

**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 общей химии и химической технологии

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Разработка концевого сепаратора для установки подготовки нефти</b>

УДК 621.928.18.001.24:662.622

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К22	Шипулин Артём Сергеевич		

Руководитель

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

**КОНСУЛЬТАНТЫ**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечина А.А.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Ахмеджанов Р.Р.	д.б.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

И. о. зав.кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Тихонов В.В.	к.т.н., доцент		

## ЗАДАНИЕ

### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

#### БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

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

Студенту:

Группа	ФИО
2К22	Шипулин Артём Сергеевич

Тема работы:

#### Разработка концевого сепаратора для установки подготовки нефти

Утверждена приказом директора (дата, номер)	23.03.2016г. № 2270/с
---	-----------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.16 г.
--	-------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b> <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>	Цех подготовки и перекачки нефти №4, п. Пионерный. Установка подготовки нефти; проектная мощность 3 млн. тонн/год нефти; режим работы непрерывный; вид сырья: нефть с температурой +5–+39 °С. Объекты исследования: Концевая сепарационная установка
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <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>	Реферат Содержание Введение 1. Описание технологической схемы 2. Расчет КСУ 3. Финансовый менеджмент 4. Безопасность и экологичность проекта Заключение Список литературы
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Технологическая схема (А1) 2. Концевая сепарационная установка. Чертеж общего вида. (А1) 3. Концевая сепарационная установка.

	Сборочные единицы. (А1)
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Социальная ответственность	Ахмеджаров Р.Р.
Финансовый менеджмент	Сечина А.А.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
--	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Семакина Ольга Константиновна	Канд. техн. наук, доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К22	Шипулин Артём Сергеевич		

## Реферат

Дипломный проект состоит из пояснительной записки, содержащей 110 с., 13 рис., 12 табл., 27 источников литературы, и 3 листа графического материала формата А1.

Приведены технологические расчеты концевой сепарационной установки. В прочностном расчете определены толщина стенки корпуса и крышек. Произведен расчет укрепления отверстий, фланцевых соединений, опор, диаметров патрубков.

В разделе «Социальная ответственность» рассмотрены вопросы производственной безопасности персонала и экологичности проекта.

В разделе «Финансовый менеджмент» рассчитаны экономические показатели данного проекта.

Выпускная квалификационная работа выполнена в редакторе «Microsoft Word», расчеты проведены в «Mathcad».

Ключевые слова: сепаратор, нефть, газ, смесь, прочность, надёжность.

## Abstract

The degree project consists of an explanatory note containing 110 p., 13 fig., 12 tab., 27 literature sources, and 3 A1-size sheet of graphic material.

Presents technological calculations end separation unit. The strength calculations specified wall thickness of the shell and covers. The calculation of the strengthening of the holes, flanges, supports, pipes diameters.

In the "Social Responsibility" discussed issues of occupational safety personnel and environmental project.

In the "Financial Management" calculated economic parameters of the project.

Final qualifying work carried out in the «Microsoft Word» editor, calculations are carried out in the «Mathcad».

Keywords: separator, oil, gas, mixture strength, reliability.

## Содержание

Введение.....	7
1.Описание технологической схемы.....	10
2.1 Технологический расчет.....	13
2.2 Механический расчет.....	15
2.2.1 Расчет толщины стенки цилиндрической обечайки.....	16
2.2.1.1 Расчетные параметры	
2.2.1.2 Расчет толщины стенки при гидравлическом испытании и при рабочем давлении.....	17
2.2.2 Расчет эллиптической крышки	
2.2.2.1 Расчет толщины стенки крышки, нагруженного наружным избыточным давлением.....	20
2.2.3 Расчет штуцеров	
2.2.3.1 Технологический расчет штуцеров.....	22
2.2.3.2 Расчет укрепления отверстий при внутреннем давлении.....	23
2.2.4 Расчет фланцевого соединения.....	37
2.2.4.1 Определение расчетных параметров.....	39
2.2.4.2 Расчет фланцевого соединения.....	40
2.2.5 Расчет массы аппарата.....	52
2.2.6 Расчет седловых опор.....	53
3. Финансовый менеджмент.....	59
4. Социальная ответственность.....	74
Заключение .....	108
Список литературы.....	109

## **Введение**

Нефть является одним из ценных веществ, залегающих в недрах земли. Нефть и многочисленные продукты ее переработки нашли широкое применение во многих отраслях народного хозяйства. Автомобильный транспорт является одним из основных потребителей продуктов переработки нефти. Бензин, керосин, дизельное топливо, смазочные масла для двигателей и трансмиссий автомобилей – все это продукты переработки нефти.

### **Общее описание основных методов обессоливания и обезвоживания нефтей.**

В основе процесса обезвоживания лежит разрушение нефтяной эмульсии, которая образуется при смешении с пресной водой нефти, эмульсия далее подвергается расслаиванию. При обессоливании обезвоженную нефть смешивают с пресной водой, создавая искусственную эмульсию (но с низкой соленостью), которую затем разрушают. Вода очищается на установке и снова закачивается в пласт для поддержания пластового давления и вытеснения нефти. В связи с продолжающимся укрупнением и комбинированием технологических установок и широким применением каталитических процессов требования к содержанию хлоридов металлов в нефтях, поступающих на переработку, неуклонно повышаются. При снижении содержания хлоридов до 5 мг/дм<sup>3</sup> из нефти почти полностью удаляются такие металлы, как железо, кальций, магний, натрий и соединения мышьяка, а содержание ванадия снижается более чем в два раза, что исключительно важно с точки зрения качества реактивных и газотурбинных топлив, нефтяных коксов и других нефтепродуктов.

### **Методы разрушения водонефтяных эмульсий**

Эмульсии подвергают различным воздействиям, направленным на укрупнение капель воды, увеличение разности плотностей (движущая сила расслоения), снижение вязкости нефти.

Для обезвоживания и обессоливания нефти используют следующие технологические процессы:

- 1) гравитационный отстой нефти;
- 2) горячий отстой нефти;
- 3) подогрев эмульсии (термообработка);
- 4) введение в неё деэмульгатора (химическая обработка);
- 5) применение электрического поля (электрообработка).

Обычно применяют сочетание ряда методов воздействия на эмульсию. Так, комбинирование обеспечивает наиболее быстрое и эффективное расслоение эмульсии. На практике в основном применяется сочетание термодинамического и электрического способов разрушения эмульсии.

Наиболее прост по технологии процесс гравитационного отстоя. В этом случае нефтью заполняют резервуары большой ёмкости и выдерживают определённое время (48 часов и более). Во время выдержки происходят процессы коагуляции капель воды, и более крупные и тяжелые капли воды под действием силы тяжести (гравитации) оседают на дно и скапливаются в виде слоя подтоварной воды. Однако гравитационный процесс отстоя холодной нефти - малопроизводительный и недостаточно эффективный метод обезвоживания нефти.

Более эффективен горячий отстой обводнённой нефти, когда за счёт предварительного нагрева нефти до температуры  $(60 \pm 10) ^\circ\text{C}$  значительно облегчаются процессы коагуляции капель воды и ускоряется обезвоживание нефти при отстое. Недостатком гравитационных методов обезвоживания является малая эффективность.

Эффективность механического разделения эмульсии можно существенно повысить, если вместо сил гравитации использовать центробежную силу, т.е. подвергать эмульсию центрифугированию. Скорость осаждения частицы в центрифуге всегда больше, чем скорость свободного осаждения под действием силы тяжести. Но этот метод не нашёл применения в промышленности из-за сложности аппаратного оформления.

Процессы подготовки нефти — это обезвоживание, обессоливание, а также стабилизация нефти. Сущность стабилизации нефти заключается в отделении от нее летучих углеводородов (пропан-бутановой фракции), а

также растворимых в нефти сопутствующих газов, таких как сероводород, углекислый газ и азот, что сокращает потери нефти от испарения, снижает интенсивность процесса коррозии аппаратуры, оборудования и трубопроводов по пути движения нефти от месторождения до нефтеперерабатывающего завода, а также позволяет получать ценное сырье для нефтехимии.

Применяют следующие способы стабилизации нефти: горячую, или вакуумную, сепарацию и ректификацию.

При горячей, или вакуумной, сепарации от нефти отделяется широкая газовая фракция, в которой наряду с пропан-бутановой фракцией содержится большое количество более высокомолекулярных углеводородов, извлечение которых из нефти ухудшает ее качество. Для извлечения высокомолекулярных углеводородов из широкой газовой фракции и последующего возвращения их в стабильную нефть, используют следующие процессы:

- 1) однократную конденсацию с последующей компрессией, масляной абсорбцией или низкотемпературной конденсацией остаточных газов;
- 2) фракционированную конденсацию с последующей компрессией газового остатка;
- 3) абсорбцию или ректификацию.

При стабилизации нефти ректификацией всю нефть подвергают процессу ректификации, при этом обеспечивается четкое разделение углеводородов и достигается заданная глубина стабилизации нефти.

## 1. Описание технологической схемы

Газожидкостная смесь из коллектора после узлов учета нефти поступает в трехфазные сепараторы ТФС-1, ТФС-2.

С целью увеличения интенсивности обезвоживания, перед входом в сепараторы предварительного сброса воды ТФС-1, ТФС-2 в трубопровод предусмотрена подача деэмульгатора.

Добавление деэмульгатора в сырую нефть дает возможность разрушить слои природных стабилизаторов нефтяной эмульсии, входящих в состав защитных оболочек глобул воды и способствует их переводу с границы раздела фаз в объем.

Трехфазный сепаратор представляет собой горизонтальный отстойный аппарат объемом 200м<sup>3</sup>. Внутри аппарата на уровне 225см расположена перегородка, которая делит аппарат на два отсека (технологический и буферный). Нефтеводогазовая смесь поступает в сепараторы через устройство ввода, где плавно подается на верхний уровень жидкой фазы с малым образованием пены и равномерно распределяется по сечению сепаратора перегородкой из просечно-вытяжного листа. Далее нефть проходит пакеты Л-образных пластин, освобождаясь от газа и поступает в секцию сбора нефти.

Попутный нефтяной газ из аппаратов ТФС-1(ТФС-2) подается на установку осушки газа, утилизируется на факеле высокого или на факеле низкого давления.

Подтоварная вода по межфазному уровню под собственным давлением подается из сепараторов ТФС-1 и ТФС-2 на очистные сооружения.

Нефть прошедшая предварительное обезвоживание в сепараторах ТФС-1, ТФС-2 поступает в подогреватели нефти, представляющие собой печи трубчатые блочные (ПТБ-10). Тепловая мощность печи 10 Гкал/час(11,6МВт).

Нефть в печах подогревается до температуры 40-50<sup>0</sup>С за счет сжигания попутного нефтяного газа.

Трубчатая печь состоит из трех основных блоков

- теплообменной камеры;
- блок основания печи;
- блок вентиляторного агрегата.

В теплообменной камере осуществляется процесс теплообмена между продуктами сгорания топливного газа, омывающими наружные поверхности труб секций змеевика, и нагреваемым продуктом, перемещающимся внутри труб змеевика. Сжигание осуществляется с принудительной подачей воздуха радиальным вентилятором с электрическим приводом. Имеется возможность поддержания оптимального соотношения воздух-газ с помощью заслонок, находящихся на коллекторе и линиях подачи воздуха к форсункам и частотного регулирования электрического привода вентилятора.

Горячая нефть после печей ПТБ поступает в сепараторы концевой ступени сепарации КСУ-1, КСУ-2, где происходит ее полное разгазирование. Выделившийся попутный нефтяной газ утилизируется на факеле низкого давления.

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

Электродегидратор представляет собой горизонтальный отстойный аппарат, в котором на подвесных изоляторах закреплены электроды решетчатой конструкции, подсоединенные к высоковольтной обмотке трансформатора. Питание трансформатора осуществляется от сети с напряжением  $V=380$  В.

Нефть подается в электродегидратор через маточник, обеспечивающий равномерное поступление ее по всему сечению аппарата. Для более эффективной работы электродегидратора, необходимо поддерживать уровень воды на высоте 200-300 мм выше маточника. В этом случае эмульсия нефти проходит слой отстоявшейся воды, где происходит водная промывка эмульсии и отделение пластовой воды. Затем эмульсия подвергается обработке в зоне слабой напряженности электрического поля (уровень воды – нижние электроды) и в зоне сильной напряженности междуэлектродного пространства.

Нормальная работа электродегидрататора возможна только при полном заполнении его нефтью и отсутствия газовой «подушки». С этой целью регулирование уровня производится в КСУ-1,2, расположенным на отметке выше ЭГ-1,2 и обеспечивающем полное их заполнение нефтью, а также отвод газовой фазы из ЭГ-1, 2 в КСУ-1,2.

Подтоварная вода из ЭГ-1 поступает на узел учета и далее на очистные сооружения.

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

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

Ввод нефти в РВС №7(8) производится через распределительный коллектор, расположенный на отметке +1000 мм от днища резервуара, в водяную подушку для окончательной промывки. Из резервуаров нефть поступает в приемный коллектор насосов внешней перекачки и далее, пройдя узел учета нефти в нефтепровод.

## 2. Расчет КСУ

### 2.1 Технологический расчет концевой сепарационной установки [1], [2]

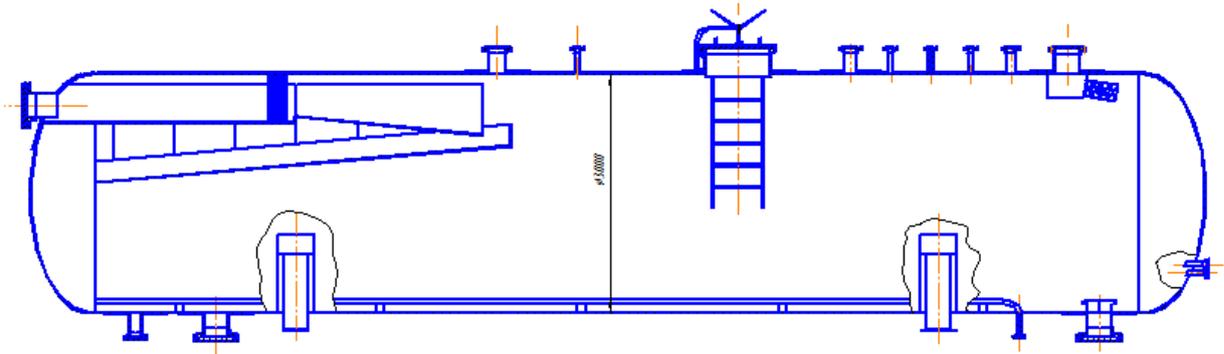


Рис. 2.1 Концевая сепарационная установка

#### Исходные данные:

Объемная производительность нефти [22]

$$G_{\text{нефти}} := \frac{237}{3600} = 0.066 \text{ м}^3/\text{с}$$

Объемная производительность газа [22]

$$G_{\text{газа}} := \frac{1440}{3600} = 0.4 \text{ м}^3/\text{с}$$

Плотность нефти [22]

$$\rho_{\text{среды}} := 856.9 \text{ кг/м}^3$$

Степень обводненности нефти [22]

$$e := 0.1$$

Рабочее давление внутри аппарата [22]

$$P_{\text{раб}} := 0.001 \text{ МПа}$$

Рассчитаем количество газа, выделяемого на второй ступени сепарации (см. Рис.2.2)

Где,  $\Gamma_0 := 2$  - м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> - газовый фактор, при различном давлении;

$\alpha_1 := 0.1$  м<sup>3</sup>/[(кгс/см<sup>2</sup>)\*м<sup>3</sup>] - коэффициент растворимости газа в нефти и воде;

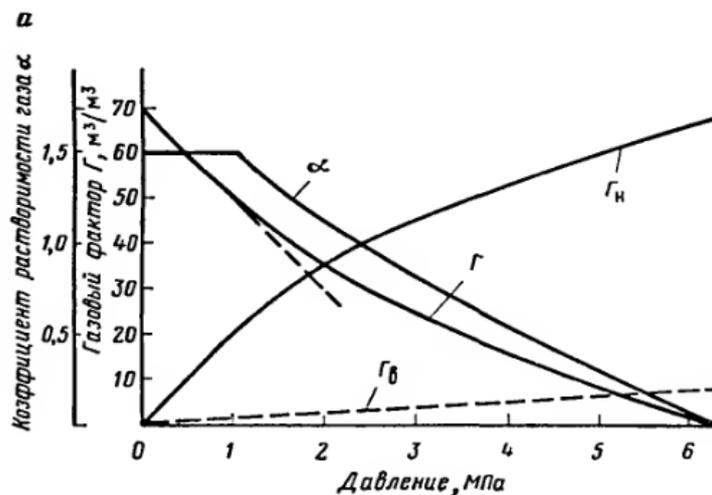


Рис. 2.2

Выделившееся количество газа вычисляем по формуле:

$G_{\text{газа}} := \Gamma_0 \cdot (1 - \epsilon) \cdot G_{\text{нефтги}} - 10\alpha_1 \cdot P_{\text{раб}} \cdot (1 - \epsilon) \cdot G_{\text{нефтги}} = 0.118 \text{ м}^3/\text{с}$  - объемная производительность газа;

где,  $G_{\text{нефтги}} := \frac{237}{3600} = 0.066$  -  $\text{м}^3/\text{с}$  объемная производительность нефти.

Расчет производительности сепаратора по нефти осуществляется на основании времени удержания газонефтяной смеси в сепараторе. Отношение сепаратора к диаметру называется коэффициентом стройности сепаратора. Для стандартных сепараторов данное соотношение остается примерно постоянным в диапазоне 3.5-5. Принимаем,  $SR := 5$ . С учетом того, что эффективная длина сепаратора обычно равна  $3/4$  от общей длины сепаратора, зададимся условием, граница раздела фаз сепаратора проходит через его середину, получаем следующее выражение диаметра в зависимости от времени удержания газонефтяной смеси в сепараторе ( $t_{\text{нефтг}} := 1 \text{ с}$  минут):

$$D_p := \sqrt[3]{\frac{8 \cdot t_{\text{нефтг}} \cdot G_{\text{нефтги}} \cdot 60}{\frac{3}{4} \cdot SR \cdot \pi}} = 2.993 \text{ м} - \text{расчетный диаметр сепаратора};$$

$$L_p := D_p \cdot SR = 14.967 \text{ м} - \text{расчетная длина сепаратора};$$

Принимаем сепаратор нефтегазовый типа НГС, с габаритной характеристикой:

$$D_{\text{внут}} := 300 \text{ мм} - \text{внутренний диаметр аппарата};$$

$V_{\text{аппарата}} := 100 \text{ м}^3$  - объем аппарата;

$L_{\text{сепаратора}} := 15.4 \text{ м}$  - длина сепаратора;

## 2.2 Механический расчет концевой сепарационной установки

### Исходные данные:

Внутренний диаметр аппарата

$D_{\text{внут}} := 3000 \text{ мм}$

Рабочее давление аппарата

$P_{\text{раб}} := 0.00 \text{ МПа}$

Степень заполнения аппарата рабочей средой

$v := 0.74$

Максимальная температура среды

$T_{\text{рабч}} := 40 \text{ }^\circ\text{C}$

Срок эксплуатации аппарата

$T := 2 \text{ лет}$

Скорость коррозии сталей 09Г2С

$\Pi := 0. \text{ мм/год}$

Плотность рабочей среды [22]

$\rho_{\text{среды}} = 856.9 \text{ кг/м}^3$

Плотность воды при гидравлическом испытании [25]

$\rho_{\text{воды}} := 998 \text{ кг/м}^3$

Коэффициент прочности сварного шва [3]

$\varphi := 1$

Допускаемое напряжение стали 09Г2С при 20 °С [3]

$\sigma_{20} := 196 \text{ МПа}$

Допускаемое напряжение стали 09Г2С при рабочей температуре [3]

$\sigma_t := 191.2 \text{ МПа}$

Минимальное значение предела текучести при температуре 20 °С [3]

$R_{e,20} := 30 \text{ МПа}$

Коэффициент запаса прочности по пределу текучести [3]

$$n_T := 1.1$$

Коэффициент номинального уменьшения допускаемого напряжения [3]

$$\eta := 0.9$$

Длина обечайки

$$L := 13000 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Ускорение свободного падения [26]

$$g := 9.8 \text{ м/с}^2$$

### 2.2.1 Расчет толщины стенки цилиндрической обечайки, нагруженной наружным давлением [3], [4]

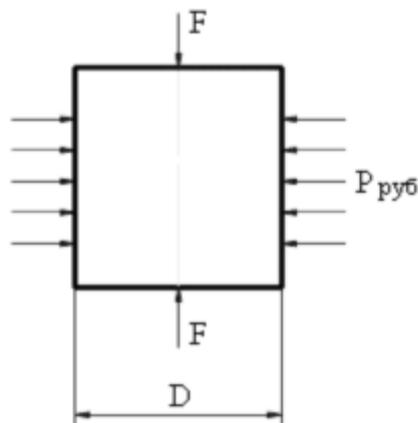


Рис. 3.3 Расчетная схема расчета цилиндрической обечайки

#### 2.2.1.1 Расчетные параметры:

Расчетное значение внешнего давления [4]

Принимаем  $P_{расч} = 0.1$  МПа

$$P_{расч} := 0.1 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для стали 09Г2С при нормальных условиях:

$$\sigma_{20} = 196 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{20} := \text{Floor}(\eta \cdot \sigma_{20}, 0.5) = 176 \text{ МПа}$$

Давление при испытании на прочность [4]

Принимаем  $P_{\text{исп}} = 0.2$  МПа

$$P_{\text{исп}} := 0.2 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для стали 09Г2С при гидравлических испытаниях:

$$\sigma_{\text{н}} := \text{Floor}\left(\frac{R_{\sigma,20}}{n_T}, 0.5\right) = 272.5 \text{ МПа}$$

Модуль упругости для стали 09Г2С при расчётной температуре:

$$E_{40} := 1.97 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Модуль упругости для стали 09Г2С при температуре испытания 20 оС

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

Прибавка на компенсацию коррозии и эрозии:

$$c_1 := T \cdot \Pi = 2 \text{ мм}$$

### 2.2.1.2 Расчет толщины стенки при гидравлическом испытании и при рабочем давлении:

**Расчёт толщины стенки цилиндрической обечайки, нагруженной наружным давлением:**

Максимальная исполнительная толщина цилиндрической обечайки из условий устойчивости:

- при рабочих условиях:

$$B := \max\left[1.0, 0.47 \cdot \left(\frac{P_{\text{расч}}}{E_{40} \cdot 10^{-5}}\right)^{0.067} \cdot \left(\frac{L}{D_{\text{внут}}}\right)^{0.4}, 0.47 \cdot \left(\frac{P_{\text{расч}}}{E_{20} \cdot 10^{-5}}\right)^{0.067} \cdot \left(\frac{L}{D_{\text{внут}}}\right)^{0.4}\right]$$

$$B = 1$$

$$s'_{p1} := \max\left[1.06 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{D_{\text{внут}}}{B} \cdot \left(\frac{P_{\text{расч}} \cdot L \cdot 10^3}{10^{-5} \cdot E_{40} \cdot D_{\text{внут}}}\right)^{0.4}, 1.2 \cdot P_{\text{расч}} \cdot \frac{D_{\text{внут}}}{(2 \cdot \sigma_t - P_{\text{расч}})}\right]$$

$$s'_{p1} = 17.353$$

- при условиях испытаний:

$$B := \max\left[1.0, 0.47 \cdot \left(\frac{P_{\text{исп}}}{E_{40} \cdot 10^{-5}}\right)^{0.067} \cdot \left(\frac{L}{D_{\text{внут}}}\right)^{0.4}, 0.47 \cdot \left(\frac{P_{\text{исп}}}{E_{20} \cdot 10^{-5}}\right)^{0.067} \cdot \left(\frac{L}{D_{\text{внут}}}\right)^{0.4}\right]$$

$$B = 1$$

$$s'_{p2} := \max \left[ 1.06 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{D_{\text{внут}}}{B} \cdot \left( \frac{P_{\text{исп}} \cdot L \cdot 10^3}{10^{-5} \cdot E_{40} \cdot D_{\text{внут}}} \right)^{0.4}, 1.2 \cdot P_{\text{исп}} \cdot \frac{D_{\text{внут}}}{(2 \cdot \sigma_t - P_{\text{исп}})} \right]$$

$$s'_{p2} = 22.897$$

$$s_{\text{обечайки.исп}} := \text{Ceil}(\max(s'_{p1}, s'_{p2}) + c_1, 1) = 25 \text{ мм}$$

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

$$\text{Prov}_1 := \begin{cases} \text{"условие применения формул выполняется"} & \text{if } \frac{s_{\text{обечайки.исп}} - c_1}{D_{\text{внут}}} \leq 0.1 \\ \text{"условие применения формул НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

**Prov\_1 = "условие применения формул выполняется"**

Проверка устойчивости в пределах упругости:

- при рабочих условиях:

коэффициент запаса устойчивости

$$n_y := 2.4$$

Допускаемое наружное давление:

$$B_2 := \min \left[ 1.0, 9.45 \frac{D_{\text{внут}}}{L \cdot 10^3} \cdot \sqrt{\frac{D_{\text{внут}}}{100 \cdot (s_{\text{обечайки.исп}} - c_1)}} \right] = 1$$

Определим допускаемое давление от устойчивости в пределах упругости:

$$P_{\text{дЕ}} := \frac{20.8 \cdot 10^{-5} \cdot E_{40}}{n_y \cdot B_2} \cdot \frac{D_{\text{внут}}}{L \cdot 10^3} \cdot \left[ \frac{100 \cdot (s_{\text{обечайки.исп}} - c_1)}{D_{\text{внут}}} \right]^{2.5} = 2.028 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление из условия прочности:

$$P_{\text{дП}} := \frac{2 \cdot \sigma_t \cdot \varphi \cdot (s_{\text{обечайки.исп}} - c_1)}{D_{\text{внут}} + (s_{\text{обечайки.исп}} - c_1)} = 2.91 \text{ МПа}$$

Допускаемое наружное давление:

$$P_{\text{дН}} := \frac{P_{\text{дП}}}{\sqrt{1 + \left( \frac{P_{\text{дП}}}{P_{\text{дЕ}}} \right)^2}} = 1.664 \text{ МПа}$$

Проверка условия устойчивости:

$$Prov\_3 := \begin{cases} \text{"Условие выполняется"} & \text{if } P_{дН} > P_{расч} \\ \text{"Условие НЕ выполняется"} & \text{if } P_{дН} < P_{расч} \end{cases}$$

**Prov\_3 = "Условие выполняется"**

Проверка устойчивости в пределах упругости:

- при условиях испытаний:

коэффициент запаса устойчивости

$$n_x := 1.8$$

Допускаемое наружное давление:

$$B_2 := \min \left[ 1.0, 9.45 \frac{D_{внут}}{L \cdot 10^3} \cdot \sqrt{\frac{D_{внут}}{100 \cdot (s_{обечайки.исп} - c_1)}} \right] = 1$$

Определим допускаемое давление от устойчивости в пределах упругости:

$$P_{дЕ} := \frac{20.8 \cdot 10^{-5} \cdot E_{40}}{n_y \cdot B_2} \cdot \frac{D_{внут}}{L \cdot 10^3} \cdot \left[ \frac{100 \cdot (s_{обечайки.исп} - c_1)}{D_{внут}} \right]^{2.5} = 2.704 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление из условия прочности:

$$P_{дП} := \frac{2 \cdot \sigma_t \cdot \varphi \cdot (s_{обечайки.исп} - c_1)}{D_{внут} + (s_{обечайки.исп} - c_1)} = 2.91 \text{ МПа}$$

Допускаемое наружное давление:

$$P_{дН} := \frac{P_{дП}}{\sqrt{1 + \left( \frac{P_{дП}}{P_{дЕ}} \right)^2}} = 1.981 \text{ МПа}$$

Проверка условия устойчивости:

$$Prov\_3 := \begin{cases} \text{"Условие выполняется"} & \text{if } P_{дН} > P_{расч} \\ \text{"Условие НЕ выполняется"} & \text{if } P_{дН} < P_{расч} \end{cases}$$

**Prov\_3 = "Условие выполняется"**

Принимаем исполнительную толщину обечайки  $s=25$  мм.

## 2.2.2 Расчет выпуклой (эллиптической) крышки. [3], [4]

### 2.2.2.1 Расчёт толщины стенки эллиптического днища, нагруженного наружным давлением

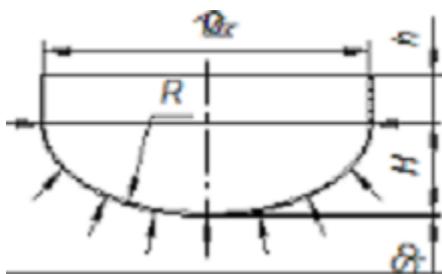


Рис. 3.4 Расчетная схема эллиптической крышки

Радиус кривизны в вершине днища:

$$R := D_{\text{вну}}$$

для эллиптических днищ

$$H := 0.25 D_{\text{вну}}$$

$$H = 750 \text{ мм}$$

$$K_3 := 0.5$$

для эллиптических днищ при рабочих условиях

Коэффициент запаса

$$n_y := 2.4$$

$$S_{\text{р.э.д}} := \max \left( \frac{K_3 \cdot R}{161} \cdot \sqrt{\frac{n_y \cdot P_{\text{расч}}}{10^{-5} \cdot E_{40}}}, \frac{1.2 \cdot P_{\text{расч}} \cdot R}{2 \cdot \sigma_t} \right) = 5.853 \text{ мм}$$

$$s_{\text{э.д}} := \text{ceil}(S_{\text{р.э.д}} + c_1) = 8 \text{ мм}$$

Принимаем

$$s_{\text{э.д}} := 8 \text{ мм}$$

Допускаемое давление из условия прочности:

$$P_{\text{II}} := \frac{(s_{\text{э.д}} - c_1) \cdot 2 \cdot \sigma_t}{R + 0.5 \cdot (s_{\text{э.д}} - c_1)} = 0.764 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление из условия устойчивости в пределах упругости:

$$P_{\text{E}} := \frac{2.6 \cdot 10^{-5} \cdot E_{40}}{n_y} \cdot \left[ \frac{100(s_{\text{э.д}} - c_1)}{K_3 \cdot R} \right]^2 = 0.105 \text{ МПа}$$

Допускаемое наружное давление:

$$P_{\text{доп}} := \frac{P_{\Pi}}{\sqrt{1 + \left(\frac{P_{\Pi}}{P_E}\right)^2}} = 0.104 \text{ МПа}$$

Проверка условия прочности:

$$\text{Prov}_{12} := \begin{cases} \text{"условие прочности выполняется"} & \text{if } P_{\text{расч}} \leq P_{\text{доп}} \\ \text{"условие прочности НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Prov<sub>12</sub> = "условие прочности выполняется"

Проверка условия применения формул для эллиптических крышек:

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

Prov = "Условия применения формул выполняются"

при условиях испытаний

Коэффициент запаса

$$n_y := 1.8$$

$$s_{\text{р.э.д}} := \max\left(\frac{K_3 \cdot R}{161} \cdot \sqrt{\frac{n_y \cdot P_{\text{исп}}}{10^{-5} \cdot E_{40}}}, \frac{1.2 \cdot P_{\text{исп}} \cdot R}{2 \cdot \sigma_t}\right) = 7.169 \text{ мм}$$

$$s_{\text{э.д}} := \text{ceil}(s_{\text{р.э.д}} + c_1) = 10 \text{ мм}$$

Принимаем исполнительную толщину стенки эллиптического днища

$$s_{\text{э.д}} := 10 \text{ мм}$$

Допускаемое давление из условия прочности:

$$P_{\Pi} := \frac{(s_{\text{э.д}} - c_1) \cdot 2 \cdot \sigma_t}{R + 0.5 \cdot (s_{\text{э.д}} - c_1)} = 1.019 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление из условия устойчивости в пределах упругости:

$$P_E := \frac{2.6 \cdot 10^{-5} \cdot E_{40}}{n_y} \cdot \left[\frac{100(s_{\text{э.д}} - c_1)}{K_3 \cdot R}\right]^2 = 0.25 \text{ МПа}$$

Допускаемое наружное давление:

$$P_{\text{доп}} := \frac{P_{\Pi}}{\sqrt{1 + \left(\frac{P_{\Pi}}{P_E}\right)^2}} = 0.243 \text{ МПа}$$

Проверка условия прочности:

$$P_{\text{rov\_12}} := \begin{cases} \text{"условие прочности выполняется"} & \text{if } P_{\text{расч}} \leq P_{\text{доп}} \\ \text{"условие прочности НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$P_{\text{rov\_12}} = \text{"условие прочности выполняется"}$

Проверка условия применения формул для эллиптических крышек:

$$P_{\text{rov}} := \begin{cases} \text{"Условия применения формул выполняются"} & \text{if } 0.002 \leq \frac{s_{\text{э.д}} - c_1}{D_{\text{внут}}} \leq 0.1 \\ \text{"Условия НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$P_{\text{rov}} = \text{"Условия применения формул выполняются"}$

Принимаем исполнительную толщину  $s=10$  мм

## 2.2.3 Расчет штуцеров [5], [6], [7]

### 2.2.3.1 Технологический расчет штуцеров

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

$Q_{\text{г}} := 424 \text{ м}^3/\text{ч}$  - объемная производительность газа;

Расчет диаметров штуцеров проводим по формуле:

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

Где  $\omega$  - скорость движения нефти, принимаем скорость движения равную  $\omega := 1$  м/с[22]

$\omega_1$  - скорость движения газа, принимаем скорость движения равную

$$\omega_1 := 2 \text{ м/с}[22]$$

Штуцер для ввода и вывода нефти

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

Принимаем штуцер с  $Dy=300$  мм

Штуцер для выхода газа:

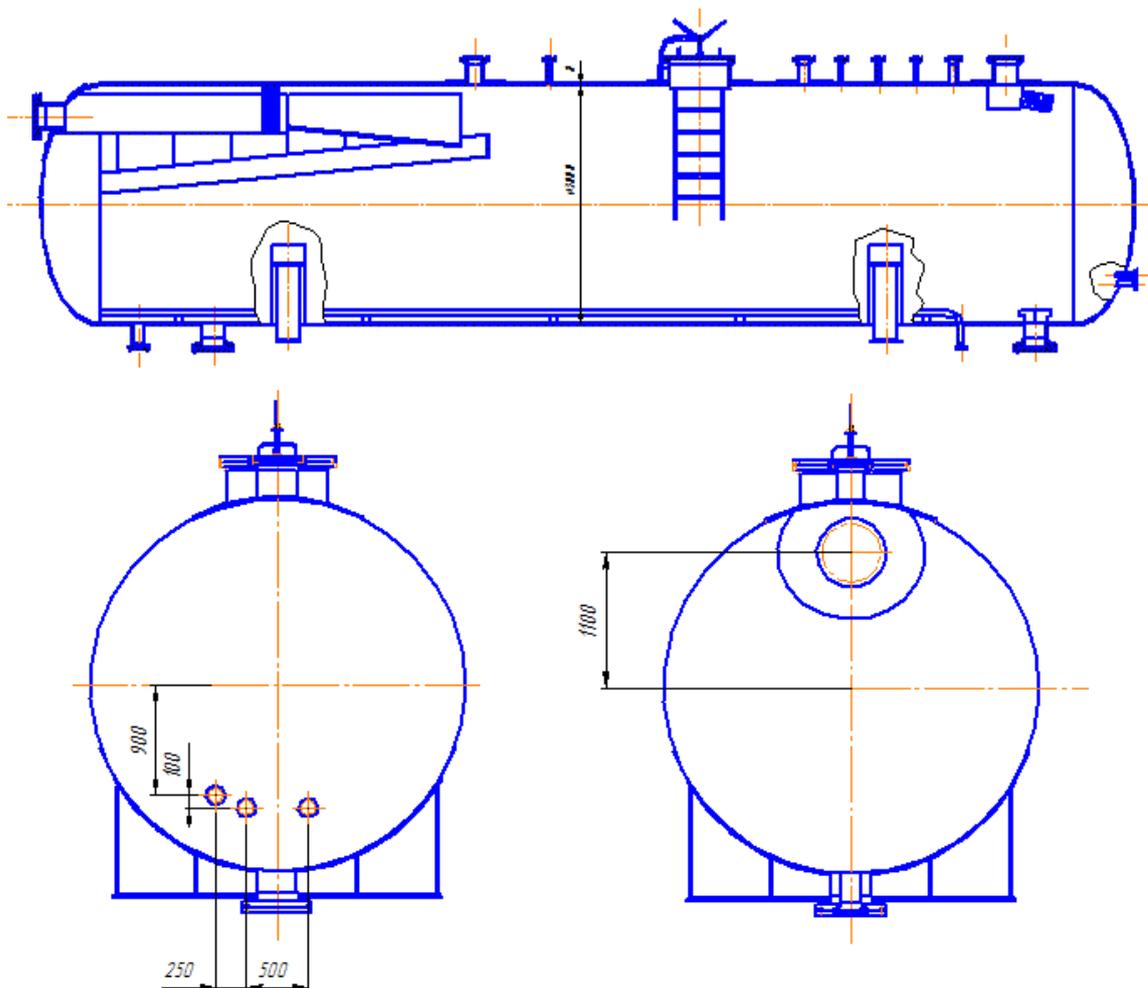
$$d_{\text{г}} := \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{г}}}{\pi \cdot \omega_1 \cdot 3600}} = 0.274 \text{ М}$$

Принимаем штуцер с  $Dy=300$  мм

Остальные диаметры штуцеров принимаем конструктивно, исходя из функционального назначения.

### 2.2.3.2 Расчет укрепления отверстий при внутреннем давлении

Расчет укрепления отверстий ведем по ГОСТ Р 52857.3-2007 [5]



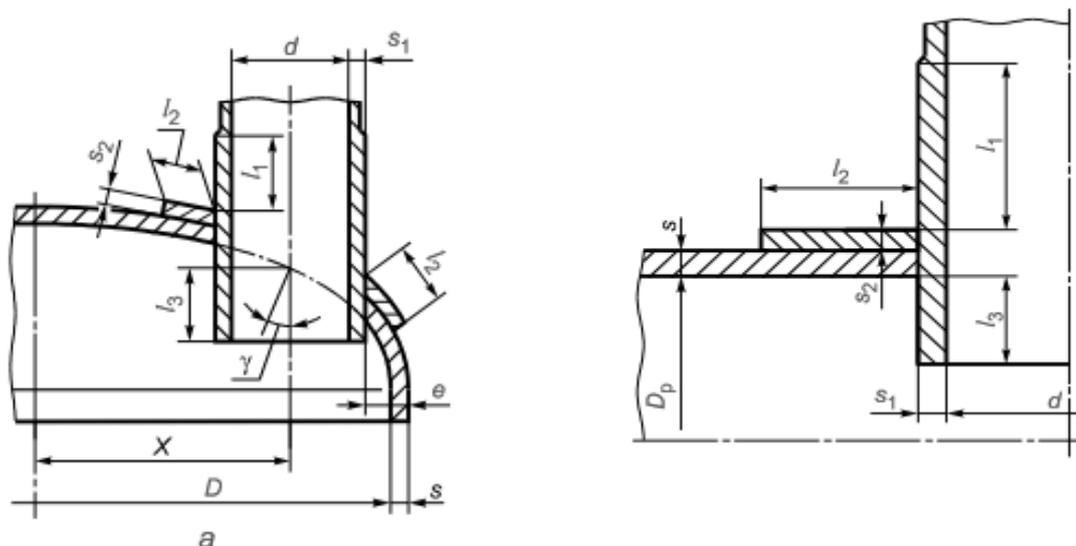


Рис. 2.5 Схема расположения штуцеров

Внутренние диаметры штуцеров:

$d_1 := 80 \text{ мм}$  (Люк-лаз);

$d_2 := 30 \text{ мм}$  (Вход нефти, выход нефти, выход газа, для зачистки);

$d_3 := 20 \text{ мм}$  (СППК);

$d_4 := 15 \text{ мм}$  (Дренаж, резерв);

$d_5 := 10 \text{ мм}$  (Для уравнимера);

$d_6 := 5 \text{ мм}$  (Пропаривание, датчик давления, манометр, сигнализатор ВАУ, воздушник, датчик температуры, термометр, сигнализатор НАУ)

**Расстояния от центра укрепляемого отверстия до центра эллиптической крышки:**

$x_1 := 1100 \text{ мм}$

$x_2 := 900 \text{ мм}$

$x_3 := 1000 \text{ мм}$

### Основные формулы расчета

#### Расчетные диаметры

-для цилиндрической обечайки:

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

-для эллиптической крышки:

$$D_{p.d.1} := 2 \cdot D_{внут} \cdot \sqrt{1 - 3 \cdot \left(\frac{x_1}{D_{внут}}\right)^2} = 4.635 \times 10^3 \text{ мм}$$

$$D_{p.d.2} := 2 \cdot D_{внут} \cdot \sqrt{1 - 3 \cdot \left(\frac{x_2}{D_{внут}}\right)^2} = 5.126 \times 10^3 \text{ мм}$$

$$D_{p.d.3} := 2 \cdot D_{внут} \cdot \sqrt{1 - 3 \cdot \left(\frac{x_3}{D_{внут}}\right)^2} = 4.899 \times 10^3 \text{ мм}$$

### Расчетный диаметр отверстия для штуцеров

-для цилиндрической обечайки:

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

$$d_{p2} := d_2 + 2c_1 = 304 \text{ мм}$$

$$d_{p3} := d_3 + 2c_1 = 204 \text{ мм}$$

$$d_{p4} := d_4 + 2c_1 = 154 \text{ мм}$$

$$d_{p5} := d_5 + 2c_1 = 104 \text{ мм}$$

$$d_{p6} := d_6 + 2c_1 = 54 \text{ мм}$$

-для эллиптической крышки:

$$d_{p7} := \frac{(d_2 + 2c_1)}{\sqrt{1 - 2 \cdot \left(\frac{x_1}{D_{p.d.1}}\right)^2}} = 322.723 \text{ мм}$$

$$d_{p8} := \frac{(d_6 + 2c_1)}{\sqrt{1 - 2 \cdot \left(\frac{x_2}{D_{p.d.2}}\right)^2}} = 55.746 \text{ мм}$$

$$d_{p9} := \frac{(d_6 + 2c_1)}{\sqrt{1 - 2 \cdot \left(\frac{x_3}{D_{p.d.3}}\right)^2}} = 56.401 \text{ мм}$$

## Расчет толщины стенок

Для штуцера  $d=800$  мм

$$S_{\text{штуц.Ду800.р}} := \max \left[ \frac{P_{\text{расч}} \cdot (d_1 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_t - P_{\text{расч}})}, \frac{P_{\text{расч}} \cdot (d_1 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{и}} - P_{\text{расч}})} \right] = 0.21 \text{ мм}$$

Для штуцеров  $d=300$  мм

$$S_{\text{штуц.Ду300.р}} := \max \left[ \frac{P_{\text{расч}} \cdot (d_2 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_t - P_{\text{расч}})}, \frac{P_{\text{расч}} \cdot (d_2 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{и}} - P_{\text{расч}})} \right] = 0.079 \text{ мм}$$

Для штуцера  $d=200$  мм

$$S_{\text{штуц.Ду200.р}} := \max \left[ \frac{P_{\text{расч}} \cdot (d_3 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_t - P_{\text{расч}})}, \frac{P_{\text{расч}} \cdot (d_3 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{и}} - P_{\text{расч}})} \right] = 0.053 \text{ мм}$$

Для штуцеров  $d=150$  мм

$$S_{\text{штуц.Ду150.р}} := \max \left[ \frac{P_{\text{расч}} \cdot (d_4 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_t - P_{\text{расч}})}, \frac{P_{\text{расч}} \cdot (d_4 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{и}} - P_{\text{расч}})} \right] = 0.04 \text{ мм}$$

Для штуцера  $d=100$  мм.

$$S_{\text{штуц.Ду100.р}} := \max \left[ \frac{P_{\text{расч}} \cdot (d_5 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_t - P_{\text{расч}})}, \frac{P_{\text{расч}} \cdot (d_5 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{и}} - P_{\text{расч}})} \right] = 0.027 \text{ мм}$$

Для штуцеров  $d=50$  мм

$$S_{\text{штуц.Ду50.р}} := \max \left[ \frac{P_{\text{расч}} \cdot (d_6 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_t - P_{\text{расч}})}, \frac{P_{\text{расч}} \cdot (d_6 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{и}} - P_{\text{расч}})} \right] = 0.014 \text{ мм}$$

Принимаем штуцера по **[6]**

Труба 820x7-09Г2С

Толщина стенки штуцера 7 мм

Труба 325x5-09Г2С

Толщина стенки штуцера 5 мм

Труба 219x5-09Г2С

Толщина стенки штуцера 5 мм

Труба 168x4-09Г2С

Толщина стенки штуцера 4 мм

Труба 108x4-09Г2С

Толщина стенки штуцера 4 мм

Труба 57x3.5-09Г2С

Толщина стенки штуцера 3.5 мм

$$s_{\text{штуц. Ду800}} := 7 \text{ мм}$$

$$s_{\text{штуц. Ду300}} := 5 \text{ мм}$$

$$s_{\text{штуц. Ду200}} := 5 \text{ мм}$$

$$s_{\text{штуц. Ду150}} := 4 \text{ мм}$$

$$s_{\text{штуц. Ду100}} := 4 \text{ мм}$$

$$s_{\text{штуц. Ду50}} := 3.4 \text{ мм}$$

## Расчетные длины штуцеров

Расчетные длины внешней и внутренней части круглого штуцера, участвующие в укреплении отверстий.

$$l_1 := 300$$

мм - принимаем исполнительную длину внешней части штуцера (для штуцера Ду 800,300,200,150,100,50)

$$l_2 := 100$$

мм - принимаем исполнительную длину внутренней части штуцера(для штуцера Ду 800,300,200,150,100,50);

-для штуцера Ду800:

$$l_{1\text{р.штуц. Ду800}} := \min[l_1, 1.25 \cdot \sqrt{(d_1 + 2c_1) \cdot (s_{\text{штуц. Ду800}} - c_1)}] = 79.254 \text{ мм}$$

$$l_{2\text{р.штуц. Ду800}} := \min[l_2, 0.5 \cdot \sqrt{(d_1 + 2c_1) \cdot (s_{\text{штуц. Ду800}} - c_1)}] = 31.702 \text{ мм}$$

Принимаем:

$$l_{1.\text{штуц. Ду800}} := \text{ceil}(\max(l_{1\text{р.штуц. Ду800}}, l_1)) = 300 \text{ мм}$$

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

-для штуцера Ду300:

$$l_{1\text{р.штуц. Ду300}} := \min[l_1, 1.25 \cdot \sqrt{(d_2 + 2c_1) \cdot (s_{\text{штуц. Ду300}} - c_1)}] = 37.749 \text{ мм}$$

$$l_{2\text{р.штуц. Ду300}} := \min[l_2, 0.5 \cdot \sqrt{(d_2 + 2c_1) \cdot (s_{\text{штуц. Ду300}} - c_1)}] = 15.1 \text{ мм}$$

Принимаем:

$$l_{1.\text{штуц. Ду300}} := \text{ceil}(\max(l_{1\text{р.штуц. Ду300}}, l_1)) = 300 \text{ мм}$$

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

-для штуцера Ду200:

$$l_{1р.штуц.Ду200} := \min\left[l_1, 1.25 \cdot \sqrt{(d_3 + 2c_1) \cdot (s_{штуц.Ду200} - c_1)}\right] = 30.923 \text{ мм}$$

$$l_{2р.штуц.Ду200} := \min\left[l_2, 0.5 \cdot \sqrt{(d_3 + 2c_1) \cdot (s_{штуц.Ду200} - c_1)}\right] = 12.369 \text{ мм}$$

Принимаем:

$$l_{1.штуц.Ду200} := \text{ceil}(\max(l_{1р.штуц.Ду200}, l_1)) = 300 \text{ мм}$$

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

-для штуцера Ду150:

$$l_{1р.штуц.Ду150} := \min\left[l_1, 1.25 \cdot \sqrt{(d_4 + 2c_1) \cdot (s_{штуц.Ду150} - c_1)}\right] = 21.937 \text{ мм}$$

$$l_{2р.штуц.Ду150} := \min\left[l_2, 0.5 \cdot \sqrt{(d_4 + 2c_1) \cdot (s_{штуц.Ду150} - c_1)}\right] = 8.775 \text{ мм}$$

Принимаем:

$$l_{1.штуц.Ду150} := \text{ceil}(\max(l_{1р.штуц.Ду150}, l_1)) = 300 \text{ мм}$$

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

-для штуцера Ду100:

$$l_{1р.штуц.Ду100} := \min\left[l_1, 1.25 \cdot \sqrt{(d_5 + 2c_1) \cdot (s_{штуц.Ду100} - c_1)}\right] = 18.028 \text{ мм}$$

$$l_{2р.штуц.Ду100} := \min\left[l_2, 0.5 \cdot \sqrt{(d_5 + 2c_1) \cdot (s_{штуц.Ду100} - c_1)}\right] = 7.211 \text{ мм}$$

Принимаем:

$$l_{1.штуц.Ду100} := \text{ceil}(\max(l_{1р.штуц.Ду100}, l_1)) = 300 \text{ мм.}$$

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

-для штуцера Ду50:

$$l_{1р.штуц.Ду50} := \min\left[l_1, 1.25 \cdot \sqrt{(d_6 + 2c_1) \cdot (s_{штуц.Ду50} - c_1)}\right] = 11.25 \text{ мм}$$

$$l_{2р.штуц.Ду50} := \min\left[l_2, 0.5 \cdot \sqrt{(d_6 + 2c_1) \cdot (s_{штуц.Ду50} - c_1)}\right] = 4.5 \text{ мм}$$

Принимаем:

$$l_{1.штуц.Ду50} := \text{ceil}(\max(l_{1р.штуц.Ду50}, l_1)) = 300 \text{ мм}$$

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

## Расчетная ширина

Ширина зоны укрепления в обечайках:

-для цилиндрической обечайки:

$$L_{0.цилиндр} := \sqrt{D_{р.обеч} \cdot (s_{обечайки.исп} - c_1)} = 262.679 \text{ мм}$$

-для эллиптической крышки:

$$L_{0.эллипт.1} := \sqrt{D_{р.д.1} \cdot (s_{э.д} - c_1)} = 192.554 \text{ мм}$$

$$L_{0.эллипт.2} := \sqrt{D_{р.д.2} \cdot (s_{э.д} - c_1)} = 202.512 \text{ мм}$$

$$L_{0.эллипт.3} := \sqrt{D_{р.д.3} \cdot (s_{э.д} - c_1)} = 197.969 \text{ мм}$$

В случае укрепления накладным кольцом, ширина зоны укрепления принимается:

-для цилиндрической рубашки:

$$l_{р.цилиндр} := L_{0.цилиндр} = 262.679 \text{ мм}$$

Расчетную ширину накладного кольца рассчитывают (при условии что толщина накладного кольца  $S_2$ , равна толщине стенки ) по формуле:

$$s_{2.цилиндр.обеч} := s_{обечайки.исп} = 25 \text{ мм} - \text{толщина накладного кольца.}$$

$$l_{2р.цилиндр} := \sqrt{D_{р.обеч} \cdot [(s'_{р1}) + s_{обечайки.исп} - c_1]} = 347.934 \text{ мм}$$

$$l_{2р.эллипт.1} := \sqrt{D_{р.д.1} \cdot (s_{э.д} + s_{р.э.д} - c_1)} = 265.147 \text{ мм}$$

$$l_{2р.эллипт.2} := \sqrt{D_{р.д.2} \cdot (s_{э.д} + s_{р.э.д} - c_1)} = 278.859 \text{ мм}$$

$$l_{2р.эллипт.3} := \sqrt{D_{р.д.3} \cdot (s_{э.д} + s_{р.э.д} - c_1)} = 272.603 \text{ мм}$$

Принимаем:

$$l_{2.цилиндр} := 31c_{\text{мм}}$$

$$l_{2.эллипт.} := 23c_{\text{мм}}$$

## Отношения допускаемых напряжений

Исходя из условия, что внешняя часть штуцера и накладное кольцо состоят из одного и того же материала, что и обечайка.

Принимаем:

$$\sigma_1 := \sigma_t$$

$$\sigma_2 := \sigma_t$$

$$\sigma_3 := \sigma_t$$

-для внешней части штуцера

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

-для накладного кольца

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

-для внутренней части штуцера

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

### Расчет диаметра отверстия, не требующего укрепления

-для цилиндрической обечайки:

$$d_{\text{ор.цилиндр}} := 0.4 \cdot \sqrt{D_{\text{р.обеч}} \cdot (s_{\text{обечайки.исп}} - c_1)} = 105.071 \text{ мм}$$

-для эллиптической крышки:

$$d_{\text{ор.эллипт.1}} := 0.4 \cdot \sqrt{D_{\text{р.д.1}} \cdot (s_{\text{э.д}} - c_1)} = 77.022 \text{ мм}$$

$$d_{\text{ор.эллипт.2}} := 0.4 \cdot \sqrt{D_{\text{р.д.2}} \cdot (s_{\text{э.д}} - c_1)} = 81.005 \text{ мм}$$

$$d_{\text{ор.эллипт.3}} := 0.4 \cdot \sqrt{D_{\text{р.д.3}} \cdot (s_{\text{э.д}} - c_1)} = 79.188 \text{ мм}$$

### Расчетный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления

$$d_{\text{о.цилиндр}} := 2 \cdot \left( \frac{s_{\text{обечайки.исп}} - c_1}{s'_{\text{р1}}} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_{\text{р.обеч}} \cdot (s_{\text{обечайки.исп}} - c_1)} = 276.041 \text{ мм}$$

$$(d_{\text{о.эллипт.1}}) := 2 \cdot \left( \frac{s_{\text{э.д}} - c_1}{s_{\text{р.э.д}}} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_{\text{р.д.1}} \cdot (s_{\text{э.д}} - c_1)} = 121.664 \text{ мм}$$

$$d_{\text{о.эллипт.2}} := 2 \cdot \left( \frac{s_{\text{э.д}} - c_1}{s_{\text{р.э.д}}} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_{\text{р.д.2}} \cdot (s_{\text{э.д}} - c_1)} = 127.956 \text{ мм}$$

$$d_{\text{о.эллипт.3}} := 2 \cdot \left( \frac{s_{\text{э.д}} - c_1}{s_{\text{р.э.д}}} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_{\text{р.д.3}} \cdot (s_{\text{э.д}} - c_1)} = 125.086 \text{ мм}$$

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

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

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

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

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

$$Usl_{ukr3} = \text{"Укрепление отверстия не требуется"}$$

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

$$Usl_{ukr4} = \text{"Укрепление отверстия не требуется"}$$

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

$$Usl_{ukr5} = \text{"Укрепление отверстия не требуется"}$$

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

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

$$Usl_{ukr7} := \left[ \begin{array}{l} \text{"Укрепление отверстия не требуется"} \quad \text{if } (d_{p7} \leq d_{o.эллипт.1}) \\ \text{"Требуется укрепление отверстия"} \quad \text{otherwise} \end{array} \right]$$

$$Usl_{ukr7} = \text{"Требуется укрепление отверстия"}$$

$$Usl_{ukr8} := \left[ \begin{array}{l} \text{"Укрепление отверстия не требуется"} \quad \text{if } (d_{p8} \leq d_{o.эллипт.3}) \\ \text{"Требуется укрепление отверстия"} \quad \text{otherwise} \end{array} \right]$$

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

$$Usl_{ukr9} := \left[ \begin{array}{l} \text{"Укрепление отверстия не требуется"} \quad \text{if } (d_{p9} \leq d_{o.эллипт.3}) \\ \text{"Требуется укрепление отверстия"} \quad \text{otherwise} \end{array} \right]$$

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

Таким образом, укрепление отверстий не требуется для штуцеров Ду50.

### **Условие укрепления одиночных отверстий**

В случае укрепления отверстия утолщением стенки сосуда или штуцера либо накладным кольцом, торообразной вставкой, сварным кольцом.

Принимаем укрепление штуцеров накладным кольцом

-для штуцера Ду800:

$$A_{1\_800} := l_{1р.штуц.Ду800} \cdot (s_{штуц.Ду800} - s_{штуц.Ду800.p} - c_1) \cdot \chi_1 = 379.608 \text{ мм}$$

$$A_{2\_800} := l_{2р.цилиндр} \cdot s_{2.цилиндр.обеч} \cdot \chi_2 = 8.698 \times 10^3 \text{ мм}$$

$$A_{3\_800} := l_{2р.штуц.Ду800} \cdot (s_{штуц.Ду800} - s_{штуц.Ду800.p} - c_1) \cdot \chi_3 = 151.843 \text{ мм}$$

$$A_{4\_800} := l_{р.цилиндр} \cdot (s_{обеча йки.ис п} - s'_{p1} - c_1) = 1.483 \times 10^3 \text{ мм}$$

$$A_{5\_800} := 0.5(d_{p1} - d_{ор.цилиндр}) \cdot s_{обеча йки.ис п} = 8.737 \times 10^3 \text{ мм}$$

$$Усл_{укр1} := \begin{cases} \text{"Условие выполняется"} & \text{if } A_{1\_800} + A_{2\_800} + A_{3\_800} + A_{4\_800} \geq A_{5\_800} \\ \text{"Требуется увеличить толщину стенки сосуда или штуцера либо накладного кольца"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Усл<sub>укр1</sub> = "Условие выполняется"

$$s'_{2'.цилиндр.обеч} := s_{2.цилиндр.обеч} + 2 \text{ мм}$$

$$A_{1\_800} := l_{1р.штуц.Ду800} \cdot (s_{штуц.Ду800} - s_{штуц.Ду800.p} - c_1) \cdot \chi_1 = 379.608 \text{ мм}$$

$$A_{2\_800} := l_{2р.цилиндр} \cdot s'_{2'.цилиндр.обеч} \cdot \chi_2 = 9.394 \times 10^3 \text{ мм}$$

$$A_{3\_800} := l_{2р.штуц.Ду800} \cdot (s_{штуц.Ду800} - s_{штуц.Ду800.p} - c_1) \cdot \chi_3 = 151.843 \text{ мм}$$

$$A_{4\_800} := l_{р.цилиндр} \cdot (s_{обеча йки.ис п} - s'_{p1} - c_1) = 1.483 \times 10^3 \text{ мм}$$

$$A_{5\_800} := 0.5(d_{p1} - d_{ор.цилиндр}) \cdot s_{обеча йки.ис п} = 8.737 \times 10^3 \text{ мм}$$

$$Усл_{укр1} := \begin{cases} \text{"Условие выполняется"} & \text{if } A_{1\_800} + A_{2\_800} + A_{3\_800} + A_{4\_800} \geq A_{5\_800} \\ \text{"Требуется увеличить толщину стенки сосуда или штуцера либо накладного кольца"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Усл<sub>укр1</sub> = "Условие выполняется"

-для штуцера Ду300:

$$A_{1\_300} := l_{1р.штуц.Ду300} \cdot (s_{штуц.Ду300} - s_{штуц.Ду300.p} - c_1) \cdot \chi_1 = 110.247 \text{ мм}$$

$$A_{2\_300} := l_{2р.цилиндр} \cdot s_{2.цилиндр.обеч} \cdot \chi_2 = 8.698 \times 10^3 \text{ мм}$$

$$A_{3\_300} := l_{2р.штуц.Ду300} \cdot (s_{штуц.Ду300} - s_{штуц.Ду300.p} - c_1) \cdot \chi_3 = 44.099 \text{ мм}$$

$$A_{4\_300} := l_{р.цилиндр} \cdot (s_{обеча йки.ис п} - s'_{p1} - c_1) = 1.483 \times 10^3 \text{ мм}$$

$$A_{5\_300} := 0.5(d_{p2} - d_{ор.цилиндр}) \cdot s_{обеча йки.ис п} = 2.487 \times 10^3 \text{ мм}$$

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

Усл<sub>укр2</sub> = "Условие выполняется"

-для штуцера Ду300 на эллиптической крышке:

$$A_{1\_300} := l_{\text{р.штуц.Ду300}} \cdot (s_{\text{штуц.Ду300}} - s_{\text{штуц.Ду300.p}} - c_1) \cdot \chi_1 = 110.247 \text{ мм}$$

$$A_{2\_300} := l_{\text{р.эллипт.1}} \cdot s_{\text{цилиндр.обеч}} \cdot \chi_2 = 6.629 \times 10^3 \text{ мм}$$

$$A_{3\_300} := l_{\text{р.штуц.Ду300}} \cdot (s_{\text{штуц.Ду300}} - s_{\text{штуц.Ду300.p}} - c_1) \cdot \chi_3 = 44.099 \text{ мм}$$

$$A_{4\_300} := l_{\text{р.цилиндр}} \cdot (s_{\text{э.д}} - s_{\text{р.э.д}} - c_1) = 218.297 \text{ мм}$$

$$A_{5\_300} := 0.5(d_{\text{р2}} - d_{\text{ор.цилиндр}}) \cdot s_{\text{обеча йки.ис п}} = 2.487 \times 10^3 \text{ мм}$$

$$\text{Усл}_{\text{укр}2\text{э}} := \begin{cases} \text{"Условие выполняется"} & \text{if } A_{1\_300} + A_{2\_300} + A_{3\_300} + A_{4\_300} \geq A_{5\_300} \\ \text{"Требуется увеличить толщину стенки сосуда или штуцера либо накладного кольца"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Усл<sub>укр2э</sub> = "Условие выполняется"

-для штуцера Ду200:

$$A_{1\_200} := l_{\text{р.штуц.Ду200}} \cdot (s_{\text{штуц.Ду200}} - s_{\text{штуц.Ду200.p}} - c_1) \cdot \chi_1 = 91.12 \text{ мм}$$

$$A_{2\_200} := l_{\text{р.цилиндр}} \cdot s_{\text{цилиндр.обеч}} \cdot \chi_2 = 8.698 \times 10^3 \text{ мм}$$

$$A_{3\_200} := l_{\text{р.штуц.Ду200}} \cdot (s_{\text{штуц.Ду200}} - s_{\text{штуц.Ду200.p}} - c_1) \cdot \chi_3 = 36.448 \text{ мм}$$

$$A_{4\_200} := l_{\text{р.цилиндр}} \cdot (s_{\text{обеча йки.ис п}} - s'_{\text{р1}} - c_1) = 1.483 \times 10^3 \text{ мм}$$

$$A_{5\_200} := 0.5(d_{\text{р3}} - d_{\text{ор.цилиндр}}) \cdot s_{\text{обеча йки.ис п}} = 1.237 \times 10^3 \text{ мм}$$

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

Усл<sub>укр3</sub> = "Условие выполняется"

-для штуцера Ду150:

$$A_{1\_150} := l_{\text{р.штуц.Ду150}} \cdot (s_{\text{штуц.Ду150}} - s_{\text{штуц.Ду150.p}} - c_1) \cdot \chi_1 = 42.991 \text{ мм}$$

$$A_{2\_150} := l_{\text{р.цилиндр}} \cdot s_{\text{цилиндр.обеч}} \cdot \chi_2 = 8.698 \times 10^3 \text{ мм}$$

$$A_{3\_150} := l_{\text{р.штуц.Ду150}} \cdot (s_{\text{штуц.Ду150}} - s_{\text{штуц.Ду150.p}} - c_1) \cdot \chi_3 = 17.197 \text{ мм}$$

$$A_{4\_150} := l_{\text{р.цилиндр}} \cdot (s_{\text{обеча йки.ис п}} - s'_{\text{р1}} - c_1) = 1.483 \times 10^3 \text{ мм}$$

$$A_{5\_150} := 0.5(d_{\text{р4}} - d_{\text{ор.цилиндр}}) \cdot s_{\text{обеча йки.ис п}} = 611.607 \text{ мм}$$

Усл<sub>укр4</sub> :=  $\begin{cases} \text{"Условие выполняется"} & \text{if } A_{1\_150} + A_{2\_150} + A_{3\_150} + A_{4\_150} \geq A_{5\_150} \\ \text{"Требуется увеличить толщину стенки сосуда или штуцера либо накладного кольца"} & \text{otherwise} \end{cases}$

Усл<sub>укр4</sub> = "Условие выполняется"

### Допускаемое избыточное давление штуцеров

Допускаемое внутреннее избыточное давление для штуцеров, рассчитываются по формулам:

Где К=1 - для цилиндрических и конических обечаек

К=2- для эллиптических крышек

$$K_1 := 1$$

$$K_{1Э} := 2$$

-для штуцера Ду800:

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

Коэффициент понижения прочности:

$$V_{1\_800} := \min \left( 1, \frac{w_{800}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_{p1} - d_{ор.цилиндр}}{l_{р.цилиндр}} + K_1 \cdot \frac{d_1 + 2 \cdot c_1}{D_{р.обеч}} \cdot \frac{\varphi}{\varphi} \cdot \frac{l_{1.штуц.Ду800}}{l_{р.цилиндр}}} \right) = 1$$

**-при рабочих условиях**

$$P_{штуц.раб\_800} := \frac{2 \cdot K_{1Э} \cdot (S_{обечайки.исп} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_t}{D_{р.обеч} + (S_{обечайки.исп} - c_1) \cdot V_{1\_800}} \cdot V_{1\_800} = 5.82 \text{ МПа}$$

Усл<sub>пр.ов.давл.ения</sub> :=  $\begin{cases} \text{"Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{if } (P_{расч}) \leq P_{штуц.раб\_800} \\ \text{"Штуцер НЕ выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{otherwise} \end{cases}$

Усл<sub>пр.ов.давл.ения</sub> = "Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"

**-при условиях испытания**

$$P_{штуц.исп\_800} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (S_{обечайки.исп} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_{и}}{D_{р.обеч} + (S_{обечайки.исп} - c_1) \cdot V_{1\_800}} \cdot V_{1\_800} = 4.147 \text{ МПа}$$

Усл<sub>пр.ов.давл.ения</sub> :=  $\begin{cases} \text{"Штуцер, выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{if } (P_{расч}) \leq P_{штуц.исп\_800} \\ \text{"Штуцер, НЕ выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{otherwise} \end{cases}$

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

-для штуцеров Ду300:

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

Коэффициент понижения прочности:

$$V_{1\_300} := \min \left( 1, \frac{w_{300}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_{p2} - d_{ор.цилиндр}}{l_{р.цилиндр}} + K_1 \cdot \frac{d_2 + 2 \cdot c_1}{D_{р.обеч}} \cdot \frac{\varphi}{\varphi} \cdot \frac{l_{1.штуц.Ду300}}{l_{р.цилиндр}}} \right) = 1$$

**-при рабочих условиях**

$$P_{штуц.раб\_300} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{обечайки.исп} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_t}{D_{р.обеч} + (s_{обечайки.исп} - c_1) \cdot V_{1\_300}} \cdot V_{1\_300} = 2.91 \text{ МПа}$$

$$U_{сл.пр.о.в.д.в.л.е.н.и.я} := \begin{cases} \text{"Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{if } (P_{расч}) \leq P_{штуц.раб\_300} \\ \text{"Штуцер НЕ выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$U_{сл.пр.о.в.д.в.л.е.н.и.я} = \text{"Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"}$

**-при условиях испытания**

$$P_{штуц.исп\_300} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{обечайки.исп} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_{и}}{D_{р.обеч} + (s_{обечайки.исп} - c_1) \cdot V_{1\_300}} \cdot V_{1\_300} = 4.147 \text{ МПа}$$

$$U_{сл.пр.о.в.д.в.л.е.н.и.я} := \begin{cases} \text{"Штуцер, выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{if } (P_{расч}) \leq P_{штуц.исп\_300} \\ \text{"Штуцер, НЕ выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$U_{сл.пр.о.в.д.в.л.е.н.и.я} = \text{"Штуцер, выдерживает давление при условии испытаний"}$

-для штуцеров Ду300 на эллиптической крышке:

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

Коэффициент понижения прочности:

$$V_{1\_300} := \min \left( 1, \frac{w_{300}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_{p2} - d_{ор.цилиндр}}{l_{р.цилиндр}} + K_{1э} \cdot \frac{d_2 + 2 \cdot c_1}{D_{р.обеч}} \cdot \frac{\varphi}{\varphi} \cdot \frac{l_{1.штуц.Ду300}}{l_{р.цилиндр}}} \right) = 1$$

**-при рабочих условиях**

$$P_{штуц.раб\_300} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{обечайки.исп} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_t}{D_{р.обеч} + (s_{обечайки.исп} - c_1) \cdot V_{1\_300}} \cdot V_{1\_300} = 2.91 \text{ МПа}$$

$$U_{сл.пр.о.в.д.в.л.е.н.и.я} := \begin{cases} \text{"Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{if } (P_{расч}) \leq P_{штуц.раб\_300} \\ \text{"Штуцер НЕ выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$U_{сл.пр.о.в.д.в.л.е.н.и.я} = \text{"Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"}$

**-при условиях испытания**

$$P_{штуц.исп\_300} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{обечайки.исп} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_{и}}{D_{р.обеч} + (s_{обечайки.исп} - c_1) \cdot V_{1\_300}} \cdot V_{1\_300} = 4.147 \text{ МПа}$$

$$U_{\text{сл.пр.о.в.д.в.л.е.н.и.я}} := \begin{cases} \text{"Штуцер, выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{if } (P_{\text{расч}}) \leq P_{\text{штуц.исп\_300}} \\ \text{"Штуцер, НЕ выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$U_{\text{сл.пр.о.в.д.в.л.е.н.и.я}} = \text{"Штуцер, выдерживает давление при условии испытаний"}$

-для штуцеров Ду200:

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

Коэффициент понижения прочности:

$$V_{1\_200} := \min \left( 1, \frac{w_{200}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_{\text{р3}} - d_{\text{ор.цилиндр}}}{l_{\text{р.цилиндр}}} + K_1 \cdot \frac{d_3 + 2 \cdot c_1}{D_{\text{р.обеч}}} \cdot \frac{\varphi}{\varphi} \cdot \frac{l_{1\_штуц.Ду200}}{l_{\text{р.цилиндр}}}} \right) = 1$$

**-при рабочих условиях**

$$P_{\text{штуц.раб\_200}} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{\text{обечайки.исп}} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_t}{D_{\text{р.обеч}} + (s_{\text{обечайки.исп}} - c_1) \cdot V_{1\_200}} \cdot V_{1\_200} = 2.91 \text{ МПа}$$

$$U_{\text{сл.пр.о.в.д.в.л.е.н.и.я}} := \begin{cases} \text{"Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{if } (P_{\text{расч}}) \leq P_{\text{штуц.раб\_200}} \\ \text{"Штуцер НЕ выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$U_{\text{сл.пр.о.в.д.в.л.е.н.и.я}} = \text{"Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"}$

**-при условиях испытания**

$$P_{\text{штуц.исп\_200}} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{\text{обечайки.исп}} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{и}}}{D_{\text{р.обеч}} + (s_{\text{обечайки.исп}} - c_1) \cdot V_{1\_200}} \cdot V_{1\_200} = 4.147 \text{ МПа}$$

$$U_{\text{сл.пр.о.в.д.в.л.е.н.и.я}} := \begin{cases} \text{"Штуцер, выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{if } (P_{\text{расч}}) \leq P_{\text{штуц.исп\_200}} \\ \text{"Штуцер, НЕ выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$U_{\text{сл.пр.о.в.д.в.л.е.н.и.я}} = \text{"Штуцер, выдерживает давление при условии испытаний"}$

-для штуцеров Ду150:

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

Коэффициент понижения прочности:

$$V_{1\_150} := \min \left( 1, \frac{w_{150}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_{\text{р4}} - d_{\text{ор.цилиндр}}}{l_{\text{р.цилиндр}}} + K_1 \cdot \frac{d_4 + 2 \cdot c_1}{D_{\text{р.обеч}}} \cdot \frac{\varphi}{\varphi} \cdot \frac{l_{1\_штуц.Ду150}}{l_{\text{р.цилиндр}}}} \right) = 1$$

**-при рабочих условиях**

$$P_{\text{штуц.раб\_150}} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{\text{обечайки.исп}} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_t}{D_{\text{р.обеч}} + (s_{\text{обечайки.исп}} - c_1) \cdot V_{1\_150}} \cdot V_{1\_150} = 2.91 \text{ МПа}$$

$$U_{\text{сл.пр.д.вл.ния}} := \begin{cases} \text{"Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{if } (P_{\text{расч}}) \leq P_{\text{штуц.раб}_150} \\ \text{"Штуцер НЕ выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

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

**-при условиях испытания**

$$P_{\text{штуц.исп}_150} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{\text{обечайки.исп}} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{и}}}{D_{\text{р.обеч}} + (s_{\text{обечайки.исп}} - c_1) \cdot V_{1_150}} \cdot V_{1_150} = 4.147 \text{ МПа}$$

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

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

## 2.2.4 Расчет фланцевого соединения [8], [10]

**Исходные данные:**

Материал обечаек и фланцев - сталь 09Г2С

Материал шпилек - сталь 40Х

Материал прокладки - паронит ПОН.

$$D := 800_{\text{мм}}$$

$$D_{\text{н}} := 945_{\text{мм}} [9]$$

$$t := 40^{\circ}\text{C}$$

Рабочая температура

материал для шпилек: Сталь 40Х

Допускаемое напряжение материала при рабочей температуре для шпилек:

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

$$h_{\text{п}} := 4_{\text{мм}}$$

Толщина прокладки

$$d := 20_{\text{мм}}$$

Диаметр шпильки (рекомендуемый) [9]

$$b_{\text{п}} := 20_{\text{мм}}$$

Ширина прокладки

$$S_0 := 9_{\text{мм}}$$

Толщина втулки фланцев [9]

$$h := 45 \text{ мм}$$

Толщина тарелки фланца [9]

$$D_6 := 905 \text{ мм}$$

Диаметр окружности расположения болтов [9]

Расчетный диаметр прокладки [9]

$$D_{сн} := 845 \text{ мм}$$

$$n := 4$$

Количество болтов [9]

$$S_1 := 23 \text{ мм}$$

Толщина втулки фланца в месте присоединения к тарелке [9]

$$l_{кн} := 40 \text{ мм}$$

Длина конической втулки фланца [9]

$$P := 0. \text{ МПа}$$

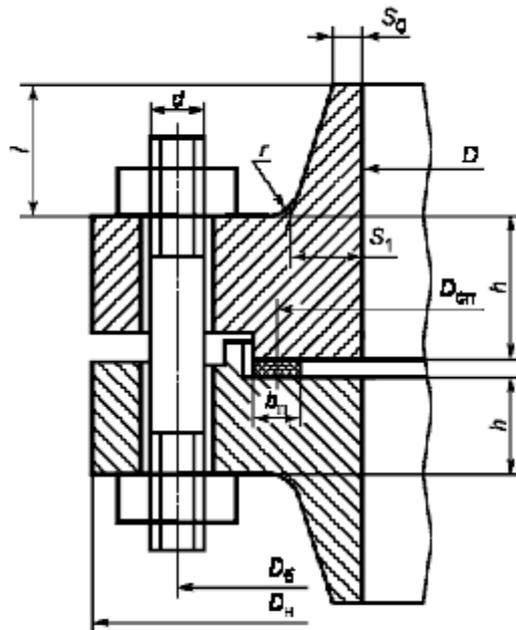
Расчетное давление

$$c_0 := 2 \text{ мм}$$

Прибавка на коррозию

$$M := CH^* \text{ мм}$$

**Фланцы с уплотнительной поверхностью выступ - впадина рекомендуется применять для условных давлений среды до 2,5 МПа**



**б** — фланцевое соединение с уплотнительной поверхностью типа выступ — впадина

Рис. 2.6 Фланцевое соединение с уплотнительной поверхностью типа выступ- впадина

### 2.2.4.1 Определение расчетных параметров

**Расчетная температура неизолированных, приваренных в стык фланцев  $t_{\phi}$**   
 $= 0,96 t$ :

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

$$t_{\phi} = 38.4$$

**Расчетная температура болтов (шпилек):**

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

$$t_{\sigma} = 34$$

**Модуль упругости для стали 40X при рабочей температуре:**

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

$$E := 2.15 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для стали 40X при  $t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ :

$$\sigma_{20\sigma} := 23\epsilon$$

$$\sigma_{20} := 19\epsilon$$

Модуль упругости для стали 40X при температуре испытания  $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ :

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

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

Коэффициент линейного расширения стали 40X при  $t = 20 - 100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ :

Для шпилек.

Для фланца.

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

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

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

$$\sigma_{\text{т}} := 177 \text{ МПа}$$

Так как фланцы изготавливается из листового проката

$$\eta := 1$$

$$\sigma_{\text{д.ф}} := \eta \cdot \sigma_{\text{т}}$$

$$\sigma_{\text{д.ф}} = 177 \text{ МПа}$$

#### 2.2.4.2 Расчет фланцевого соединения

Эффективная ширина плоской прокладки

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

$$b_0 = 17 \text{ мм}$$

Табл.2.1 характеристики основных типов прокладок

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

По таблице 2.1, выбираем характеристики прокладки изготовленной из паронита по ГОСТ 481-80:

$m := 2,5$  - прокладочный коэффициент

$q_{обж} := 2$  МПа - удельное давление обжатия прокладки

$q_d := 13$  МПа - допускаемое удельное давление

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

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

**Усилие, необходимое для смятия прокладки при затяжке:**

$$P_{обж} := 0,5\pi \cdot D_{сп} \cdot b_0 \cdot q_{обж}$$

$$P_{обж} = 4,513 \times 10^5 \text{ Н}$$

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

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

$$R_{п} = 1,128 \times 10^4 \text{ Н}$$

**Площадь поперечного сечения шпилек:**

$$f_{\sigma} := 245 \text{ мм}^2$$

По ГОСТ 1759.0-87.

**Суммарная площадь сечения шпилек по внутреннему диаметру резьбы или нагруженному сечению наименьшего диаметра:**

$$A_{\sigma} := n \cdot f_{\sigma}$$

$$A_{\text{б}} = 9.8 \times 10^3 \text{ мм}^2$$

**Равнодействующая нагрузка от давления:**

$$Q_{\text{д}} := \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{сп}})^2 \cdot P$$

$$Q_{\text{д}} = 5.608 \times 10^4 \text{ Н}$$

**Осевое сжимающее усилие**

$$F := \left[ 0.6 \cdot \left[ \frac{\pi \cdot \left( \frac{D}{1000} \right)^2}{4} \right] \cdot 10^6 \right] = -3.016 \times 10^5 \text{ Н}$$

**Приведенная нагрузка, вызванная воздействием внешней силы и изгибающего момента:**

$$Q_{\text{FM}} := \max \left( \left| F + \frac{4 \cdot |M|}{D_{\text{сп}}} \right|, \left| F - \frac{4 \cdot |M|}{D_{\text{сп}}} \right| \right) = 3.016 \times 10^5 \text{ Н}$$

**Податливость прокладки:**

$$y_{\text{п}} := \frac{h_{\text{п}} \cdot K_{\text{обж}}}{E_{\text{п}} \cdot \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_{\text{п}}}$$

$$y_{\text{п}} = 3.39 \times 10^{-8} \text{ мм/Н}$$

**Расстояние между опорными поверхностями гаек:**

$$L_{\text{б0}} := 8 \text{ см}$$

**Эффективная длина болта (шпильки) при определении податливости:**

$$L_{\text{б}} := (L_{\text{б0}} + 0.56 \cdot d)$$

$$L_{\text{б}} = 100.2 \text{ мм}$$

**Податливость шпилек:**

$$y_{\text{б}} := \frac{L_{\text{б}}}{E_{20\text{б}} \cdot A_{\text{б}}}$$

$$y_{\text{б}} = 4.69 \times 10^{-8} \text{ мм/Н}$$

**Расчетные параметры фланцев**

параметр длины обечайки:

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

$$l_0 = 84.853 \text{ мм}$$

**Отношение наружного диаметра тарелки фланца к внутреннему диаметру:**

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

$$K = 1.181$$

**Коэффициенты, зависящие от соотношения размеров тарелки фланца:**

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

$$\beta_T = 1.845$$

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

$$\beta_U = 12.913$$

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

$$\beta_Y = 11.865$$

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

$$\beta_Z = 6.059$$

**Коэффициенты для фланцевых соединений, зависящие от соотношения размеров втулки фланца, для фланцевых соединений с приварными встык фланцами с конической втулкой определяем по графикам:**

В зависимости от отношений:

$$\beta := \frac{S_1}{S_0} = 2.556$$

$$x := \frac{1}{\sqrt{D \cdot S_0}} = 0.471$$

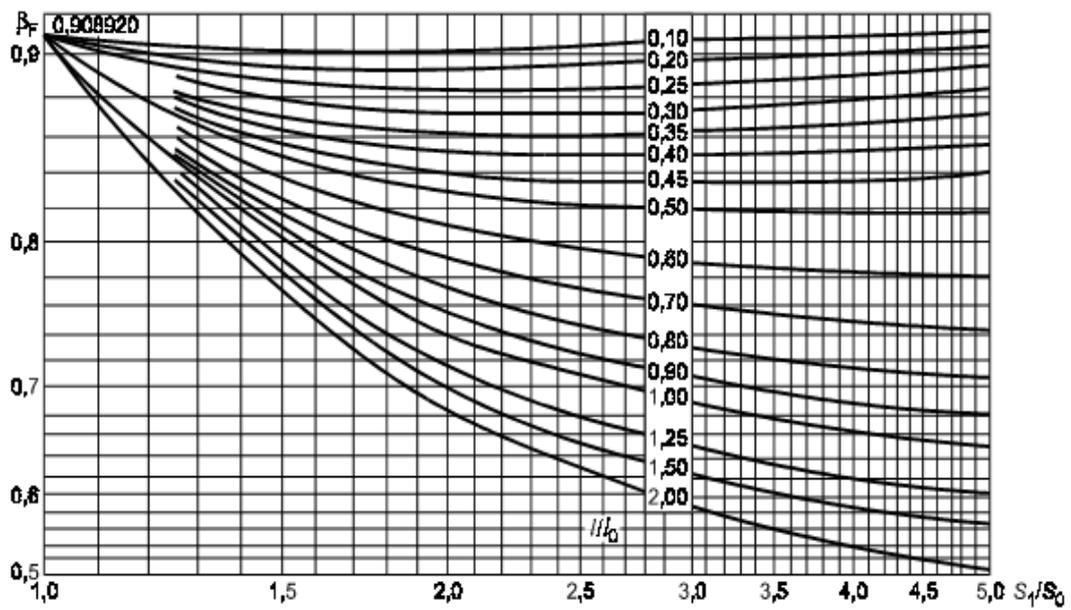


Рис. 2.7 к определению коэффициента  $\beta_F$  .

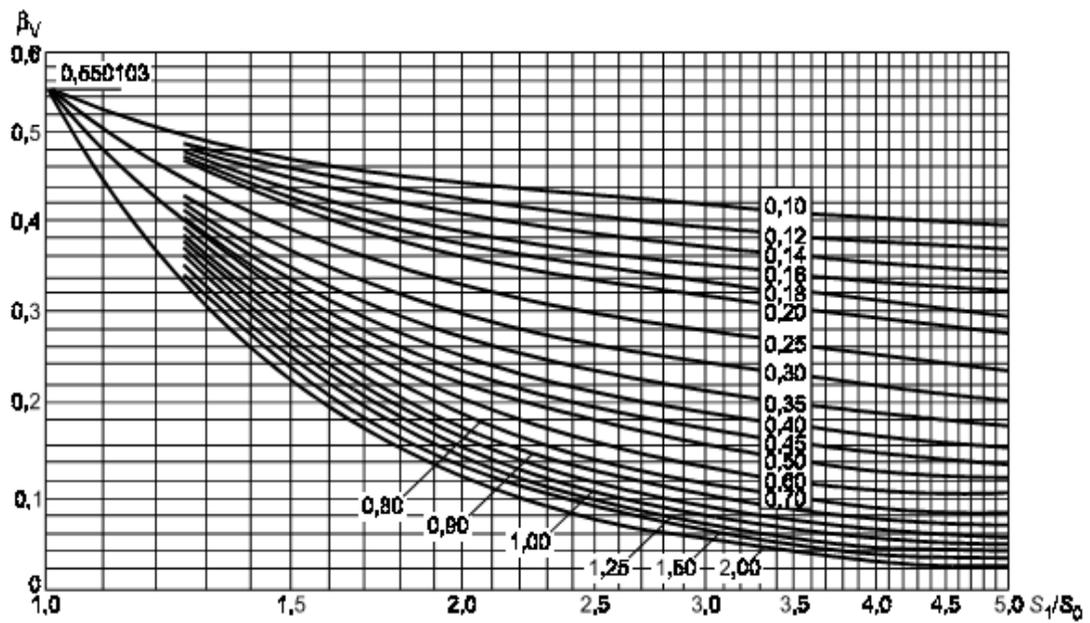


Рис. 2.8 к определению коэффициента  $\beta_V$  .

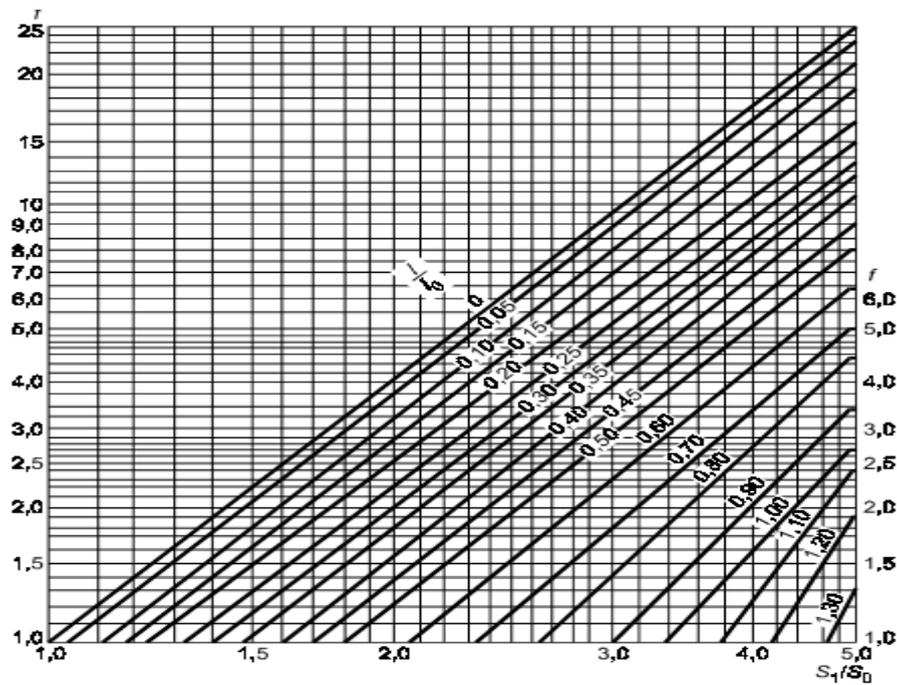


Рис. 2.9 Поправочный коэффициент для напряжений во втулке фланца .

Из рисунков определяем коэффициенты  $\beta_F$  и  $\beta_V$  и поправочный коэффициент  $f$ :

$$\beta_F := 0.82$$

$$\beta_V := 0.74$$

$$f := 2.1$$

Коэффициент  $\lambda$ :

$$\lambda := \frac{\beta_F \cdot h + l_0}{\beta_T \cdot l_0} + \frac{\beta_V \cdot h^3}{\beta_U \cdot l_0 \cdot (S_0)^2} = 1.548$$

### Угловая податливость фланцев

#### Угловая податливость фланца при затяжке:

$$y_\phi := \frac{0.91 \cdot \beta_V}{E_{20} \cdot \lambda \cdot l_0 \cdot (S_0)^2}$$

$$y_\phi = 2.984 \times 10^{-10}$$

#### Угловая податливость фланца, нагруженного внешним изгибающим моментом:

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

$$y_{\phi H} = 2.368 \times 10^{-11}$$

Угловую податливость плоской крышки вычисляют по формуле:

$$h_{кр} := 5\epsilon$$

$$\delta_{кр} := 3\epsilon$$

Где

$$K_{кр} := \frac{D_H}{D_{сп}} = 1.118$$

$$X_{кр} := 0.67 \cdot \frac{\left[ K_{кр}^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K_{кр})) - 1 \right]}{(K_{кр} - 1) \cdot \left[ K_{кр}^2 - 1 + (1.857 \cdot K_{кр}^2 + 1) \cdot \frac{h_{кр}^3}{\delta_{кр}} \right]} = 3.779 \times 10^{-4}$$

$$y_{кр} := \frac{X_{кр}}{\delta_{кр}^3 \cdot E_{20}} = 3.768 \times 10^{-14}$$

**Коэффициент, учитывающий изгиб тарелки фланца между шпильками:**

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

$$C_F = 1$$

Приведенный диаметр плоского фланца:

$$D' := D$$

Т.к.

$$D \geq 20 \cdot S_1 = 1$$

**Плечо действия усилий в шпильках для приварных встык фланцев:**

$$b := 0.5(D_6 - D_{сп})$$

$$b = 30$$

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

$$e := 0.5 \cdot (D_{сп} - D - S_0)$$

$$e = 18$$

$$e = 18 \quad \text{Эквивалентная толщина плоских фланцев:}$$

$$\xi := 1 + (\beta - 1) \cdot \frac{x}{x + \frac{1 + \beta}{4}} = 1.539$$

$$S_3 := \xi \cdot S_0 = 13.852$$

**Коэффициент жесткости фланцевого соединения для соединения фланца с крышкой:**

$$\gamma := \frac{1}{y_{\Pi} + y_{\delta} \cdot \frac{E_{20\delta}}{E_{\delta}} + b^2 \cdot \left( y_{\Phi} \cdot \frac{E_{20}}{E} + y_{\text{кр}} \cdot \frac{E_{20}}{E} \right)}$$

$$\gamma = 2.857 \times 10^6$$

**Коэффициент жесткости фланцевого соединения, нагруженного внутренним давлением или внешней осевой силой для соединения фланца с плоской прокладной крышкой:**

$$\alpha := 1 - \frac{y_{\Pi} - (e \cdot y_{\Phi} + y_{\text{кр}} \cdot b)b}{y_{\Pi} + y_{\delta} + b^2 \cdot (y_{\Phi} + y_{\text{кр}})}$$

$$\alpha = 1.364$$

**Коэффициент жесткости фланцевого соединения, нагруженного внешним изгибающим моментом:**

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

$$\alpha_M = 0.892$$

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

$$t_{\text{кр}} := t = 40$$

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

$$Q_t = 5.076 \times 10^4 \text{ Н}$$

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

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

$$P_{\text{б1}} = 3.237 \times 10^5 \text{ Н}$$

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

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

$$P_{\text{обж}} = 4.513 \times 10^5 \text{ Н}$$

$$P_{\text{б2}} = 9.016 \times 10^5 \text{ Н}$$

**Расчетная нагрузка на шпильки фланцевых соединений при затяжке фланцевого соединения:**

$$P_{\text{бМ}} := \max(P_{\text{б1}}, P_{\text{б2}})$$

$$P_{\text{бМ}} = 9.016 \times 10^5 \text{ Н}$$

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

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

$$P_{\text{бр}} = 1.042 \times 10^6 \text{ Н}$$

**Проверка прочности болтов и прокладки**

**Расчетные напряжения в болтах (шпильках):**

при затяжке:

$$\sigma_{\text{б1}} := \frac{P_{\text{бМ}}}{A_{\text{б}}}$$

$$\sigma_{\text{б1}} = 92 \text{ МПа}$$

в рабочих условиях:

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

$$\sigma_{\sigma 2} = 106.305 \text{ МПа}$$

### Проверка условий прочности шпилек при затяжке и в рабочих условиях:

$$Us1\_1 := \begin{cases} \text{"Условия прочности в при затяжке НЕ выполняются"} & \text{if } \sigma_{\sigma 1} > \sigma_{206} \\ \text{"Условия прочности в рабочих условиях НЕ выполняются"} & \text{if } \sigma_{\sigma 2} > \sigma_{\sigma 6} \\ \text{"Условия прочности выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

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

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

$$\sigma_{\sigma 2} = 106.305 \text{ МПа}$$

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

### Удельное давление на прокладку:

$$q := \frac{\max(P_{\sigma m}, P_{\sigma p})}{\pi \cdot D_{\sigma n} \cdot b_{\sigma}}$$

$$q = 19.622 \text{ МПа}$$

### Условие прочности прокладки (проверяется для мягких прокладок):

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

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

### Расчет фланцев на статическую прочность

Расчетный изгибающий момент, действующий на приварной встык фланца при затяжке:

$$M_M := C_F \cdot P_{\sigma m} \cdot b$$

$$M_M = 2.705 \times 10^7 \text{ Н*мм}$$

Расчетный изгибающий момент, действующий на фланец в рабочих условиях:

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

$$M_p = 3.769 \times 10^7 \text{ Н*мм}$$

### Расчетные напряжения во фланце при затяжке:

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

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

$$\sigma_{0M} = 123.82 \text{ МПа}$$

Напряжения в тарелке приварного встык фланца или плоского фланца в условиях затяжки:

радиальное напряжение:

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

$$\sigma_{RM} = 17.025 \text{ МПа}$$

окружное напряжение:

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

$$\sigma_{TM} = 94.946 \text{ МПа}$$

### Расчетные напряжения во фланце в рабочих условиях:

Меридиональные изгибные напряжения для приварных встык фланцев с прямой втулкой и плоских фланцев:

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

$$\sigma_{0p} = 172.545 \text{ МПа}$$

Максимальные меридиональные мембранные напряжения в обечайке плоского фланца:

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

$$\sigma_{0MMP} = -13.8 \text{ МПа}$$

**Максимальные меридиональные мембранные напряжения в обечайке плоского фланца:**

$$\sigma_{0\text{мор}} := \frac{P \cdot D}{2 \cdot (S_0 - c_0)} = 5.714 \text{ МПа}$$

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

радиальное напряжение:

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

$$\sigma_{Rr} = 23.724 \text{ МПа}$$

окружное напряжение:

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

$$\sigma_{Tr} = 132.308 \text{ МПа}$$

**Проверка условий статической прочности фланцев:**

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

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

PR\_3 := "Условия статической прочности выполняются"

KT = 1.3 при расчете с учетом стесненности температурных деформаций. При расчете без учета стесненности температурных деформаций KT = 1.

$$K_T := 1.3$$

$$Usl_3 := \begin{cases} PR_1 & \text{if } \sigma_{0M} > K_T \cdot 3\sigma_{20} \\ PR_2 & \text{if } \max \begin{bmatrix} |\sigma_{0r} + \sigma_{0MMP}| \\ \sigma_{0r} - \sigma_{0MMP} \\ |0.3\sigma_{0r} + \sigma_{0MOP}| \\ |0.3\sigma_{0r} - \sigma_{0MOP}| \\ 0.7 \cdot \sigma_{0r} + (\sigma_{0MMP} - \sigma_{0MOP}) \\ |0.7 \cdot \sigma_{0r} - (\sigma_{0MMP} - \sigma_{0MOP})| \end{bmatrix} > K_T \cdot 3\sigma_{d.f} \\ PR_3 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Usl\_3 := "Условия статической прочности выполняются"

$$\sigma_{0M} = 123.82 \text{ МПа}$$

$$K_T \cdot 3\sigma_{20} = 764.4 \text{ МПа}$$

$$\max \begin{bmatrix} |\sigma_{0p} + \sigma_{0MMP}| \\ \sigma_{0p} - \sigma_{0MMP} \\ |0.3\sigma_{0p} + \sigma_{0MOP}| \\ |0.3\sigma_{0p} - \sigma_{0MOP}| \\ 0.7 \cdot \sigma_{0p} + (\sigma_{0MMP} - \sigma_{0MOP}) \\ |0.7 \cdot \sigma_{0p} - (\sigma_{0MMP} - \sigma_{0MOP})| \end{bmatrix} = 186.345 \text{ МПа}$$

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

## Проверка углов поворота фланцев

Угол поворота приварного встык фланца, плоского фланца:

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

$$\Theta = 0.011$$

## Допустимый угол поворота плоского фланца

Допускаемый угол поворота приварного встык фланца принимаем 0.007 [8]

$$\Theta_{д} := 0.007$$

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

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

## 2.2.5 Расчет массы аппарата [12]

Вес аппарата:

Расчет веса корпуса аппарата:

Вес обечайки:

$$D_{н} := D_{внут} + 2s_{обечайки.ис} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_{мет} := 785 \text{ (плотность металла)}$$

$$G_{ц} := \pi \cdot \left[ \frac{\left( \frac{D_{н}}{10^3} \right)^2 - \left( \frac{D_{внут}}{10^3} \right)^2}{4} \right] \cdot L \cdot \rho_{мет} \cdot g = 2.378 \times 10^5 \text{ Н}$$

Вес крышки аппарата:

Масса крышки по [11]

$$m := 640. \text{ кг}$$

$$G_k := m \cdot g = 6.284 \times 10^3 \text{ Н}$$

Вес внутренних устройств:

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

Вес корпуса аппарата:

$$G_{\text{кор}} := G_{\text{ц}} + 2 \cdot G_k + G_y = 2.7 \times 10^5 \text{ Н}$$

Вес жидкости в аппарате:

Вес жидкости внутри корпуса при гидроиспытаниях:

$$V_{\text{кр}} := 0.8 \text{ м}^2$$

$$V_{\text{жид}} := 2 \cdot V_{\text{кр}} + \pi \cdot \left( \frac{D_{\text{внут}}^2 \cdot 10^{-6}}{4} \right) \cdot L = 93.492 \text{ м}^3$$

$$G_{\text{жид}} := V_{\text{жид}} \cdot \rho_{\text{воды}} \cdot g = 9.153 \times 10^5 \text{ Н}$$

Вес аппарата при гидроиспытаниях:

$$G_{\text{ап2}} := G_{\text{кор}} + G_{\text{жид}} = 1.185 \times 10^6 \text{ Н}$$

Нагрузка от собственной массы:

$$F := G_{\text{ап2}} = 1.185 \times 10^6 \text{ Н}$$

### 2.2.6 Расчет седловых опор [13], [14]

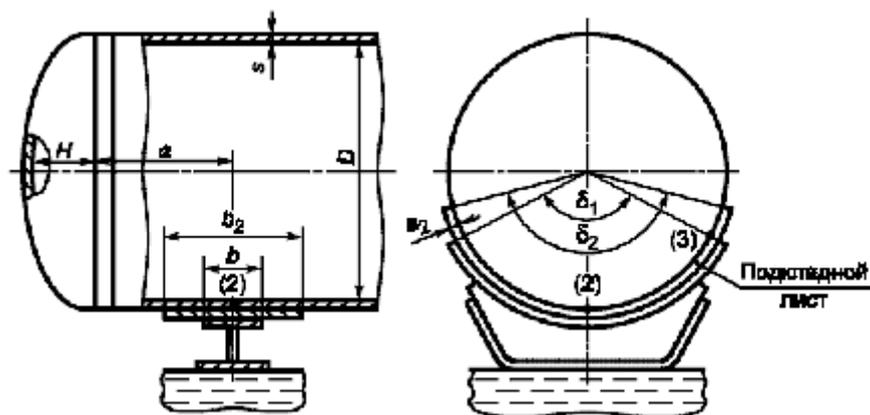


Рис. 2.10

Расчетная схема обечайки не подкрепленной кольцами жесткости.

Проверка применимости расчетных формул

$$\delta_1 := 12C$$

Угол охвата опорного листа

$$\delta_2 := 15C$$

Угол охвата подкладного листа

$$s_2 := 25$$

Толщина подкладного листа

$$H_{кр} := 0.7z_m$$

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

Пров = " Формулы применимы "

### Определение расчетных усилий

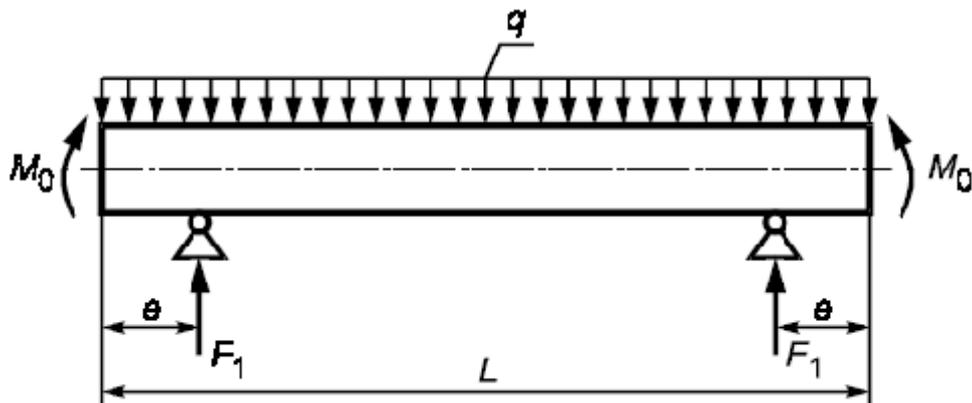


Рис. 2.11 Расчетная схема определения усилий

$$q := \frac{G_{ан2}}{L + (H_{кр}) \cdot \frac{4}{3}} = 8.467 \times 10^4 \text{ Н}$$

$$M_0 := q \cdot \frac{D_n^2 \cdot 10^{-6}}{16} = 4.923 \times 10^4 \text{ Н*М}$$

$$F_1 := \frac{G_{ан2}}{2} = 5.927 \times 10^5 \text{ Н}$$

Определение изгибающих моментов и поперечных усилий.

$$e := 0.4$$

$$a := 1$$

Момент над опорой:

$$M_1 := \left| \left( \frac{q \cdot e^2}{2} - M_0 \right) \right| = 3.864 \times 10^4 \text{ Н*м}$$

$$M_2 := M_1 = 3.864 \times 10^4 \text{ Н*м}$$

Максимальный момент между опорами:

$$M_{12} := M_0 + F_1 \cdot \left( \frac{L}{2} - a \right) - \frac{q}{2} \cdot \left[ \frac{L}{2} + \frac{2}{3} \cdot (H_{кр}) \right]^2 = 1.235 \times 10^6 \text{ Н*м}$$

Поперечное усилие в сечении оболочки над опорой:

$$Q_1 := \frac{L - 2 \cdot a}{L + \frac{4}{3} \cdot (H_{кр})} \cdot F_1 = 4.657 \times 10^5 \text{ Н*м}$$

Проверка несущей способности обечайки в сечении между опорами.

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

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

Таким образом, подбираем седловую опору типа 3 для сосудов и аппаратов диаметром от 2200 до 4000мм, 3-го исполнения (нагрузки от 900 до 1200 кН) согласно ОСТ 26-2091-93, с геометрическими параметрами приведенными в таблице 2.2.

Продолжение табл. 7

Размеры, мм

Диаметр аппарата, $D_B$	Допускаемая нагрузка на опору, кН (тс)	$S_1$	$S_2$	R	L	$L_I$	$l$	$l_I$	h	$h_I$	A	$A_I$	Масса, * кг	Масса листа подкладного, кг
3000	1200	22	25	1520	2640	2660	2560	1246	880	320	2200	1800	457	95
				1528			2570	1278					458	
				1540			2582	1283					458	

Также примем размеры подкладного листа согласно таблице, радиусом R=1540 и толщиной 25мм.

3000	I2	1520	I56,8
	I0		I30,8
	8		I04,7
	I4	1528	I83,8
	I2		I57,6
	I0		I31,5
	8		I05,2
	I8	1540	237,9
	I6		211,6
	I4		I85,2
	I2		I58,9
	I0		I32,5

450

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

Студенту:

Группа	ФИО
2К22	Шипулин Артём Сергеевич

Институт	ИФВТ	Кафедра	ОХХТ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	МАХП

**ЗАДАНИЕ**

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Производственный план. Точка безубыточности.
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Нормы амортизации на оборудования
<i>3. Ставки отчислений</i>	Отчисления на социальные нужды – 30 %
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<i>1. Расчет капитальных затрат на новое оборудование</i>	Точный расчет всех затрат на покупку нового оборудования, с учетом монтажных работ и транспортировки оборудования
<i>2. Расчет дополнительных затрат на новое оборудование</i>	Расчет дополнительных затрат на оборудование, включающих в себя: -издержки на амортизацию -издержки на ремонт -прочие издержки (0,5-1% от стоимости оборудования)
<i>3. Расчет расходов до и после модернизации оборудования</i>	Проведены расчеты всех затрат до и после установки нового оборудования.

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечина Ася Александровна	Кандидат химических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К22	Шипулин Артём Сергеевич		

### 3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

#### План подготовки и организации производства

Требуемые производственные мощности для непрерывного производства рассчитываются следующим образом:

$$M = P_{\text{сут}} T_{\text{эфф}} n,$$

где  $P_{\text{сут}}$  – суточная производительность ведущего оборудования;

$T_{\text{эфф}}$  – эффективное время оборудования;

$n$  – количество однотипного оборудования

$$T_{\text{эфф}} = T_n - T_{\text{ППР}} - T_{\text{ТО}},$$

где  $T_n$  – номинальный фонд работы оборудования;

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

$T_{\text{ТО}}$  – время технологических остановок.

Для определения реального выпуска продукции рассчитывается **производственная программа** ( $N_{\text{год}}$ ) по инвестиционным периодам:

$$N_{\text{год}} = K_{\text{им}} * M, \text{ где } K_{\text{им}} - \text{коэффициент использования мощности.}$$

Согласно паспортным данным оборудования составим график ППР и ТО.

Таблица 6

#### График ППР и ТО

Наименование оборудования	$T_n$ , сут/год	$T_{\text{ППР}}$ , сут/год	$T_{\text{ТО}}$ , сут/год	$T_{\text{эфф}}$ , сут/год
Нефтегазовый сепаратор 2,5-3000	365	15	6	344
Кожухотрубный теплообменник нефть/нефть	365	15	6	344
Подогреватель нефть/теплоноситель	365	15	6	344
Насосы перекачки товарной нефти	365	12	4	349
Дегазатор	365	15	6	344

Гидроциклон песка	удаления	365	10	4	351
Насосы емкостей	дренажных	365	12	4	349
Насосы химреагентов и метанола	откачки	365	12	4	349

Расчет производительной программы предприятия.

Таблица 7

### Производительная программа выпуска готовой продукции

Наименование показателя	Величина показателя по годам		
	2017 год	2018-19 год	2020-2064
1. Этапы загрузки мощности, %	30%	60%	100%
2. Объем производства, нат.ед./год	7,3 млн м <sup>3</sup> /год	14,8 млн м <sup>3</sup> /год	21,69 млн м <sup>3</sup> /год
3. Цена за единицу продукции, руб./ед.	34716	36451	38274
4. Объем продаж, тыс.руб./год	262,67*10 <sup>6</sup>	544,58*10 <sup>6</sup>	845,82*10 <sup>6</sup>

### Строительство производственных помещений

Территория ООО «Газпромнефть-Хантос» составляет 1000\*800 м. Для подготовки данной территории под строительно-монтажные работы необходимо затратить около 1 млрд. рублей. Высокая стоимость подготовительных работ обуславливается отдаленностью выбранной территории, ее заболоченностью, сложными климатическими условиями, а так же отсутствием развитой инфраструктуры ближайших населенных пунктов.

Необходимые производственные сооружения.

1. Узел коммерческого учета нефти.
2. Модуль насосов технологической линии.

3. Административно-бытовой комплекс.
4. Химико-аналитическая лаборатория.
5. Блок подачи хим. реагента.
6. Насосная внешней перекачки.
7. Блок обогрева рабочих – 4 шт.
8. Склад хим. реагентов.
9. Контейнер товарный для хранения мелкого оборудования – 10 шт.
10. Вагон-дом – 4 шт.

Учитывая сложные климатические условия, а так же вечную мерзлоту на уровне >15-20м над землей все сооружения будут возводиться не на фундамента, а на сваях, что позволит избежать разрушения конструкций в случаи таяния подземных льдов. Также по периметру каждого сооружения планируется возведение специальных радиаторов с возможностью экстренной закачки хладагента в них.

Так же в условия Заполярья необходимо обеспечить надежную теплоизоляцию дома. Это означает применение продуманных конструктивных схем зданий, которые гарантируют отсутствие «мостиков холода», использование эффективных материалов и энергосберегающих технологий.

Таким образом, все возводимые строительные сооружения будут возводиться по типовому проекту. Средняя стоимость  $1\text{м}^2$  такого сооружения будет 49,7 тыс. руб.

Так же необходимо задаться стоимостью обслуживания зданий:

- Освещение – 1,8 тыс. руб./ $\text{м}^2$ ;
- Водоснабжение и канализация - 2 тыс. руб./ $\text{м}^2$ ;
- Вентиляция – 1.5 тыс. руб./ $\text{м}^2$ ;
- Отопление – 7 тыс. руб./ $\text{м}^2$ ;
- Уборка помещений – 30 тыс. руб./ $\text{м}^2$  в месяц.

Для уборки помещений планируется обратиться к профильной клининговой компании, работающей по аутсорсинговому контракту.

Произведем расчет затрат на постройку и содержание необходимых строительных сооружений в виде таблицы.

## Затраты на постройку и содержание производственных сооружений

Таблица 8

Наименование сооружения	Стоимость одного квадратного метра производственного здания, $C_{1M2}$ , тыс. руб.	Стоимость затрат на отопление, $C_{от}$ , тыс. руб.	Стоимость затрат на вентиляцию, $C_{вен}$ , тыс. руб.	Стоимость затрат на водоснабжение и канализацию, $C_{вод+кан}$ , тыс. руб.	Стоимость затрат на освещение, $C_{осв}$ , тыс. руб.	Площадь здания, $S_{зд}$ , м <sup>2</sup> .	Количество сооружений, п, штук.	Стоимость здания, $C_{зд}$ , тыс. руб.
Блок обогрева рабочих (10x6) м.	66,6	7	1,50	2	1,8	60	4	18936
Узел коммерческого учета нефти (8x3) м.	49,7	7	1,50	2	1,5	24	1	1480,8
Модуль насосов тех. линии (12x10) м.	49,7	7	1,50	2	1,5	120	1	7404
АБК (12x20x3) м.	49,7	7	1,50	2	1,5	720	1	44424
ХАЛ (10x15) м.	49,7	7	1,50	2	1,5	150	1	9255
Блок подачи хим. реагента (10x6) м.	49,7	7	1,50	2	1,5	60	2	7404
Насосная внешней перекачки (10x10) м.	49,7	7	1,50	2	1,5	100	1	6170
Склад хим. реагентов (20x15) м.	49,7	7	1,50	2	1,5	300	1	18510
Контейнер товарный (8x6) м.	2,5	0	0,00	0	0	48	10	1200
Вагон-дом (10x6) м.	9,8	7	0,00	0	1,5	60	4	4392
					<b>ИТОГО:</b>	<b>1642</b>	<b>26</b>	<b>119175,8</b>

Таблица 9

## Расчет затрат на покупку и монтаж оборудования

Наименование оборудования	Количество оборудования, п, штук.	Стоимость изготовления, С <sub>пер</sub> , тыс. руб.	Стоимость доставки, С <sub>дост</sub> , тыс. руб.	Стоимость монтажа, 40% от (С <sub>пер</sub> + С <sub>дост</sub> ), тыс. руб.	Конечная стоимость ед. оборудования, С <sub>едоб</sub> , тыс. руб.	Конечная стоимость оборудования, С <sub>об</sub> , тыс. руб
НГС 2-2010	3	34418	6884	31803	74822	224466
НГС 2-2030	3	41271	8254	38134	89720	269160
Кожухотрубный теплообменник н/н	18	27738	5548	25630	60299	1085382
Подогреватель н/теплоноситель	3	21721	4344	20070	47219	141657
Насосы перекачки товарной нефти	3	20337	4067	18791	44210	132630
Дегазатор	3	5746	1149	5309	12492	37476
Гидроциклон	2	2171	434	2006	4719	9438
Насосы дренажных емкостей	18	1499	300	1385	3259	58662
Насосы закачки хим реагентов	4	3346	669	3092	7274	29096
Насосы внутренней перекачки	3	9940	1988	9185	21608	64824
РВС-20000	3	118611	23722	109596	257851	773553
				<b>ИТОГО:</b>	<b>623473</b>	<b>2826344</b>

## 3. Потребность в основных фондах

Основные фонды	1-ый год		2-ой год		3-ий год	
	Кол-во единиц	Общая стоимость, тыс. руб.	Общая потребность	Прирост основных фондов	Общая потребность	Прирост основных фондов
1. Здания, сооружения производственного назначения	26	119175,8	5	31685		
2. Передаточные устройства	960	466316,35	305	17892,9		
3. Машины и оборудование						
3.1. Силовые						
Электродвигатели	15	14350	10	9725	7	3600
3.2. Рабочие						
Насосы	18	193330	6	61475	3	30537
НГС 2-2010	2	149389	1	70591		
НГС 2-2030	2	157204	1	73178		
Теплообменник	12	723588	6	361744		
Подогреватель	2	94438	1	47219		
Гидроциклон	1	4719	1	9438		
РВС-20000	2	515702	1	257851		
3.3.	50	6000	50	6000	30	3600
Измерительные и регулирующие устройства						
4. Транспортные средства	2	1979,8				
5. Инструмент со сроком службы более 1 года			1000	850		
6.			20	2178		
Производственный инвентарь и принадлежности						
7. Хозяйственный инвентарь			392	6000		
<b>ИТОГО</b>	<b>1092</b>	<b>2446192</b>	<b>1799</b>	<b>955827</b>	<b>40</b>	<b>37737</b>

## Потребность в оборотных средствах

Таблица 11

Годы	Наименование оборотных средств	Единица измерения	Объём выпущенной продукции в год, тыс. тонн.	Норма расхода на 1т. продукции	Цена за единицу сырья, материалов, топлива, энергии, руб.	Кол-во оборотных средств на годовой выпуск	Затраты на оборотные средства, тыс. руб.
2017	<b>Сырье</b>						
	Газо-водонефтяная эмульсия	тонн	6106	3,5	3000	21371000	64113000
	Ингибитор парафинообразования	тонн	6106	0,05	150000	305300	45795000
	Ингибитор гидратообразования	тонн	6106	0,01	200000	61060	12212000
	Ингибитор коррозии	тонн	6106	0,01	150000	61060	9159000
	Реагент-деэмульгатор	тонн	6106	0,1	75000	610600	45795000
	<b>Энергия</b>						
	Электроэнергия	кВт	6106	32	4,62	195392000	902711,04
	<b>Незавершённое производство</b>	тонн	6106	0,05	25000	305300	7632500
	<b>Готовая продукция на складе</b>	тонн	6106	1	40367	6106000	246480902

Годы	Наименование оборотных средств	Единица измерения	Объём выпущенной продукции в год, тыс. тонн.	Норма расхода на 1т. продукции	Цена за единицу сырья, материалов, топлива, энергии, руб.	Кол-во оборотных средств на годовой выпуск	Затраты на оборотные средства, тыс. руб.
2018-2019	<b>Сырье</b>						
	Газо-водонефтяная эмульсия	тонн	12728	3,5	3000	44548000	133644000
	Ингибитор парафинообразования	тонн	12728	0,05	150000	636400	95460000
	Ингибитор гидратообразования	тонн	12728	0,01	200000	127280	25456000
	Ингибитор коррозии	тонн	12728	0,01	150000	127280	19092000
	Реагент-деэмульгатор	тонн	12728	0,1	75000	1272800	95460000
	<b>Энергия</b>						
	Электроэнергия	кВт	12728	32	4,62	407296000	1881707,52
	<b>Незавершённое производство</b>	тонн	12728	0,05	25000	636400	15910000
	<b>Готовая продукция на складе</b>	тонн	12728	1	40367	12728000	513791176

Годы	Наименование оборотных средств	Единица измерения	Объём выпущенной продукции в год, тыс. тонн.	Норма расхода на 1т. продукции	Цена за единицу сырья, материалов, топлива, энергии, руб.	Кол-во оборотных средств на годовой выпуск	Затраты на оборотные средства, тыс. руб.
2020	<b>Сырье</b>						
	Газо-водонефтяная эмульсия	тонн	18653,4	3,5	3000	65286900	195860700
	Ингибитор парафинообразования	тонн	18653,4	0,01	150000	186534	27980100
	Ингибитор гидратообразования	тонн	18653,4	0,01	200000	186534	37306800
	Ингибитор коррозии	тонн	18653,4	0,01	150000	186534	27980100
	Реагент-деэмульгатор	тонн	18653,4	0,1	75000	1865340	139900500
	<b>Энергия</b>						
	Электроэнергия	кВт	18653,4	32	4,62	596908800	2757718,656
	<b>Незавершённое производство</b>	тонн	18653,4	0,05	25000	932670	23316750
	<b>Готовая продукция на складе</b>	тонн	18653,4	1	40367	18653400	752981797,8

### 5. Расчет амортизационных отчислений и остаточной стоимости основных фондов

Основные фонды	Первоначальная стоимость ОФ, С <sub>пер</sub> , тыс. руб.	1 год		2 год		3 год	
		АО, тыс. руб.	С <sub>ост</sub> , тыс. руб.	АО, тыс. руб.	С <sub>ост</sub> , тыс. руб.	АО, тыс. руб.	С <sub>ост</sub> , тыс. руб.
<b>1 Здания и сооружения производственного назначения</b>	150860,8	75430,4	75430,4	49784,06	24892,03	24892,03	0
<b>2 Передаточные устройства</b>	484209,25	242104,6	242104,6	159789,1	79894,53	79894,53	0
<b>3 Машины и оборудование</b>							
<i>3.1 Силовые</i>							
Электродвигатели	27675	13837,5	13837,5	9132,75	4566,375	4566,375	0
<i>3.2. Рабочие</i>							
Насосы	285342	142671	142671	94162,86	47081,43	47081,43	0
НГС 2-2010	219980	109990	109990	72593,4	36296,7	36296,7	0
НГС 2-2030	230382	115191	115191	76026,06	38013,03	38013,03	0
Теплообменники	1085332	542666	542666	358159,6	179079,8	179079,8	0
Подогреватели	141657	70828,5	70828,5	46746,81	23373,41	23373,41	0
Гидроциклоны	14157	7078,5	7078,5	4671,81	2335,905	2335,905	0
РВС - 20000	773553	386776,5	386776,5	255272,5	127636,2	127636,2	0
<i>3.3 Измерительные и регулирующие устройства</i>	15600	7800	7800	5148	2574	2574	0
<b>4 Транспортные устройства</b>	1979,8	989,9	989,9	653,334	326,667	326,667	0
<b>5 Инструменты со сроком службы более 1 года.</b>	850	425	425	280,5	140,25	140,25	0
<b>6 Производственный инвентарь и принадлежности.</b>	2178	1089	1089	718,74	359,37	359,37	0
<b>7 Хоз. инвентарь (конторское оборудование).</b>	6000	3000	3000	1980	990	990	0
<b>ИТОГО:</b>	<b>3439755,85</b>	<b>1719878</b>	<b>1719878</b>	<b>1135119</b>	<b>567560</b>	<b>567560</b>	<b>0</b>

## Анализ безубыточности

Цель анализа – определение **точки безубыточности**, т.е. минимального объема продаж, начиная с которого предприятие не несет убытков. Это означает, что выручка от реализации продукции (В) должна быть равна общим затратам на производство и реализацию продукции:

Для построения графика безубыточности, находим:

Постоянные затраты на весь выпуск годовой продукции (1-ый год), руб.

$$Z_{\text{пост}} = 25946510280 \text{ руб.}$$

Переменные затраты на единицу продукции, руб./т.  $Z_{\text{пер}} = 29150,3 \text{ руб./т.}$

$$B = Z_{\text{пост}} + Z_{\text{пер}}$$

Выразим эту формулу через объем продаж (Q):

$$Q * C_i = Z_{\text{пост}} + Z_{\text{пер}} * Q,$$

где  $Z_{\text{пост}}$  - постоянные затраты на весь выпуск продукции, руб.;

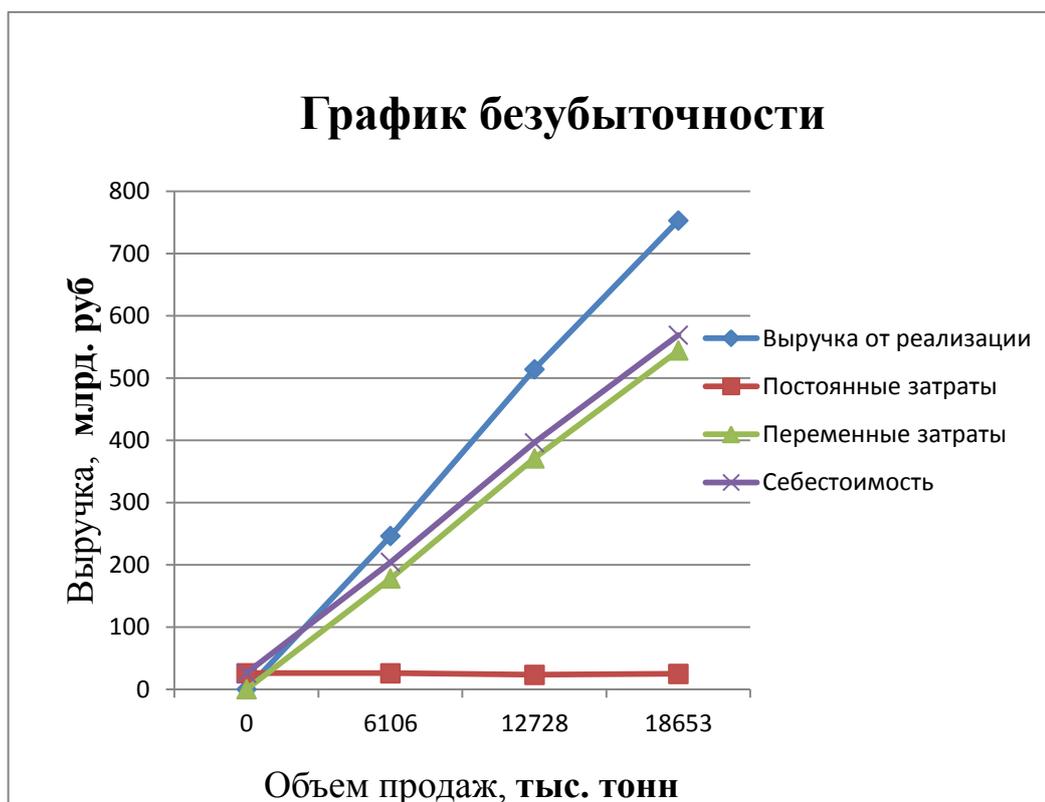
$Z_{\text{пер}}$  - переменные затраты на единицу продукции, руб./т;

$C_i$ - цена единицы продукции, руб./т.

Тогда точка безубыточности определится следующим образом:

$$Q_{\text{ТБ}} = \frac{Z_{\text{пост}}}{C_i - Z_{\text{пер}i}} = \frac{25946510280}{40367 - 29150,3} = 2313203 \text{ т}$$

На основе полученных ранее данных построим график безубыточности.



Из графика видим, что точка безубыточности соответствует расчетной. Также можно сделать вывод, что основным типом затрат предприятия являются переменные затраты (сырье, электроэнергия, реагенты), а не постоянные затраты (зар. плата сотрудников, основные фонды и т.д.). В подобной ситуации нужно гарантировать бесперебойные поставки оборотных средств, наличие надежных поставщиков и большой запас ОС на складе. В противном случае, предприятию грозят простои и большие финансовые потери.

**Вывод:** В результате проведенных расчетов выяснили, что данный проект является рентабельным. Об этом говорят показатели ЧДД и ИД. Чистый дисконтированный доход много больше нуля, а индекс доходности больше единицы.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2К22	Шипулин Артём Сергеевич

Институт	ИФВТ	Кафедра	ОХХТ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	МАХП

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p><i>Объект исследования</i> – концевая сепарационная установка;  <i>Рабочая зона</i> – промышленный участок;  <i>Рабочее место</i> – компьютерная аудитория;  <i>Область применения</i>- химическая промышленность.</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью;[3]</li> <li>– предлагаемые средства защиты;</li> <li>– (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>	<p>1.1.Выявление опасных и вредных факторов при эксплуатации объекта исследования:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вредные вещества, производственный шум, пожар, взрыв, вибрация;</li> <li>- электробезопасность;</li> <li>- физико-химическая природа вредности веществ и их связь с разрабатываемой темой;</li> <li>- действие вредных веществ на организм (нефть с попутным нефтяным газом, химические реагенты, метанол);</li> <li>- предлагаемые средства защиты для работы на установке производства этилбензола: (коллективная защита – шумоизолирующие конструкции, индивидуальные средства защиты – костюм, ботинки, перчатки, каска, очки защитные, маска)</li> </ul> <p>1.2.Выявление опасных и вредных факторов при разработке научного исследования на рабочем месте:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ микроклимата в помещении;</li> <li>– Анализ освещенности рабочей зоны;</li> <li>– Анализ электробезопасности на рабочем месте;</li> <li>– Анализ пожаровзрывобезопасности рабочего места.</li> </ul>

<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p>2.1. Анализ негативного воздействия на окружающую среду работы сепарационной установки; Влияние на атмосферу, гидросферу, литосферу; 2.2. Анализ решений по обеспечению экологической безопасности.</p>
<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	<p>3.1. Перечень возможных ЧС при эксплуатации установки алкилирования-пожар, взрыв, землетрясения; 3.2. Анализ действий работников при возникновении ЧС; 3.3. Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</p>
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>Анализ законодательно-правовой базы в области обеспечения безопасности: 4.1. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 31.12.2014) 4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны: технический перерыв, проветривание, полная изоляция от производственных источников шума и вибрации.</p>

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЭБЖ ИНК	Ахмеджанов Р.Р.	д.б.н., профессор		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К22	Шипулин Артём Сергеевич		

## 4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

### ВВЕДЕНИЕ

#### 4.1 Безопасная эксплуатация производства

Процессы сепарации, подготовки и транспорта нефти и газа по трубопроводам являются взрывопожароопасными. Разгерметизация оборудования и трубопроводов ведет к выбросу легко воспламеняющихся жидкостей и воспламеняющихся газов в производственные помещения и на территорию промышленного объекта с возможностью последующего воспламенения или взрыва от источника воспламенения.

Основными взрыво- и пожароопасными, вредными и токсичными веществами, находящимися в производстве, являются нефть с попутным нефтяным газом, химические реагенты, метанол.

Причины возникновения аварийных ситуаций и неполадок технологического процесса можно условно объединить в следующие группы:

- 1) отказы (неполадки) оборудования;
- 2) ошибочные действия персонала;
- 3) внешние воздействия природного и техногенного характера.

К основным причинам, связанным с отказом оборудования, относятся:

- прекращение подачи энергоресурсов (электроэнергии, газа и т.п.);
- коррозия и эрозия оборудования и трубопроводов;
- физический износ, механические повреждения или температурная деформация оборудования и трубопроводов;
- причины, связанные с типовыми процессами.

Прекращение подачи энергоресурсов может привести к нарушению нормального режима работы установки, выходу параметров за критические значения и созданию аварийной ситуации.

Коррозия и эрозия оборудования и трубопроводов может стать причиной разгерметизации оборудования. Чаще всего подобные разрушения имеют локальный характер и не приводят к серьёзным последствиям.

Физический износ, механические повреждения или температурная деформация оборудования и трубопроводов может привести как к частичному, так и полному разрушению конструкций и возникновению аварийной ситуации любого масштаба.

Все типовые процессы, протекающие на установке, можно разделить на гидродинамические и массообменные.

1. Гидродинамические процессы связаны со следующим типом оборудования:

- насосное и компрессорное оборудование;
- емкостное оборудование;
- трубопроводные системы (трубы и арматура).

Аварийная остановка насосов и компрессоров может привести к нарушению гидравлического, теплового и массообменного режима и разрушению оборудования. Отдельные элементы конструкции насосов и компрессоров обладают низким уровнем надежности (особенно торцевые уплотнения), что является источником утечек горючих жидкостей и газов и может привести к локальным взрывам и пожарам, которые при их развитии могут быть источниками цепного вовлечения в аварию оборудования с большими объёмами опасных веществ. Кроме этого при эксплуатации насосных и компрессорных агрегатов представляет опасность высокое напряжение электрического тока, подаваемого на электродвигатели.

Емкостное оборудование является источником повышенной опасности из-за значительных объемов сжатых паров, газов и жидкостей, содержащих горючие газы.

Трубопроводные системы являются источником повышенной опасности из-за большого количества сварных и фланцевых соединений, запорной и

регулирующей арматуры, жестких условий и значительных объемов горючих веществ, перемещаемых по ним. Причинами разгерметизации трубопроводных систем могут быть:

- остаточное напряжение в материале труб в сочетании с напряжением, возникающем при монтаже и ремонте, что может вызвать поломку элементов запорных устройств, прокладок, образование трещин, разрыв трубопровода;
- разрушения под воздействием температурных деформаций;
- гидравлические удары;
- вибрация;
- превышения давления и т.п.

2. Массообменные процессы разделения сложных смесей углеводородов (пластовой нефти, воды, попутного нефтяного газа, конденсата, компрессорного масла) проводятся в крупногабаритном оборудовании, работающем при давлении 0,3...0,8 МПа. По характеру протекания массообменных процессов, участвующие в них вещества не представляют опасности как источники внутренних взрывных явлений, но под влиянием внешних воздействий (механические повреждения, аварии на соседних блоках и т.п.) может произойти высвобождение больших количеств опасных веществ с образованием паровых облаков.

Ко второй группе причин возникновения аварийной ситуации на объекте относятся ошибки персонала, которые представляют особую опасность при пуске и остановке оборудования, ведении ремонтных и профилактических работ, связанных с неустойчивыми переходными режимами, с освобождением и заполнением оборудования опасными веществами. В случае неправильных действий обслуживающего персонала существует возможность разгерметизации системы и возникновения крупномасштабной аварии.

К внешним воздействиям природного и техногенного характера относятся:

- грозовые разряды и разряды от статического электричества;
- смерч, ураган, лесные пожары;
- снежные заносы и понижение температуры воздуха;
- подвижка, посадка, пучение грунта;
- опасности, связанные с опасными промышленными производствами, расположенными в районе объекта;
- опасности, связанные с перевозкой опасных грузов в районе расположения объекта;
- аварии воздушных судов;
- специально спланированная диверсия.[4]

## **1. Производственная безопасность**

Безопасные условия труда, в первую очередь, обеспечиваются комплексом профилактических мероприятий, соответствующих созданию таких условий труда, когда суммарное воздействие всех факторов на организм человека не превышает установленных предельно-допустимых концентраций.

Данная дипломная работа выполнялась по расчету концевой сепарационной установки.

### **1.1. Выявление вредных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации сепарационной установки.**

Процессы сепарации, подготовки и транспорта нефти и газа по трубопроводам являются взрывопожароопасными. Разгерметизация оборудования и трубопроводов ведет к выбросу легко воспламеняющихся жидкостей и воспламеняющихся газов в производственные помещения и на территорию промышленного объекта с возможностью последующего воспламенения или взрыва от источника воспламенения.

Основными взрыво- и пожароопасными, вредными и токсичными

веществами, находящимися в производстве, являются нефть с попутным нефтяным газом, химические реагенты, метанол.[4]

Таблица 4.1

## Характеристика взрывопожароопасности и токсичности сырья и реагентов

Наименование вещества	Агрегатное состояние	Класс опасности по ГОСТ 12.1.007-76	Температура, °С			Концентрационный предел взрываемости, %		Характер токсичности (воздействие на организм человека)	ПДК в воздухе рабочей зоны производственных помещений мг/м <sup>3</sup> ГОСТ 12.1.005-88
			Вспышки	Воспламенения	Самовоспламенения	Нижний	Верхний		
Нефть	жидкость	3	-18 ... +15	-	200...300	-	-	Наркотическое и судорожное действие	10
Попутный нефтяной газ	газ	4	-	-	535	6	13,5	Наркотическое действие	300
ИНТЕКС-1018	жидкость							Раздражает слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей	5 (по метанолу) 50 (по толуолу)

Таблица 4.2

## Описание свойств опасных веществ, применяемых в производстве

Наименование параметра	Характеристика			
	Сырая нефть	Попутный нефтяной газ	Деэмульгатор ИНТЕКС -1018	Деэмульгатор Демульфер F 929
Агрегатное состояние при нормальных условиях	Жидкость	Газ с характерным запахом	Жидкость	Жидкость со специфическим запахом
Реакционная способность	Растворяет предельные твердые углеводороды	Нет	Неизвестна	Сильный окислитель
Цвет	Буро-коричневый	Бесцветный	От бесцветного до желтого	Коричневый
Возможность превращения или выделение других опасных веществ	Выделение легких фракций углеводородов	Нет	Пары метанола	Угарный газ, углекислый газ, пары метанола
Воздействие на человека	Наркотическое отравление	Наркотическое отравление	Умеренно опасное вещество. Действует на нервную систему, печень, почки. Раздражает кожу. Обладает мутагенным действием	Токсично. Опасно при вдыхании и глотании. Вызывает раздражение глаз и верхних дыхательных путей.

Продолжение таблицы 4.2

Наименование параметра	Характеристика			
	Сырая нефть	Попутный нефтяной газ	Деэмульгатор ИНТЕКС-1018	Деэмульгатор Демульфер F 929
Меры предосторожности	Работать в хорошо проветриваемых помещениях.	Работать в хорошо проветриваемых помещениях.	<p>Работать в хорошо проветриваемых помещениях, оборудованных общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией.</p> <p>Запрещается допуск к работе с реагентом беременных и кормящих женщин, подростков до 18 лет, больных, имеющих в анамнезе органические поражения кожи, печени, почек, ЦНС, верхних дыхательных путей и органов зрения.</p>	<p>Избегать контакта с глазами и дыхательной системой. Не вдыхать газы, испарения и распыления, особенно в тёплом виде. После работы с реагентом помыть руки и прополоскать рот тёплой водой. Запрещается допуск к работе с реагентом беременных и кормящих женщин, подростков до 18 лет, больных, имеющих в анамнезе органические поражения кожи, печени, почек, ЦНС, верхних дыхательных путей и органов зрения.</p>

Средства защиты	Вентиляция, индивидуальные средства защиты	Вентиляция, индивидуальные средства защиты. Противогаз с коробкой А, БКФ или М.	Костюм из х/б ткани ГОСТ 12.4. 111-82, ГОСТ 12.4.112-82 или халаты ГОСТ 12.4.131-83, ГОСТ 12.4.132-83, очки защитные или ЗН ГОСТ 12.4.013-75, резиновые перчатки ГОСТ 20.010-74 или рукавицы ГОСТ 12.4.010-75, противогаз марки БКФ	Химические защитные очки, химический респиратор с картриджем (респиратор изолирующий), спецодежда: костюм хлопчатобумажный с водоотталкивающей пропиткой, ботинки кожаные, резиновые или кирзовые сапоги и рукавицы кислотозащитные «КР» или комбинированные.
Условия безопасного хранения	Хранить в закрытых емкостях.		Хранить в закрытой таре в складских помещениях полужакрытого типа отдельно от любых других веществ, не допускается попадание прямых солнечных лучей	Хранить в плотно закрытой таре в прохладном тёмном месте. При вскрытии упаковки использовать как можно быстрее.

Наименование параметра	Характеристика			
	Сырая нефть	Попутный нефтяной газ	Дезэмульгатор ИНТЕКС-1018	Дезэмульгатор Демульфер F 929
Первая помощь пострадавшим	Обеспечить приток свежего воздуха, напоить крепким кофе, чаем.	Обеспечить приток свежего воздуха, напоить крепким кофе, чаем.	<p>При попадании на кожу смыть большим количеством теплой воды с мылом. При попадании в глаза промыть большим количеством воды. Немедленно обратиться к врачу.</p> <p>При попадании в дыхательные пути вывести на свежий воздух и дать</p>	<p>При попадании на кожу смыть продукт большим количеством воды и ещё раз промыть с мылом. При попадании в глаза промыть большим количеством воды в течение 15 мин. Если раздражение не прошло обратиться к врачу. При попадании в дыхательные пути вывести на свежий воздух. Обратиться к врачу, если появятся какие-либо симптомы отравления.</p> <p>При проглатывании дать большое количество воды или коровьего молока для промывания желудка, обратиться к</p>

			отдохнуть. Обратиться к врачу.	врачу.
Методы перевода вещества в безвредное состояние	Биологическая рекультивация и захоронение	Сжигание	Захоронение или сжигание в специ- альных устройствах, предназначенных для утилизации вредных химических отходов.	Химикаты для нейтрализации не требуются. Сжигание в специальных устройствах, предназначенных для утилизации вредных химических отходов

## **1.2. Выявление опасных факторов при разработке и эксплуатации научного исследования**

### **Электробезопасность [5]**

Электрический ток представляет собой опасность, которая не предупреждает о своем присутствии (нет видимых движущихся частей, свечения, запаха, шума), а в случае повреждения электроустановок, (нарушения прочности изоляции, отсутствия заземления, неправильного его выполнения, обрыва и т.д.) вокруг места повреждения возникает опасное электрическое поле.

Особенно опасно прикосновение человека к токоведущим частям находящимся под напряжением. Вследствие теплового воздействия электрического тока при непосредственном прикосновении человека к токоведущим частям и при воздействии электрической дуги возникают внешние местные поражения (ожоги).

Ожоги могут быть поверхностные или глубокие, сопровождающиеся поражением не только кожных покровов, но и подкожной ткани, жира, глубоколежащих мышц и кости.

Различают три степени электрических ожогов :

1.Покраснение кожи.

Опасные факторы действия электрического тока

2.Образование пузырей.

3. Обугливание и омертвление кожи.

Раны от ожогов заживают очень долго, а поражение 2/3 поверхности тела может привести к смертельному исходу. Возникают также механические повреждения — разрыв тканей и некоторых внутренних органов, это может быть следствием динамических перенапряжений при прохождении через тело человека электрического тока (практически — тока короткого

замыкания) при случайном прикосновении одновременно к двум токоведущим шинам, напряжением выше 1000 В.

Механическое повреждение может быть вызвано падением человека с высоты вследствие испуга при незначительном воздействии силы тока, практически безопасного, если не были выполнены меры безопасности при работе на высоте.

Наибольшую опасность при всех видах поражения представляет электроудар, когда при прохождении тока через тело человека поражается весь организм в целом, возникают судороги, расстройство дыхания, аритмия работы сердца. Степень опасности силы тока зависит от силы тока, проходящего через организм. Если сила тока, проходящего через организм 1,5 мА (при постоянном напряжении), то в месте контакта с токоведущими частями ощущается зуд и нагрев. Такую силу тока называют порогом ощущения.

Увеличение силы тока до 10 мА при переменном и до 50 мА при постоянном напряжении вызывает у человека сильные боли в пальцах и кистях рук. При такой силе тока человек еще может самостоятельно оторваться от токоведущих частей. Такую силу тока называют условно безопасной.

Дальнейшее увеличение от 10 мА до 100 мА при переменном и от 50 мА до 100 мА при постоянном напряжении вызывает очень сильные боли, руки парализуются, наступает паралич дыхания, самостоятельно оторваться от токоведущих частей невозможно. Сила тока при снижении сопротивления человеческого тела постоянно возрастает и при достижении 100 мА, как при переменном, так и при постоянном напряжении наступает клиническая смерть (отсутствие внешних признаков жизни).

Опасное и вредное воздействие на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей проявляются в виде электротравм и профессиональных заболеваний. Для предотвращения этих и

других несчастных случаев необходимо разработать электробезопасность конструкций.

Согласно ПЭУ данная лаборатория относится к помещению без повышенной электроопасности, которое характеризуется отсутствием условий, создающих повышенную и или особую опасность.

Основные способы и средства электрозащиты:

- изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль;
- установка оградительных устройств;
- предупредительная сигнализация и блокировки;
- использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов;
- использование малых напряжений;
- электрическое разделение сетей;
- защитное заземление;
- выравнивание потенциалов;
- зануление;
- защитное отключение;
- средства индивидуальной электрозащиты.
- 

## **2. Экологическая безопасность. [2]**

В период эксплуатации объектов образуются отходы производства 1, 2, 3 и 4 классов опасности. Отработанные ртутные лампы, аккумуляторы направляются на переработку и обезвреживание по договору со специализированными организациями. Обтирочный материал, мусор от бытовых помещений размещаются на специальном полигоне. На предприятии, приказом, должно быть назначено лицо, ответственное за сбор, временное хранение и отгрузку отходов на полигон, а также на другие предприятия по переработке отходов; разработана инструкция по сбору, хранению (в соответствии с физическим состоянием и классом опасности

отхода) и отгрузке (транспортировке) отходов, исключая их россыпь, пролив, самовозгорание и взрыв.

### Виды и направления утилизации отходов, образующихся при эксплуатации объекта

Таблица 4.3

Узел, цех, установка, сооружение	Наименование отходов	Класс опасности, Код отхода <sup>1)</sup>	Периодичность (режим подачи отходов)	Способ хранения отходов	Способ утилизации отходов
Резервуары РВС-10000	Шлам очистки трубопроводов и емкостей (бочек, контейнеров, цистерн, гидронаторов) от нефти и нефтепродуктов	546 015 01 04 03 0 (3)	1 раз в 3 года	Резервуары	Полигон ЮЛТ
Сепараторы			1 раз в 2 года	Скапливается в емкостях	
Дренажные емкости			1 раз в 3 года	Скапливается в емкостях	
Дренажная емкость производства дождевых стоков	Песок, загрязненный нефтепродуктами (содержание нефтепродуктов менее 15%)	314 023 02 01 03 4	1 раз в год	Скапливается в емкости	
Установка ввода реагента	Железные бочки, потерявшие потребительские свойства	351 303 01 13 99 5	По мере применения реагентов	склад	Специализированное предприятие
Обслуживание механизмов	Обтирочный материал, загрязненный нефтепродуктами	549 027 00 01 03 4	Периодическая уборка	Специальные контейнеры, пластиковые пакеты	Обезвреживание
	Масла моторные отработанные	541 002 01 02 03 3	Ежемесячно	Дренажная емкость	Использование
	Масла компрессорные отработанные	541 002 05 02 03 3	Ежемесячно	Дренажная емкость	Использование

АБК	Отходы бумаги и картона от канцелярской деятельности и делопроизводства	187 013 00 01 00 5	Периодическая уборка	контейнеры для мусора	Специализированное предприятие
	Мусор от бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный)	912 00400 01 00 4	Периодическая уборка	контейнеры для мусора	Специализированное предприятие
Твердые покрытия площадок АБК	Мусор уличный	910 000 00 00 00 0 (5)	Периодическая уборка	контейнеры для мусора	Специализированное предприятие

### 3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

#### 3.1. Пожарная и взрывная опасность.[8]

Пожарная безопасность объекта обеспечивается рядом противопожарных мероприятий, предусмотренных в соответствии с требованиями правил противопожарного режима в РФ, ППБО-85, ВНТП 3-85 и других нормативных документов.

В отношении каждого объекта генеральным директором утверждается инструкция о мерах пожарной безопасности в соответствии с требованиями, установленными разделом XVIII Правил противопожарного режима в Российской Федерации, в том числе отдельно для каждого пожаровзрывоопасного и пожароопасного помещения производственного и складского назначения.

Лица допускаются к работе на объекте только после прохождения обучения мерам пожарной безопасности.

Обучение лиц мерам пожарной безопасности осуществляется путем проведения противопожарного инструктажа и прохождения пожарно-технического минимума.

Порядок и сроки проведения противопожарного инструктажа и прохождения пожарно-технического минимума определяются генеральным директором. Обучение мерам пожарной безопасности осуществляется в соответствии с нормативными документами по пожарной безопасности.

Приказом генерального директора назначается лицо, ответственное за пожарную безопасность, которое обеспечивает соблюдение требований пожарной безопасности на объекте.

В складских, производственных, административных и общественных помещениях, местах открытого хранения веществ и материалов, а также размещения технологических установок генеральный директор обеспечивает наличие табличек с номером телефона для вызова пожарной охраны.

Генеральный директор обеспечивает:

-Выполнение на объекте требований, предусмотренных статьей 6 Федерального закона "Об ограничении курения табака".

Запрещается курение на территории и в помещениях объектах добычи, переработки и хранения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей и горючих газов, на пожаровзрывоопасных и пожароопасных участках.

-Размещение на указанных территориях знаков пожарной безопасности "Курение табака и пользование открытым огнем запрещено".

Места, специально отведенные для курения табака, обозначаются знаками "Место для курения".

-Наличие на дверях помещений производственного и складского назначения и наружных установках обозначение их категорий по

взрывопожарной и пожарной опасности, а также класса зоны в соответствии с главами 5, 7 и 8 Федерального закона "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

-Исправность гидравлических затворов (сифонов), исключающих распространение пламени по трубопроводам ливневой или производственной канализации зданий и сооружений, в которых применяются легковоспламеняющиеся и горючие жидкости.

Слив легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в канализационные сети (в том числе при авариях) запрещается.

-Исправность сетей наружного и внутреннего противопожарного водопровода и организует проведение проверок их работоспособности не реже 2 раз в год (весной и осенью) с составлением соответствующих актов.

Генеральный директор при отключении участков водопроводной сети и (или) пожарных гидрантов, а также при уменьшении давления в водопроводной сети ниже требуемого извещает об этом подразделение пожарной охраны.

-Исправное состояние пожарных гидрантов, их утепление и очистку от снега и льда в зимнее время, доступность подъезда пожарной техники к пожарным гидрантам в любое время года.

-Укомплектованность пожарных кранов внутреннего противопожарного водопровода пожарными рукавами, ручными пожарными стволами и вентилями, организует перекатку пожарных рукавов (не реже 1 раза в год).

Пожарный рукав должен быть присоединен к пожарному крану и пожарному стволу.

Пожарные шкафы крепятся к стене, при этом обеспечивается полное открывание дверей шкафов не менее чем на 90 градусов.

-Помещения насосных станций схемами противопожарного водоснабжения и схемами обвязки насосов. На каждой задвижке и пожарном насосе-повысителе должна быть табличка с информацией о защищаемых помещениях, типе и количестве пожарных оросителей.

-Исправное состояние и проведение проверок работоспособности задвижек с электроприводом (не реже 2 раз в год), установленных на обводных линиях водомерных устройств и пожарных насосов-повысителей (ежемесячно), с занесением в журнал даты проверки и характеристики технического состояния указанного оборудования.

Запрещается использовать для хозяйственных и (или) производственных целей запас воды, предназначенный для нужд пожаротушения.

-Исправное состояние систем и средств противопожарной защиты объекта (автоматических установок пожаротушения и сигнализации, установок систем противодымной защиты, системы оповещения людей о пожаре, средств пожарной сигнализации, систем противопожарного водоснабжения, противопожарных дверей, противопожарных и дымовых клапанов, защитных устройств в противопожарных преградах) и организует не реже 1 раза в квартал проведение проверки работоспособности указанных систем и средств противопожарной защиты объекта с оформлением соответствующего акта проверки.

При монтаже, ремонте и обслуживании средств обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений должны соблюдаться проектные решения, требования нормативных документов по пожарной безопасности и (или) специальных технических условий.

На объекте должна храниться исполнительная документация на установки и системы противопожарной защиты объекта.

Перевод установок с автоматического пуска на ручной запрещается, за исключением случаев, предусмотренных нормативными документами по пожарной безопасности.

Устройства для самозакрывания дверей должны находиться в исправном состоянии. Не допускается устанавливать какие-либо приспособления, препятствующие нормальному закрыванию противопожарных или противоподымных дверей (устройств).

-В соответствии с годовым планом-графиком, составляемым с учетом технической документации заводов-изготовителей, и сроками выполнения ремонтных работ проведение регламентных работ по техническому обслуживанию и планово-предупредительному ремонту систем противопожарной защиты зданий и сооружений (автоматических установок пожарной сигнализации и пожаротушения, систем противоподымной защиты, систем оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией).

В период выполнения работ по техническому обслуживанию или ремонту, связанных с отключением систем противопожарной защиты или их элементов руководитель организации принимает необходимые меры по защите объектов от пожаров.

-Наличие в помещении диспетчерского пункта (пожарного поста) инструкции о порядке действий дежурного персонала при получении сигналов о пожаре и неисправности установок (систем) противопожарной защиты объекта.

Диспетчерский пункт (пожарный пост) обеспечивается телефонной связью и исправными ручными электрическими фонарями.

Для передачи текстов оповещения и управления эвакуацией людей допускается использовать внутренние радиотрансляционные сети и другие сети вещания, имеющиеся на объекте.

-Содержание пожарных автомобилей в пожарных депо или специально предназначенных для этих целей боксах, имеющих отопление, электроснабжение, телефонную связь, твердое покрытие полов, утепленные ворота, другие устройства и оборудование, необходимые для обеспечения нормальных и безопасных условий работы личного состава пожарной охраны.

Запрещается использовать пожарную технику и пожарно-техническое вооружение, установленное на пожарных автомобилях, не по назначению.

-Исправное техническое состояние пожарных автомобилей и мотопомп, а также техники, приспособленной (переоборудованной) для тушения пожаров.

Генеральный директор за каждой пожарной мотопомпой и техникой, приспособленной (переоборудованной) для тушения пожаров, организует закрепление моториста (водителя), прошедшего специальную подготовку для работы на указанной технике.

-Объект огнетушителями по нормам согласно приложениям N 1 и 2 Правил противопожарного режима в Российской Федерации.

Первичные средства пожаротушения должны иметь соответствующие сертификаты.

При работе на взрыво- пожароопасном производстве безопасность работающего персонала должна обеспечиваться:

- конструктивно-планировочным решением помещений, гарантирующим возможность осуществления быстрой эвакуации людей и ограничивающим распространение пожара;
- постоянным содержанием в надлежащем состоянии специального оборудования, способствующего успешной эвакуации людей в случае

пожара (системы экстренного оповещения, аварийное освещение, знаки безопасности);

- ознакомлением всех работающих с основными требованиями пожарной безопасности и мерами личной предосторожности, которые необходимо соблюдать при возникновении пожара, а также планом эвакуации людей из помещения;

- установлением со стороны администрации систематического контроля за строжайшим соблюдением мер предосторожности при ремонтных работах, эксплуатации электроприборов, электроустановок и отопительных систем.

Въезд на территорию УПН, ГКС должен осуществляться по специальному пропуску, согласованному ВПО. Перед въездом на территорию должна быть вывешена схема организации движения по территории и указана максимальная скорость движения транспорта. Маршруты движения въезжающего и выезжающего транспорта не должны пересекаться. Территория ограждается продуваемой несгораемой оградой по периметру.

Нормативные противопожарные разрывы между зданиями и сооружениями не разрешается использовать под складирование материалов, оборудования и т.д., для стоянки автотранспорта. Загрязнение территории, помещений и оборудования ЛВЖ и ГЖ, мусором и отходами производства не допускается. Площадки должны быть хорошо освещены. Кроме рабочего освещения предусматривается аварийное.

Запрещается выполнять производственные операции при отключении приборов КИП, по которым определяются заданные режимы температуры, давления, концентрации горючих газов, а также запрещается работа на оборудовании с неисправностями, что может привести к возгоранию.

Запрещаются ремонтные работы на оборудовании, находящемся под давлением, набивка и подтягивание сальников насосов на работающих

насосах, а также уплотнение фланцев на аппаратах и трубопроводах без снятия давления. За герметичностью оборудования (особенно фланцевых соединений и сальников) необходим строгий контроль. В случае обнаружения утечек нефтепродуктов следует принимать меры по их устранению.

Производственные установки должны обеспечиваться необходимыми системами контроля, автоматической защиты и регулирования пожароопасных параметров (температуры, давления, уровня жидкости и т.п.) согласно проекту. При эксплуатации установок автоматического контроля, управления и регулирования технологических процессов необходимо обращать внимание на:

- полноту оснащённости средствами автоматизации технологического оборудования;
- соответствие средств автоматизации степени пожарной и взрывоопасности процесса;
- наличие систем обнаружения, локализации и тушения пожара;
- обеспечение надёжности и безотказной работы в процессе эксплуатации и др.

В производственных помещениях и в рабочих зонах наружных установок, где возможно выделение взрывоопасных паров, должен быть организован систематический контроль воздуха газоанализаторами, сблокированными с аварийной вентиляцией (для помещений).

В закрытых помещениях, где расположены аппаратура и коммуникации, рабочей средой которых являются горючие и взрывоопасные газы, ЛВЖ необходимо обеспечить надёжную работу вентиляции с автоматическим отключением её при возникновении пожара. Работа в помещениях с неисправной вентиляцией запрещается.

Автоцистерны, перевозящие ЛВЖ, должны быть оборудованы надежным заземлением, а выхлопные трубы выведены под радиатор и оборудованы искрогасителями.

К электрооборудованию предъявляются повышенные требования пожаробезопасности. Электрооборудование пожаровзрывоопасных помещений и наружных установок по своему типу и исполнению должно соответствовать требованиям ПУЭ для соответствующих категорий и групп взрывопожароопасных смесей. Во взрывоопасных зонах допускается применение только взрывозащищенного электрооборудования. Неисправности в электросетях и электроаппаратуре, которые могут вызвать искрение, короткое замыкание, недопустимый нагрев проводов следует немедленно устранять, заблаговременно отключившись от электросети.

Все производственно-технологические объекты (аппараты, установки и т.д.) должны быть заземлены. В целях надежной защиты резервуаров от прямых ударов молний и разрядов статического электричества должен осуществляться надзор за исправностью молниеотводов и заземляющих устройств. В процессе эксплуатации резервуаров необходимо осуществлять постоянный контроль за исправностью дыхательных клапанов и огнепреградителей. При температуре воздуха выше нуля огнепреградители следует проверять не реже двух раз в месяц.

Огневые работы при ремонте трубопроводов и оборудования необходимо выполнять в соответствии с Правилами противопожарного режима в РФ и инструкцией по организации безопасного проведения огневых работ на взрывоопасных и взрывопожароопасных объектах.

Для обеспечения контроля возникновения пожара во взрыво- и пожароопасных зонах устанавливаются взрывозащищенные извещатели пожарные типа ИП, ручные типа ИПР и оповещатели (устанавливаются снаружи вне опасной зоны). Шлейфы пожарной сигнализации выводятся на

приемные приборы пожарно-охранной сигнализации, устанавливаемые в помещении операторной УПН.

Главная задача при возникновении пожара – его локализация. Небольшие загорания, а также пожары в начальной стадии могут быть успешно ликвидированы обслуживающим персоналом первичными средствами пожаротушения: порошковые и углекислотные огнетушители, асбестовые полотна, грубошерстные ткани (кошма, войлок), песок.

Для локализации и ликвидации пожара должны использоваться стационарные средства пожаротушения.

### **3.2. Безопасность при чрезвычайных ситуациях [7]**

#### **Пожарная безопасность УПН и БКНС [8]**

Для сооружений УПН и БКНС предусматриваются следующие виды пожаротушения:

- водяное;
- пенное;
- порошковое.

*Водяное пожаротушение* осуществляется по следующей схеме: вода из двух резервуаров пож.запаса  $V=400$  м<sup>3</sup> каждый подается насосной станцией пожаротушения (НСП), оборудованной тремя насосами марки «Grundfos CRV» в кольцевой противопожарный водопровод.

Противопожарный запас воды определен из условия хранения 6-ти часового запаса воды для охлаждения резервуара нефти РВС-2000 и тушения его. Система охлаждения резервуаров нефти стационарная. Установка охлаждения резервуаров предусматривает стационарно установленные полукольца орошения, сухотрубы, выведенные за пределы обвалования, соединительные головки для подключения

передвижной пожарной техники (мотопомпы). Вода расходуется на тушение и охлаждение резервуара нефти.

Внутреннее пожаротушение насосной станции пожаротушения (НСП) предусматривается от сети противопожарного водопровода от пожарных кранов, установленных в навесных шкафчиках и оборудованных пожарными рукавами и ручными пожарными стволами.

*Система пенного* пожаротушения запроектирована с применением воздушно-механической пены средней и низкой кратности.

Для приготовления раствора пенообразователя предусмотрены резервуары противопожарного запаса воды ПРВ-400.

Тушение пожара РВС выполнено подслоное. Подачу пены осуществляет насосная станция пожаротушения (НСП) оборудованная 2-мя баками-дозаторами, вмещающими 3000 литров универсального фторсинтетического пленкообразующего пенообразователя «STHAMEX Moussol APS F-15 (3%)».

Стационарная неавтоматическая система пожаротушения представляет собой стационарно установленные высоконапорные пеногенераторы ВПГ20 на РВС и трубопроводы – сухотрубы, выведенные за пределы обвалования с подключением через задвижку к кольцевому трубопроводу раствора пенообразователя. Подача пены в горящий резервуар выполняется по одному вводу.

Тушение пожара РВ (накопителя воды) выполнена стационарная неавтоматическая. Система пожаротушения представляет собой стационарно установленные пеногенераторы ГПС на РВ и трубопроводы – сухотрубы, выведенные за пределы обвалования с подключением через задвижку к передвижной пожарной технике или насосной пожаротушения.

Тушение технологических площадок предусматривается передвижными средствами – установками комбинированного тушения пожара УКТП «Пурга-10» и УКТП «Пурга-20» пеной средней и низкой кратности.

Пуск установки пенного неавтоматического пожаротушения:

- дистанционный;
- местный.

Дистанционный пуск установки осуществляется с кнопок управления, расположенных в камерах задвижек, противопожарных павильонах и из операторной.

Местный – включение насосов от кнопок, установленных в насосной станции пожаротушения.

При возникновении пожара срабатывает пожарная сигнализация. Сигнал поступает в операторную. Согласно плана ликвидации аварии, оператор ставит в известность руководителя объекта, диспетчера ЦПДС, пожарную охрану.

Тушение пожара в резервуарах осуществляется следующим образом: включаются кнопки дистанционного управления пожарными насосами пенотушения, после контроля давления в трубопроводе, открываются задвижки в сторону горящего объекта.

При возникновении пожара в резервуарном парке, открытых технологических площадках или других сооружениях сигнал о пожаре подается ручными пожарными извещателями.

За всеми средствами пожаротушения, а также за состоянием пожарной сигнализации должно быть установлено постоянное техническое наблюдение, обеспечивающее их исправное состояние и постоянную готовность к использованию. Эксплуатация объекта с неисправными системами пожаротушения не разрешается.

В случае пожара персонал должен оценить сложившуюся ситуацию и действовать согласно Плану мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий. План мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий должен находиться на рабочем месте. Обслуживающий персонал должен быть ознакомлен с ним под роспись. Знание плана мероприятий проверяют во время учебных и тренировочных занятий по графику, утвержденному главным инженером.

В проектной документации в разделе «План ликвидации аварий» также представлен расчет распространения пламени от паров ЛВЖ при аварийной ситуации в резервуарах  $V=2000$  м<sup>3</sup>. При разливе нефти в резервуарном парке в случае разрушения РВС глубина взрывоопасной зоны от границы разлива (от обвалования резервуаров) составляет 92,52 м.

Приближение к резервуарам во время пожара без защитной одежды недопустимо.

На случай возникновения пожара должна быть обеспечена возможность безопасной эвакуации людей. На объектах с массовым пребыванием людей (более 10 человек) на видном месте должен быть вывешен план эвакуации людей из опасной зоны.

Технологические блок-боксы насосной внешней и внутренней перекачки нефти, БИР поставляются в полной заводской готовности в комплекте с системой **автоматического порошкового пожаротушения.**

За всеми средствами пожаротушения, а также за состоянием пожарной сигнализации должно быть установлено постоянное техническое наблюдение, обеспечивающее их исправное состояние и постоянную готовность к использованию. Эксплуатация объекта с

неисправными системами пожаротушения не разрешается. На объекте должен быть 100% резерв модулей порошкового пожаротушения.

### **Средства защиты работающих [7]**

Несмотря на мероприятия, предусмотренные в проекте, нельзя исключить вероятность контакта обслуживающего персонала с вредными веществами в случае нарушения герметичности уплотнений на арматуре, разгерметизации оборудования и трубопроводов, ремонта и чистки аппаратов.

Персонал установки должен быть обеспечен спецодеждой согласно

ГОСТ 12.4.1П-82, 12.4.4.112-82 (спец.обувь, спецодежда, не накапливающие статического электричества, брезентовые рукавицы, фартук, каска). Запрещается использовать спецодежду, пропитанную нефтепродуктами, маслами.

Персонал установки должен быть обеспечен индивидуальными средствами защиты органов дыхания следующего типа:

- фильтрующий противогаз с коробкой марки БКФ;
- шланговые изолирующие дыхательные аппараты типа ПШ-1 и ПШ-2.

Шланговые противогазы применяются при проведении работ в емкостях, колодцах, а также в условиях загазованности.

Для безопасного проведения работ на высоте применяются предохранительные пояса (по ГОСТ Р 50849-96).

Для работы с электросиловыми установками применяются диэлектрические перчатки по ТУ 08-106.359-79, боты по ГОСТ

13.385-78, оборудование и инструмент, соответствующие требованиям электробезопасности.

Также персонал обеспечивается касками защитными, подшлемниками под каску и другими средствами защиты.

Кроме индивидуальных средств защиты предусматриваются коллективные средства защиты работающих при возможных возгораниях. Небольшие загорания, а также пожары в начальной стадии могут быть успешно ликвидированы обслуживающим персоналом первичными средствами пожаротушения. Наиболее распространенными первичными средствами пожаротушения являются: порошковые и углекислотные огнетушители, асбестовые полотна, грубошерстные ткани (кошма, войлок), песок. При комплектовании установки первичными средствами пожаротушения следует руководствоваться требованиями Правил противопожарного режима в РФ.

Расчет необходимых первичных средств пожаротушения следует вести по каждому объекту самостоятельно. На объектах должны быть вывешены правила пользования пожарным инвентарем. Размещение первичных средств тушения пожара следует производить вблизи мест наиболее вероятного их применения, на виду, в безопасном при пожаре месте с обеспечением к ним свободного доступа. За состоянием первичных средств пожаротушения должен осуществляться повседневный контроль. Для указания местонахождения переносных огнетушителей на защищаемых объектах необходимо на видных местах на высоте 2-2,5 м устанавливать информационные знаки.

Согласно приложению 5 Правил противопожарного режима в Российской Федерации на объекте принят тип пожарного щита – ЩП-В. Нормы комплектации пожарного щита для пункта сдачи

нефти немеханизированным инструментом и инвентарем приведены в таблице 6.2. Первичные средства пожаротушения необходимо расположить на специально оборудованном пожарном пункте по согласованию с пожарной охраной.

В случае возникновения возгораний нефть тушится огнетушителем: горящая поверхность покрывается огнетушащим составом по окружности от краев к центру. При тушении песком – засыпать горящую поверхность по окружности, уменьшая площадь горения. Нужно помнить, что применять воду для тушения электропроводов и электрооборудования запрещается, при возникновении пожара в нескольких аппаратах надо приступать к тушению аппарата, расположенного с наветренной стороны по отношению к другому горящему оборудованию.

При тушении одежды на человеке нужно повалить его, накрыть кошмой, покрывалом, спецодеждой и ликвидировать очаги горения, необходимо оказать ему первую помощь и вызвать скорую помощь.

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

Законодательство РФ об охране труда основывается на Конституции РФ и состоит из федерального закона, других федеральных законов и иных нормативных правовых актов субъектов РФ. Среди них можно выделить **федеральный закон “Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний”**. Для реализации этих законов приняты Постановления Правительства РФ “О государственном надзоре и контроле за соблюдением законодательства РФ о труде и охране труда”, “О службе охраны труда”, “О Федеральной инспекции труда” и др. [9]

Управление охраной труда осуществляет блок федеральных органов исполнительной власти, руководимый Министерством здравоохранения и социального развития Российской Федерации (Минздравсоцразвития). Оно осуществляет функции государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере здравоохранения и социального развития, социального страхования, условий и охраны труда и т. д.

Функции по контролю и надзору, которые ранее осуществлялись Санэпиднадзором Минздрава России, **переданы Федеральной службе по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор)**.

Федеральная служба по труду и занятости (Роструд) осуществляет функции по надзору и контролю в сфере труда, а также государственный надзор и контроль за соблюдением, в частности, трудового законодательства и нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права; установленного порядка расследования и учета несчастных случаев на производстве.

Федеральное агентство по здравоохранению и социальному развитию (Росздрав) организует деятельность по установлению связи заболевания с профессией, государственной службы медико-социальной экспертизы и др.

Федеральная служба по надзору в сфере здравоохранения и социального развития (Росздравнадзор) осуществляет контроль за порядком организации осуществления медико-социальной экспертизы; порядком установления степени утраты профессиональной трудоспособности в результате несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний и др.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) — государственный санитарно-эпидемиологический надзор за соблюдением санитарного

законодательства; организует деятельность системы санитарно-эпидемиологической службы РФ.

**В федеральном законе “О пожарной безопасности” (1994)** определяются общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в России, дается регулирование отношений между органами государственной власти, органами местного самоуправления, предприятиями, организациями, крестьянскими хозяйствами и иными юридическими лицами независимо от форм собственности.[10] Федеральный закон “О промышленной безопасности опасных производственных объектов” (1997) определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлен на предупреждение аварий на опасных производственных объектах и обеспечение готовности организаций к локализации последствий аварий.

#### **Вывод:**

В разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены вопросы безопасности производства с точки зрения Ноксологии. Определены основные опасные и вредные производственные факторы. Поскольку сырье и отходы производства обладают токсическими и взрывопожароопасными свойствами, предприятием предусмотрены меры по обеспечению безопасности и предотвращению возможных аварийных ситуаций. Для максимально быстрого ликвидации аварии на производстве, разработан перечень возможных аварийных ситуаций и план по их ликвидации. Противопожарной безопасностью производства предусмотрено наличие на территории средств пожаротушения и защиты от пожара. Работники снабжены специальной одеждой в соответствии с требованиями современных стандартов. Для защиты от электричества приняты меры по изоляции токоведущих кабелей и заземлению оборудования работающего при наличии

электричества. Отходы производства просчитаны и не превышают норм. Для исключения попадания вредных веществ на почву предусмотрено:

- обвалование и ограждение бордюрным камнем площадок, где возможен разлив продукта;
- дренажные емкости;
- обвалование резервуарного парка;
- защита емкостей и трубопроводов от коррозии изоляцией усиленного типа.

## **Заключение**

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

В разделе «Социальная ответственность» освещены вопросы пожарной и электробезопасности, производственной санитарии и выбросов в окружающую среду.

В разделе «Финансовый менеджмент» рассмотрена экономическая часть проекта. Рассчитаны индекс доходности и чистый дисконтированный доход.

## Список использованной литературы

1. Лутошкин Г.С. «Сбор и подготовка нефти, газа и воды», учебник для ВУЗов. – 3-е изд., стереотипное. Перепечатка со второго издания 1979 г. – М.: ООО ТИД «Альянс», 2005. – 319 с.
2. «Химическая технология промышленной подготовки нефти», учебное пособие/ А.Л. Савченков. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. – 180с.
3. ГОСТ Р 52857.1-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования»
4. 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.»
5. 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.»
6. ГОСТ 10704-91 «Трубы стальные электросварные прямошовные.»
7. ГОСТ 12821-80 «Фланцы стальные приварные встык.»
8. ГОСТ Р 52857.4-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений.»
9. ГОСТ 28759.3-90 «Фланцы сосудов и аппаратов стальные приварные встык.»
10. ГОСТ 481-80 «Паронит и прокладки из него»
11. ГОСТ 6533-78 «Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов, аппаратов и котлов. Основные размеры.»
12. Электронный ресурс: [ru.onlinemschool.com/math/formula/volume](http://ru.onlinemschool.com/math/formula/volume).
13. ГОСТ Р 52857.1-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок»

14. ОСТ 26-2091-93 «Опоры горизонтальных сосудов и аппаратов»
15. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.»
16. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.»
17. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.»
18. ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности».
19. ПБ 03-576-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.»
20. Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.»
21. СанПиН 2.1.6.1032-01 «Гигиенические требования к определению качества атмосферного воздуха населенных мест.»
22. Технологический регламент. Пункт подготовки и сбора нефти(п. Пионерный).
23. Семакина О.К. «Монтаж, эксплуатация и ремонт оборудования отрасли». Рабочая программа.
24. Электронный ресурс:<http://www.cdminfo.ru/spetstehnika/stroitel'naya-tehnika/1.1.-kranyi-avtomobilnyie.html>
25. Электронный ресурс: <http://www.novedu.ru/sprav/pl-h2O.html>
26. Электронный ресурс:[http://ru.wikipedia.org/wiki/Ускорение\\_свободного\\_падения](http://ru.wikipedia.org/wiki/Ускорение_свободного_падения)
27. Лашинский А.А., Толчинский А.Р. «Основы конструирования и расчета химической аппаратуры». Справочник – М.:Альянс, 2008. – 752с.