

Калькуляция себестоимости на производство и реализацию продукции при заданном объеме производства (Q)

Калькуляция себестоимости на производство и реализацию продукции при заданном объеме производства (**Q=386400**)

Статьи затрат	Затраты на единицу готовой продукции тыс. руб.	Затраты на весь объем тыс.руб
1.Сырье	3	1159200
2.Электроэнергия на технолог.нужды	1	386400
3.Заработная плата производственных рабочих	0,46	177744
3.1 Отчисления на соц. нужды производственных рабочих (30%)	0,14	54096
<b>Итого переменных издержек</b>	<b>4.6</b>	<b>1777440</b>
4.1 Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования:	1.16	4482244
<b>-Амортизация оборудования</b>	<b>0,015</b>	<b>5796</b>

<b>-Ремонт оборудования;</b>	1	386400
<b>-Зароботная плата ремонтного персонала</b>	0,14	54096
<b>- отчисления на социальные нужды 30%</b>	0,0044	1700
4.2 Зароботная плата ИТР:	1.235	477204
4.3 Годовой фонд зароботной платы вспомогательных рабочих, с учетом численности персонала и отчислений	1.17	452088
<b>Итого постоянных издержек</b>	<b>4.724</b>	<b>1825508</b>
Цеховая (производственная) себестоимость	9.34	3608976
5. Управленческие расходы	0,467	180448
Заводская себестоимость	9.8	3786720
6. Коммерческие расходы	0,098	33595
<b>Полная себестоимость</b>	<b>9.9</b>	<b>3825360</b>
<b>Итого условно-пере изд</b>	<b>4.6</b>	<b>1777440</b>
<b>Итого условно-пост изд</b>	<b>4.724</b>	<b>1825353</b>

Определение цены готовой продукции

Цену продукта определяем по формуле:

$$Ц = С * (1 + P/100),$$

где С – полная себестоимость единицы готовой продукции;

P – рентабельность продукции (20%).

$$Ц_{тек} = 9.9 * (1 + 20/100) = 11.88 \text{ тыс. руб.}$$

Принимаем цену равную 12 т.р

#### **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:

$$B_{пр} = Q * Ц$$

Определение точки безубыточности:

Аналитическим способом:

$$Q_{кр} = \frac{Изд_{пост}}{Ц - Изд_{пер}} = 250873 \text{ тонн/г.}$$

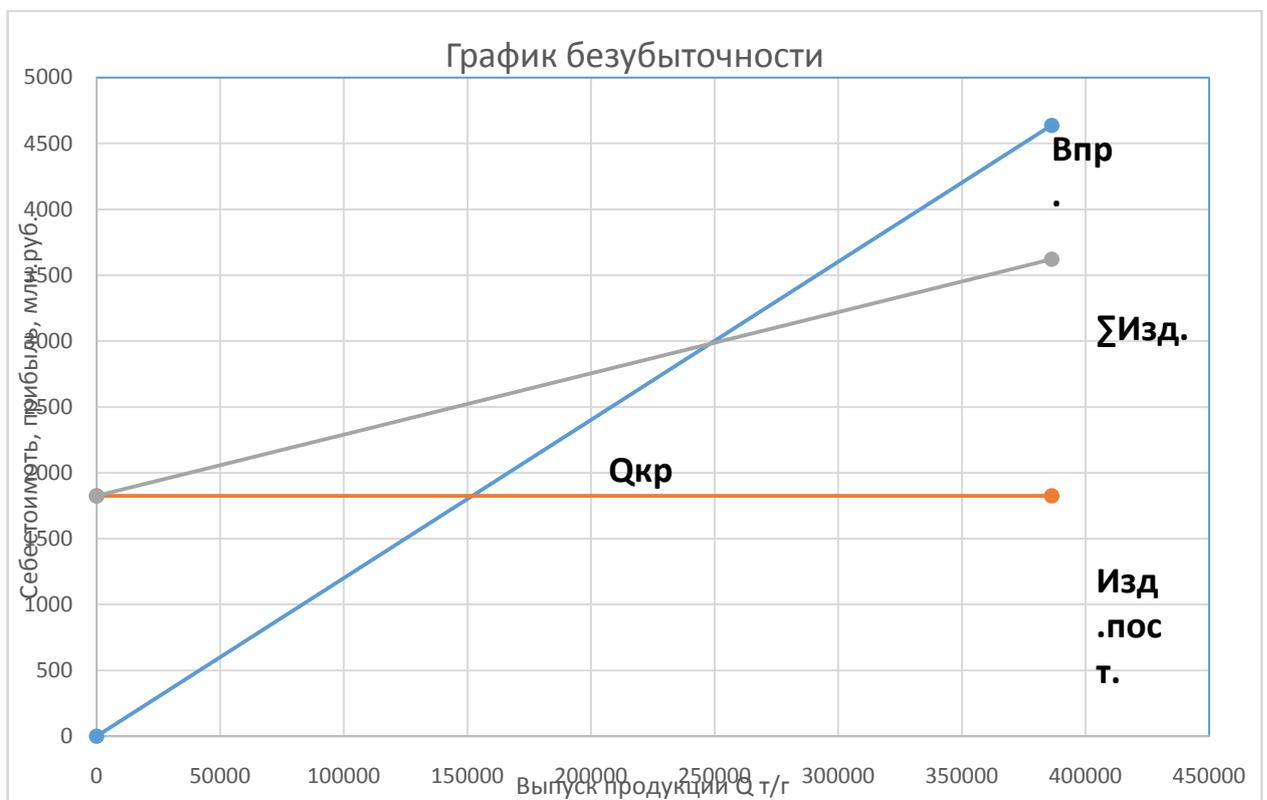
где  $C_{гп}$  – цена единицы готовой продукции (1 тонны);

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

$Q_{кр} = 250973$  тыс. тонн

Графическим способом:

Графически точка безубыточности определяется согласно рис. 1



### Определение технико-экономических показателей

Наименование показателя	Единицы измерения	1 год
1.Объем производства	Тонн	<b>386400</b>
2.Объем продаж	Тонн	<b>386400</b>
3.Цена за единицу	Тыс. руб.	<b>12</b>
4.Выручка от продажи	Тыс. руб.	<b>4636800</b>
5.Суммарные издержки	Тыс. руб.	3602793
5.1.Издержки переменные	Тыс. руб.	1777440
5.2.Издержки постоянные	Тыс. руб.	1825353
6.Прибыль операционная	Тыс. руб.	1034007
7.Налог на прибыль	Тыс. руб.	206801
8.Прибыль чистая	Тыс. руб.	827206
9.Себестоимость 1 тонны	Тыс. руб.	9.9
10.Стоимость основных средств	Тыс. руб.	6000
11.Численность основных рабочих	Чел.	18
12.Фондовооруженность	Тыс. руб/чел.	333.3
13.Фондоотдача	Руб.руб	772
14.Фондоемкость	Руб.руб	0,0013
15.Производительность труда	Тыс.руб./чел.	257600
16.Рентабельность производства	%	24
17.Рентабельность продаж	%	17.84
18.Критический объем продаж	Тонн	250 873
19.Критический объем продаж	Тыс. руб	3000000

Студенту:

Группа	ФИО
2к32	Новикову Егору Павловичу

Институт	ИФВТ	Кафедра	ОХХТ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	«Энерго- и ресурсосберегающие процессы химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

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

<p>1. <i>Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</i></li> <li>– <i>опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</i></li> </ul>	<p>Рабочая зона – Система промышленного сбора и подготовки нефти</p> <p>Вредные факторы: утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу, превышение уровня шума, недостаточная освещенность рабочей зоны, отклонение от показателей микроклимата в помещении.</p> <p>Опасные факторы: разрушение аппарата под действие внутреннего избыточного давления, поражение</p>
---	--

<ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</i></li> <li>– <i>чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</i></li> </ul>	<p>электрическим током, возникновение взрывов и пожаров в результате работы с легковоспламеняющимися парами.</p>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p><i>Федеральный закон № 426-ФЗ от 28 декабря 2013 года «О специальной оценке условий труда»</i></p> <p><i>Федеральный закон №184-ФЗ «о техническом регулировании от 27 декабря 2002 года.</i></p> <p><i>Федеральный закон № 123-ФЗ от 22.07.2008 г (ред от 10.07 2012г) «Технический регламент о требованиях к пожарной безопасности»</i></p>
<p><b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b></p>	
<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</i></li> <li>– <i>действие фактора на организм человека;</i></li> <li>– <i>приведение допустимых норм с</i></li> </ul>	<p>Наличие вредных веществ (сероводород, угарный газ)- Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны подлежит систематическому контролю для предупреждения возможности</p>

<p><i>необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</i></p> <p><i>– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</i></p>	<p>превышения предельно допустимых концентраций.</p> <p>Снабдить персонал средством индивидуальной защиты(противогаз).</p> <p>Недостаточная освещенность помещений- Для работы в ночное время на производственной площадке, оснастить работников переносными фонарями.</p> <p>Повышенный уровень шума- разработкой шумобезопасной техники;</p> <p>применением средств и методов коллективной защиты по ГОСТ 12.1.029;</p> <p>применением средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.051*.</p> <p>Негативные микроклиматические</p>
--	--

	<p>условия-системы кондиционирования воздуха помещения,;</p> <p>компенсация одного параметра микроклимата изменением другого;</p> <p>в холодной время производить отопление помещений.</p>
<p><i>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производённой среды в следующей последовательности</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>– механические опасности (источники, средства защиты);</i></li> <li><i>– термические опасности (источники, средства защиты);</i></li> <li><i>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства</i></li> </ul>	<p>К опасным факторам относят оборудование с повышенной или пониженной температурой поверхности, токоведущие части электрооборудования, повышенное значение напряжения в электрической цепи, молниезащита (необходимо заземление), возникновение пожара.</p>

<p>защиты);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>	<p>Используемые средства защиты: перчатки, ухваты, спецодежда.</p>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <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>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>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>	<p>Возможные ЧС: 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>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p>	<p>Каждому работающему с химическими веществами</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	<p>выдаются средства индивидуальной защиты.</p> <p>Проводятся инструктажи, обучения. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны: технический перерыв, полная изоляция от производственных источников шума и вибрации.</p>
<p><b>Перечень графического материала:</b></p>	
<p><i>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</i></p>	

<p><b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b></p>	<p>14.04.2016</p>
--	-------------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент</p>	<p>Раденков Андрей Александрович</p>	<p>к.т.н.</p>		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>2к32</p>	<p>Новиков Егор Павлович</p>		

**5. Социальная ответственность**

## Введение

Система промышленного 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 №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		САНПИН 2.2.1/2.1.1.12 78-03
	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

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

#### Вредные.

#### 1.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 №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; - воздушноедуширование 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.

## 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 №3 Параметры систем естественного и искусственного освещения на рабочих места.**

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 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 Ловушки нефти	5
---	---

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

### 3.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 №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	55	65

категория зрительных работ		
----------------------------	--	--

#### 4. Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу

Токсичными веществами называются продукты, которые при проникновении и 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 нефтях и газах сероводород встречается в разных концентрациях. При действии высоких концентраций ( $1000 \text{ мг/м}^3$  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  $100 \text{ мг/м}^3$ .

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 №6. ПДК бензина и других веществ в воздухе рабочей зоны**

Вещество	ПДК, $\text{мг/м}^3$	
	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).

## **Опасные.**

### **1.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).

### **2.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);

### **3.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. 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.

## **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 1ДЗ15-71 (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 дозрывных 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.

## **Заключение**

Были проведены технологический, конструктивный, механический и гидравлический расчеты аппарата. В ходе технологического расчета были определены основные геометрические параметры. В механическом расчете, был произведен расчет толщин стенок, расчет необходимости укрепления отверстий, расчет фланцевого соединения, расчет несущей способности обечайки от воздействия опорных нагрузок и подбор стандартных опор.

В разделе «Социальная ответственность» рассмотрены вопросы пожарной и электробезопасности. Проведен анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.

В разделе «Финансовый менеджмент» рассмотрена экономическая часть проекта. Проведен Анализ безубыточности, аналитическим и графическим способом.

## Литература

1. Г. С. Лутошкин. Сбор и подготовка нефти, газа и воды: Учебник для вузов. – 3-е изд., стереотипное. Перепечатка со второго издания 1979 г. – М.: ООО ТИД «Альянс», 2005. – 319 с. Гагаринский машиностроительный завод. «Нефтегазовое оборудование». Технический каталог, 2014.-84с.
2. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Лю: Химия, 1987. - 576 с..
3. Гагаринский машиностроительный завод. «Нефтегазовое оборудование». Технический каталог, 2014.-84с.5[
4. Каспарьянц К.С., Кузин В.И., Григорян Л.Г «Процессы и аппараты для объектов промышленной подготовки нефти и газа» -М.: Недра, 1977.-254 с.
5. ГОСТ Р 52857.1-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования.»
6. 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.»
7. ГОСТ 6533-78 «Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов и аппаратов котлов, основные размеры.»
8. АТК 24.218.06-90 «Штуцера для сосудов и аппаратов стальные сварные»
9. 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.»
10. ГОСТ 10704-91 «Трубы стальные электросварные прямошовные.
11. ГОСТ Р 52857.4-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений.»
12. В.М.Беляев, В.М.Миронов В. В. Тихонов. Конструирование и расчёт элементов оборудования отрасли. Часть I. Аппараты с механическими перемешивающими. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 95 с.
13. ОСТ 2602091-93 «Опоры горизонтальных сосудов и аппаратов»

15. М. Ф. Михалев, Н. П. Третьяков, А. И. Мильченко, В. В. Зобнин. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи: Учебное пособие для студентов вузов. – ООО ТИД «АРИС», 2013. – 312 с
16. ГОСТ Р 52857.5 – 2007. Обечайки и днища от воздействия опорных нагрузок.
17. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Учебник для химико-технологических вузов. – 8-е изд. перераб. – М.: Химия, 1971. – 784 с., ил.
18. Гуревич И.Л. Технология переработки нефти и газа. Часть 1. — М., Химия, 1972. — 360 с.
19. ГОСТ 7667-80 «КАНАТ ДВОЙНОЙ СВИВКИ ТИПА ЛК-3 КОНСТРУКЦИИ»
20. Семакина О.К. «Монтаж, эксплуатация и ремонт оборудования отрасли». Рабочая программа
21. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Изд- во Юрайт, 2013. – 671с.
22. ГОСТ 12.1. 045 – 84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
23. ГОСТ 17.1.3.06 – 82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.
24. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. 123 – ФЗ. 2013.
24. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.
25. Бизнес-план. Методические материалы. Изд.-3 – М.: Финансы и статистика, 2001.– 208 с.
26. Станиславчик Е.Н. Финансовый анализ инвестиционного

проекта– М.: Ось-98, 2000.– 96 с.

27. Экономика и управление производством, расчет экономического эффекта дипломного проекта. Методические указания к выполнению экономической части дипломного проекта для студентов ИПР заочной форм обучения. Рыжакина Т.Г. 2011 г.