

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

---

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

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
Узел охлаждения и очистки возвратного газа установки полимеризации этилена УДК 66.045.5.661.716.2.32.095.262

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К31	Черепов Александр Владиславович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тихонов Н.В.	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г.	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

По разделу «Конструктивно-механический раздел»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

## Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р1	Применять базовые математические, естественнонаучные, социально-экономические и специальные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-1,2,3,19,20), Критерий 5 АИОР (п.1.1)
Р2	Применять знания в области энерго-и ресурсосберегающих процессов и оборудования химической технологии, нефтехимии и биотехнологии для решения производственных задач	Требования ФГОС (ПК-4,5,9,15 ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2)
Р3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.	Требования ФГОС (ПК-4,5,8,11, ОК-2,4), Критерий 5 АИОР (пп.1.2)
Р4	Проектировать и использовать новое энерго-и ресурсосберегающее оборудование химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ПК-8,11,23,24), Критерий 5 АИОР (п.1.3)
Р5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области энерго-и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ПК-1,4,5,19-22, ОК-7,10), Критерий 5 АИОР (п.1.4)
Р6	Осваивать и эксплуатировать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность и надежность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-6,12,13,14,17, ОК-3,4,8), Критерий 5 АИОР (п.1.5)
Р7	Применять знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС (ПК-3, 8, 9, 10, 11, 12, 13), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р8	Использовать современные компьютерные методы вычисления, основанные на применении современных эффективных программных продуктов при расчете свойств материалов, процессов, аппаратов и систем, характерных для профессиональной области деятельности; находить необходимую литературу, использовать	Требования ФГОС (ПК-4, 5, 9, 10, 11, 14)

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

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

---

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

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_ Тихонов В.В.  
(Подпись) \_\_\_\_\_ (Дата)  
(Ф.И.О)

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

В форме:

Дипломного проекта.

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-2К31	Черепов Александр Владиславович

Тема работы:

Разработка основного оборудования установки полимеризации в производстве полиэтилена

Утверждена приказом директора (дата, номер)	
---	--

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**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>	<b>Материалы преддипломной практики</b>
--	---

<p><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></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Введение;</li> <li>- Описание технологической схемы;</li> <li>- Технологический расчет ОВД;</li> <li>- Конструктивный расчет ОВД;</li> <li>- Механический расчет ОВД;</li> <li>- Социальная ответственность</li> <li>- Техничко-экономические показатели.</li> </ul>
<p><b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>1 лист технологическая схемы, лист 2-3 общий вид ОВД, , лист 4 технико-экономические показатели</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p><b>Экономический</b></p>	<p><b>Рыжакина Т.Г.</b></p>
<p><b>Социальный</b></p>	<p><b>Антоневич О.А.</b></p>
<p><b>Конструктивно-механический раздел</b></p>	<p><b>Беляев В.М.</b></p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	

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

**Задание выдал руководитель:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К31	Черепов Александр Владиславович		

## РЕФЕРАТ

Дипломный проект 73 с., 9 рис., 18 табл., 26 источника, 4 листов графического материала.

Отделитель высокого давления.

Объект исследования – узел очистки и охлаждения возвратного газа.

Целью работы является проектирование оборудования узла очистки и охлаждения возвратного газа.

В работе содержится механический и технологический расчет:

– отделителя высокого давления, что состоит из выбора материала, определения пробного давления при гидроиспытаниях, определения пробного давления в рубашке и змеевике, расчета корпуса, расчета кармана термопары, днища, фланца, крышки, шпилек, опор, коллектора, гидравлического расчета.

Также рассмотрены:

– выбрана схема регулирования и автоматического контроля процесса;

– главные элементы производства, которые формируют опасные и вредные факторы, разработаны мероприятия, направленные на снижение их воздействия;

– рассчитаны технико–экономические показатели, проанализирована безубыточность и срок окупаемости инвестиций.

## **ABSTRACT**

Diploma project 73 p., 9 pic., 18 tables, 26 sources, 4 sheets of graphic material.

High-pressure separator.

The object of the study is a unit for cleaning and cooling the return gas.

The aim of the work is to design the equipment for the purification and cooling unit of return gas.

The work contains a mechanical and technological calculation:

- a high-pressure separator, which consists of the selection of the material, the determination of the test pressure in the hydrotest, the test pressure in the jacket and the coil, the calculation of the hull, the calculation of the thermocouple pocket, the bottom, the flange, the cap, the studs, the supports, the collector, the hydraulic calculation .

Also considered:

-The scheme of regulation and automatic control of the process is chosen;  
- the main elements of production, which form dangerous and harmful factors, developed measures aimed at reducing their impact;

-assigned technical and economic indicators, analyzed the break-even and payback period of investments.

## Содержание

Введение.....	9
1    Технология производства .....	10
2    Отделитель высокого давления.....	12
2.1  Технологический расчет основного аппарата .....	12
2.2  Гидравлический расчет.....	13
3    Механический расчет основного аппарата .....	17
3.1  Выбор материала.....	18
3.2  Определение пробного давления для гидроиспытаний.....	19
3.3  Определение пробного давления в змеевике и рубашке.....	20
3.4  Расчет корпуса.....	21
3.5  Расчет кармана термопары.....	23
3.6  Расчет днища.....	25
3.7  Расчет фланца .....	26
3.8  Расчет шпилек.....	30
3.9  Расчет крышки.....	32
3.10 Расчет опор.....	34
4    Автоматизация.....	41
4.1  Краткое описание технологии.....	41
5    Социальная ответственность .....	47
5,1  Производственная безопасность .....	47
5.2  Экологическая безопасность .....	51
5.3  Безопасность в чрезвычайной ситуации .....	52
5.4  Правовые и организационные вопросы по обеспечению безопасности.....	54
6    Экономика производства .....	59
6,1  Расчет производственной мощности .....	59
6.2  Расчет затрат на производство .....	64
6.3  Анализ безубыточности .....	68
6.4  Срок окупаемости инвестиций .....	68
Заключение .....	71
Список литературы .....	72

## **Введение**

На современном этапе достаточно сложно представить себе мир без пластика, простого, и в то же время полезного изобретения. Благодаря пластику, и другим аналогичным материалам наша жизнь становится комфортабельнее и проще, помогая в хранении, транспортировке продукции, в разных сферах науки и техники. Пластик применяется практически везде, аналогично всем разнообразным предметам, изготавливаемым на его основании. Следует остановиться лишь на одном из таких изделий – разнообразная пленка из полиэтилена, применяемая в разных сферах повседневной жизни. Производству полиэтилена принадлежит особая роль в процессе развития экономики России. Осуществим анализ вопроса, касающегося модернизации главного оборудования узла охлаждения и очистки возвратного газа. Поставленная перед дипломным проектом цель заключается в разработке оборудования, увеличивающего уровень охлаждения и очистки газа, который не вступил в реакцию непосредственно в реакторном блоке, результатом чего будет являться увеличение производственной производительности полиэтилена; проработка вопросов социальной ответственности, экономической и промышленной безопасности; разработка схемы, на основе которой будет автоматизирован технологический процесс, монтаж оборудования. Своевременной модернизации и увеличении производительности в сфере динамически развивающейся химической промышленности принадлежит огромная роль, как для ООО «Томскнефтехим», так и для холдинга «Сибур», позволит достичь лидирующих позиций на отечественном и зарубежном рынке.

## 1 Технология производства

Технологический процесс состоит из таких основных стадий:

- смешения этилена с кислородом и возвратным газом;
- двухстадийного сжатия газовой смеси;
- полимеризации этилена непосредственно в трубчатом реакторе;
- разделения непрореагировавшего этилена и полимера;
- грануляции полимера.

В результате неполной конверсии в реакторе этилена возникает необходимость в отделении полимера, возвращении в цикл непрореагировавшего этилена. Процесс разделения, зачастую, состоит из 2-х ступеней: в отделителе с высоким давлением, где происходит отделение основной массы этилена, а также в отделителе с низким давлением. Предусматривается расслаивание поступающей в отделитель с высоким давлением реакционной смеси при температуре и давлении 250 °С и 25-30 МПа соответственно, в 2-е фазы - жидкой, включающей расплавленный полиэтилен и растворенный в нем этилен (до 20% от объема полиэтилена), и газовой - этилен, в котором содержится малый объем низкомолекулярного полиэтилена.

В сепаратор Б-500/1 поступает газовая фаза из ОВД при температуре (180-280)<sup>0</sup>С, который в свою очередь обогревается паром 2,2 МПа, в результате чего подается в рубашку. Функция сепаратора, при этом, заключается в частичном выделении из газовой фазы низкомолекулярного полиэтилена (НМПЭ). Происходит ежечасный сброс НМПЭ из такого сепаратора, как Б-500/1, и системы запорной арматуры, непосредственно в газовый сепаратор промежуточного давления Б-507. Из вышеуказанного сепаратора (Б-500/1) происходит подача частично очищенного газа в горизонтальные холодильники Б-503/Н,Н1. Роль теплообменников Б-503Н/503Н1 заключается в охлаждении газа горячей водой, подающейся в

межтрубное пространство непосредственно со станции при температуре (130-170)<sup>0</sup>С, давлении до 3 МПа.

## 2 Отделитель высокого давления

Отделитель является вертикальным цилиндрическим аппаратом. Верхняя крышка либо днище аппарата служат для ввода смеси (что зависит от характерной отделителю конструкции) по касательной к оси, этим предусматривается облегченное отделение от этилена расплавленного полиэтилена. В отделителе имеются термомпары, применяющиеся при замере температуры, манометры, предохранительное устройство, не позволяющее превышать давление, уровнемер. Жидкая фаза (т. е. расплав полиэтилена), постоянно поддерживающийся уровень, непрерывно выводятся благодаря регулирующему клапану из отделителя, т. е. нижней его части, в отделитель с низким давлением. Предусматривается выведение отделившегося этилена из верхней части в отделителе непосредственно в систему, где производится очистка возвратного газа промежуточного давления.

### 2.1 Технологический расчет

**Цель технологического расчета:** Основной целью технологического расчета является определение исходных значений величин, необходимых при выполнении конструкторской проработки проектируемого оборудования, а также для проведения последующих специальных расчетов его отдельных элементов.

#### *Материальный баланс:*

Показатель производительности аппарата:

$$N: = 115000 \text{ т/г}$$

Число рабочих дней на протяжении года:

$$D: = 323$$

Показатель суточной производительности по готовому продукту, не учитывая потери:

$$P_c := \frac{N}{D} \quad (1)$$

$$P_c = 356 \text{ т/сут}$$

Показатель часовой производительности по готовому продукту, не учитывая потери:

$$P_{ч} := \frac{P_c * 10^3}{24} \quad (2)$$

$$P_{ч} = 14834,9 \text{ кг/час}$$

Показатель массовой доли полиэтилена, содержащегося в исходной смеси, которая поступает в отделитель:

$$X_H = 0,268$$

Объем исходной смеси, которая поступает в отделитель:

$$G_H := \frac{P_{ч}}{X_H} \quad (3)$$

$$G_H = 55354 \text{ кг/час}$$

Показатель массовой доли полиэтилена в смеси:

$$X_K = 0,796$$

Объем конечной смеси:

$$W := G_H * \left(1 - \frac{X_H}{X_K}\right) \quad (4)$$

$$W = 36717,2 \text{ кг/ч}$$

## 2.2 Гидравлический расчет

Следует рассчитать потери напора в процессе движения смеси с реактора в отделитель с высоким давлением.

Произведем расчет массовых расходов этилена и полиэтилена в исходной смеси:

$$G_{пэ} = G_H * X_H \quad G_{пэ} = 14834,9 \text{ кг/час} \quad (104)$$

$$G_{э} = G_H * (1 - X_H) \quad G_{э} = 40519,2 \text{ кг/час} \quad (105)$$

Следует рассчитать характерные смеси физические свойства:

Показатель плотности расплава полиэтилена:

$$\rho_{пэ} = 920 \text{ кг/м}^3$$

Показатель плотности этилена в нормальных условиях:

$$\rho_{эну} = 1,26 \text{ кг/м}^3$$

Его плотность в отделителе с высоким давлением:

$$\rho_{э} := \frac{\rho_{эну} * 273}{(t + 273)} * \frac{P * 10^6}{101325} \quad (106)$$

$$\rho_{эну} = 1780,3 \text{ кг/м}^3$$

Объемные расходы этилена и полиэтилена в исходной смеси:

$$V_{i \text{ } \acute{y}} := \frac{G_{i \text{ } \acute{y}}}{\rho_{i \text{ } \acute{y}}} \text{ м}^3/\text{час} \quad (107)$$

$$V_{пэ} = 16,1 \text{ м}^3/\text{час}$$

$$V_{\acute{y}} := \frac{G_{\acute{y}}}{\rho_{\acute{y}}} \text{ м}^3/\text{час} \quad (108)$$

$$V_{э} = 22,8 \text{ м}^3/\text{час}$$

Рассчитаем объемный расход смеси:

$$V_{см} = V_{пэ} + V_{э} \quad (109)$$

$$V_{см} = 38,9 \text{ м}^3/\text{час}$$

Объемная доля компонентов:

$$\phi_{пэ} := \frac{V_{пэ}}{V_{см}} \quad \phi_{пэ} = 0,415 \quad (110)$$

$$\phi_{э} := \frac{V_{э}}{V_{см}} \quad \phi_{э} = 0,585 \quad (111)$$

Показатель плотности смеси:

$$\rho_{см} := \frac{1}{\left( \frac{\phi_{пэ}}{\rho_{пэ}} + \frac{\phi_{э}}{\rho_{э}} \right)} \quad \rho_{см} = 1282,8 \text{ кг/м}^3 \quad (112)$$

Диаметр подводной трубы:

$$d = 100 \text{ мм}$$

Диаметр трубы:

$$L = 20 \text{ м}$$

Площадь сечения подводной трубы:

$$S := \frac{\pi * (d * 10^{-3})^2}{4} \quad S = 0,0079 \text{ м}^2 \quad (113)$$

Показатель скорости течения смеси в трубах:

$$\omega := \frac{V_{см}}{3600 * S} \quad \omega = 1,375 \text{ м/с} \quad (114)$$

Коэффициент, характеризующий динамическую вязкость расплава полиэтилена:

$$\mu_{пэ} = 13,5 \text{ МПа} \cdot \text{с}$$

Коэффициент, характеризующий динамическую вязкость этилена:

$$\mu_{э} = 0,47 \text{ МПа} \cdot \text{с}$$

Коэффициент, характеризующий динамическую вязкость смеси:

$$\mu_{см} := \frac{1}{\left( \frac{\phi_{пэ}}{\mu_{пэ}} + \frac{\phi_{э}}{\mu_{э}} \right)} \quad \mu_{см} = 0,78 \text{ МПа} \cdot \text{с} \quad (115)$$

Число Рейнольдса:

$$Re := \omega * \frac{d * \rho_{см}}{\mu_{см}} \quad Re = 225131,2 \quad (116)$$

В связи с тем, что данное число превышает 10000, турбулентным является режим течения жидкости.

Примем среднее значение характерной трубам шероховатости:

$$e = 0,2 \text{ м}$$

Показатель относительной шероховатости

$$\varepsilon := \frac{e}{d} \quad \varepsilon = 0,002 \quad (117)$$

$$\text{Т.к. } \frac{10}{\varepsilon} = 5000 < Re < \frac{560}{\varepsilon} = 280000$$

Значит, имеет место турбулентный режим в таких трубах.

Рассчитаем показатель гидравлического коэффициента трения:

$$\lambda := \frac{1}{\left[ 2 * \log \left[ 0,27 * \varepsilon + \left( \frac{6,81}{\text{Re}} \right)^{0,9} \right] \right]^2} \quad \lambda = 0,024 \quad (118)$$

Местные сопротивления:

Коэффициент, характеризующий местное сопротивление входа:

$$\xi_{\text{вх}} = 0,5$$

Коэффициент, характеризующий сопротивление на выходе из трубопровода:

$$\xi_{\text{вых}} = 1$$

Коэффициент, характеризующий местное сопротивление поворота газохода на 90°:

$$\xi_{\text{пов}} = 1,131$$

количество поворотов:

$$n = 3$$

Потери напора при трении по длине и в тех местных, где появляется сопротивление в трубопроводе – необходимая разница уровня сосудов:

$$H_{\text{тр}} := \left( \xi_{\text{вых}} + \xi_{\text{вх}} + n * \xi_{\text{пов}} + \lambda * \frac{L}{d * 10^{-3}} \right) * \frac{\omega^2}{2 * 9,81} \quad (119)$$

$$H_{\text{тр}} = 0,941 \text{ м}$$

### 3 Механический расчет основного аппарата

Исходные данные для механического расчета:

$D=1.2$  м – Внутренний диаметр аппарата;

$P_p:=28$  МПа – Рабочее давление внутреннее;

$\sigma_{B300}$  – показатель предела прочности для соответствующего материала,  
 $t = 300$  °С, МПа – 500;

$\sigma_{B20}$  - показатель предела прочности для используемого материала из  
стали 20Х2МА,  $t = 20$  °С, МПа – 550;

Целью механического расчета отделителя высокого давления является определение размеров отдельных элементов, обеспечивающих безопасную эксплуатацию машин и аппаратов за счет достаточной механической прочности, плотности разъемных соединений и необходимой долговечности.

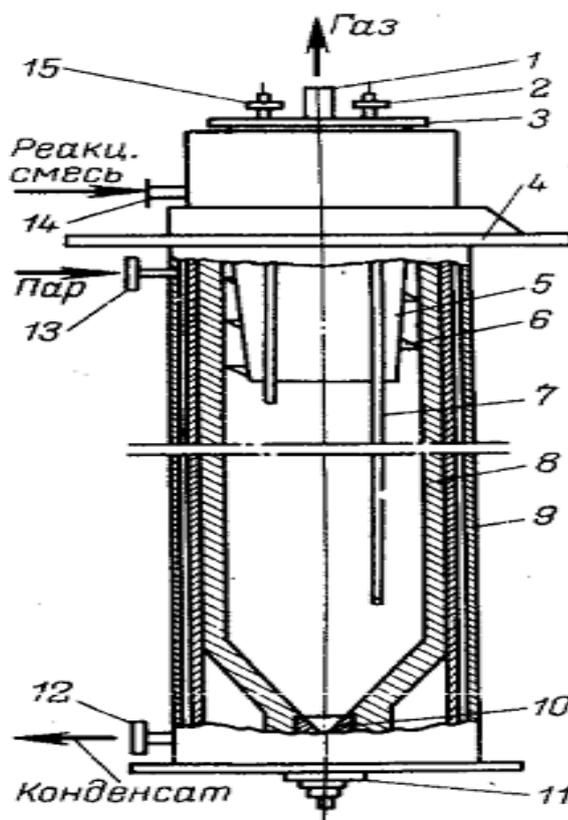


Рисунок 1 - Расчётная модель отделитель высокого давления  
Позиция А401

### 3.1 Выбор материала

Технические характеристики:

Функция отделителя высокого давления заключается в отделении от этилена расплава полиэтилена.

Емкость – 5 м<sup>3</sup>. Среда:

- в корпусе – полиэтилен, пропан, этилен (взрывопожароопасная);
- в змеевике и рубашке – водяной пар Давление рабочее:
- в змеевике – 2,2 МПа;
- корпусе – 28 МПа;
- рубашке – 2,2 МПа.

Давление расчетное в:

- рубашке – 2,5 МПа.
- корпусе – 45 МПа;
- змеевике – 2,5 МПа;

Показатель температуры рабочей в:

- змеевике - +216 °С;
- корпусе – +270 °С;
- рубашке - +216 °С.

Показатель температуры расчетной в:

- змеевике - +225 °С;
- корпусе – +299 °С;
- рубашке - +225 °С.

В процессе выбора конструкционного материала в качестве основного критерия выступает коррозионная его и химическая стойкость в соответствующей среде. Зачастую предусматривается выбор материала

абсолютно либо достаточно стойкого в среде, при рабочих её параметрах, а также к расчётным толщинам следует добавить на коррозию определенные прибавки, учитывая срок службы аппарата. В связи с чем, согласно рабочим условиям следует выбрать рекомендуемую марку конструкционной углеродистой стали 20Х2МА.

Таблица 1.1 - Характеристика стали

Марка :	20Х
Заменитель:	15Х, 20ХН, 12ХН2,
Классификация :	Сталь конструкционная легированная
Дополнение:	Сталь хроми-
Применение:	Втулки, шестерни, обоймы, гильзы, диски, плунжеры, рыцементуемые детали, к которым предъявляются требования поверхностной твердости при невысокой прочности сердце-работающие в условиях износа при трении.
Зарубежные аналоги:	Известны

### 3.2 Расчет давления пробного для гидроиспытаний в корпусе[7]

Предусматривается определение пробного давления по следующей формуле:

$$P_{np} = 1,25 * \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_r} * p \quad (5)$$

где:  $p$  – показатель расчетного давления – 45 МПа,

материал крышки и корпуса – сталь 20Х2МА,

$[\sigma]_{20}$  – допустимое напряжение для данного материала при  $t = 20$  °С, МПа.

Следует принять меньшее из 2-х значений:

$$[\sigma]_{20} = \eta * \min \left\{ \frac{\sigma_{s20}}{P_s}; \frac{\sigma_{m20}}{P_m} \right\} \quad (6)$$

$\sigma_{B20}$  - показатель предела прочности для используемого материала из стали 20Х2МА,  $t = 20$  °С, МПа – 550;

$\sigma_{T20}$  - показатель предела текучести для используемого материала из стали 20Х2МА,  $t = 20$  °С, МПа – 400;

$P_v$  – показатель запаса прочности по ее пределу – 2,2;

$P_t$  - показатель запаса прочности по пределу текучести – 1,5;

$\eta$  - показатель поправочного коэффициента – 1.

$$[\sigma]_{20} = 1,0 * \min \left\{ \frac{550}{2,2} = 250 \text{ МПа}; \frac{400}{1,5} = 266 \text{ МПа} \right\} = 250 \text{ МПа} \quad (7)$$

$\sigma_{300}$  – допустимое напряжение для соответствующего материала,  $t = 300$  °С, МПа;

$$[\sigma]_{300} = \eta * \min \left\{ \frac{\sigma_{B300}}{P_v}; \frac{\sigma_{T300}}{P_t} \right\} \quad (8)$$

$\sigma_{B300}$  – показатель предела прочности для соответствующего материала,  $t = 300$  °С, МПа – 500;

$\sigma_{T300}$  – показатель предела текучести для соответствующего материала,  $t = 300$  °С, МПа – 350;

$$[\sigma]_{300} = 1,0 * \min \left\{ \frac{500}{2,2} = 227,3; \frac{350}{1,5} = 233,3 \right\} = 227,3 \text{ МПа} \quad (9)$$

$$P_{np} = 1,25 \cdot 250 / 227,3 \cdot 45 = 61,9 \text{ МПа}$$

Принятое давление является пробным.

$$P_{np} = 61,9 \text{ МПа}$$

**3.3 Определение пробного давления в змеевике и рубашке по формуле[7]:**

$$P_{np} = 1,25 * \frac{[\sigma_{20}]}{[\sigma]_t} * p \quad (10)$$

где  $P$  – показатель расчетного давления в рубашке и змеевике, МПа – 2,5;

$[\sigma]_{20}$  – допустимое напряжение материала стали,  $t = 20$  °С, МПа – 147;

$[\sigma]_t$  – допустимое напряжение материала стали,  $t = 300$  °С, МПа – 119;

$$P_{пр} = 1,25 \cdot 147/119 \cdot 2,5 = 3,86 \text{ МПа} \quad (11)$$

**$P_{пр} = 3,86 \text{ МПа}$**

### 3.4 Расчет корпуса

Целью расчёта корпуса аппарата является определение его соответствия заданным условиям эксплуатации, обеспечивающего требуемую работоспособность в течение всего срока службы. Расчёты проводятся как проверочные, с использованием действующих технических рекомендаций и нормативов. [4]

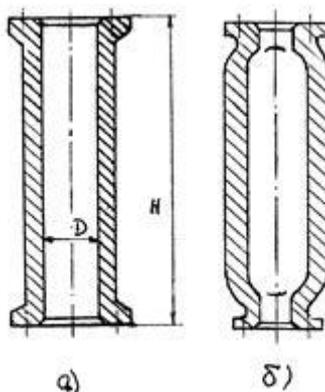


Рисунок 2 - корпус аппарата

Корпус изготовлен из стали 20Х2МА

$\sigma_{B20} = 550 \text{ МПа}$   $\sigma_{B300} = 500 \text{ МПа}$

$\sigma_{T20} = 400 \text{ МПа}$   $\sigma_{T300} = 350 \text{ МПа}$

Следует определить расчетную толщину стенки корпуса по следующей формуле [12,]:

$$S_p = 0,5 \cdot D \cdot (\beta p - 1), \text{ по [26]} \quad (12)$$

где  $p$  – показатель расчетного давления, МПа – 45;

$D$  – показатель внутреннего диаметра корпуса, мм – 1200;

$\beta_p$  – показатель расчетного коэффициента толстостенности.

$$\ln \beta_p = \frac{p}{Y * \sigma_{доп}} = \frac{45}{2273} = 0,197976 \quad (13)$$

$\sigma_{доп}$  – допустимое напряжение материала корпуса,  $t = 300$  °С, МПа – 227,3 (см. расчет пробного давления),

$$\beta_p = 1,2189.$$

$$S_p = 0,5 \cdot 1200 \cdot (1,2189 - 1) = 131,34 \text{ мм.} \quad (14)$$

$$S = S_p + C = 131,34 + 3 = 134,34 \text{ мм.} \quad (15)$$

$C$  – показатель прибавки на коррозию, мм – 3.

**Толщина стенки корпуса составляет:  $S = 140$  мм.**

Проверим толщину стенки корпуса на давление пробное:

$$S_{pn} = 0,5 \cdot D \cdot (\beta_{pn} - 1), \quad (16)$$

$R_{пр}$  – показатель давления пробного, МПа – 61,9 (см. расчет пробного давления),

$\beta_{pn}$  – показатель расчетного коэффициента толстостенности при давлении пробном:

$$\ln \beta_p = \frac{P_{np}}{\sigma_{доп n}} \quad (17)$$

$\sigma_{доп n}$  – допустимое напряжение материала корпуса,  $t = 20$  °С при гидроиспытаниях, МПа – 363,7;

$$\sigma_{доп} = \sigma_{т20} \setminus n_{пр} = 400 \setminus 1,1 = 363,7 \text{ МПа,} \quad (18)$$

$\sigma_{т20}$  – показатель предела текучести материала, из которого изготовлен корпус при  $t = 20$  °С, МПа – 400;

$$\ln \beta_p = \frac{P_{np}}{\sigma_{доп}} = \frac{61,9}{363,7} = 0,1702 \quad (19)$$

$$\beta_{pn} = 1,1855$$

$$S = 0,5 \cdot 120 \cdot (1,1855 - 1) = 111,3 \text{ мм.} \quad (20)$$

**Показатель принятой толщины стенки корпуса составляет:  $S = 140$  мм.**

### 3.5 Расчет кармана термопары

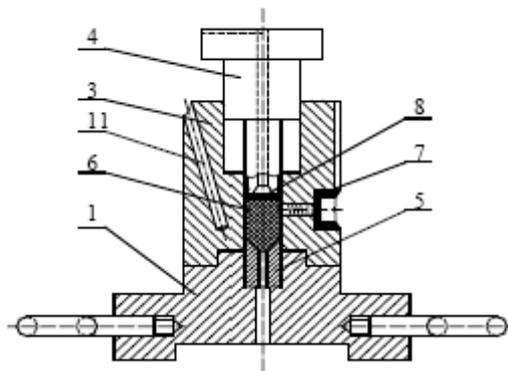


Рисунок 3 - Карман термопары

Следует определить **толщину стенки кармана на наружное давление** по такой формуле: [3]

$$S = \frac{P \cdot D_n}{140 \cdot [\sigma] + P} + C_1 \quad (21)$$

где  $D_n$  – показатель наружного диаметра термопары - 50,

$\sigma_{доп}$  – допустимое напряжение материала,  $t = 300$  °С, МПа,

Следует принять меньшее значение из 2-х

$$[\sigma]_{доп} = \eta \cdot \min \left\{ \frac{\sigma_B}{\Pi_e}; \frac{\sigma_{0,2}}{\Pi_m} \right\} \quad (22)$$

$\sigma_B$  – показатель предела прочности для стальной трубы 20,  $t = 20$  °С, МПа – 420,

$\sigma_{0,2}$  – показатель предела текучести для стальной трубы 20,  $t = 300$  °С,  
МПа – 180,

Пв – является запасом прочности по пределам прочности – 2,6,

Пт – показатель запаса прочности по пределам текучести – 1,5.

$$[\sigma]_{\text{дон}} = 1,0 * \min \left\{ \frac{420}{2,6} = 161,5; \frac{180}{1,5} = 120 \right\} = 120 \text{ МПа} \quad (23)$$

Р – показатель расчетного давления, МПа – 45,

$C_1$  – показатель прибавки к расчетной толщине стенок, мм.

$$C_1 = A_1 \cdot (S - c), \quad (24)$$

где  $A_1$  – коэффициент, на который оказывает влияние величина  
минусового отклонения по толщине стенок трубы – 0.11,

$$C_1 = 0,11 \cdot 10,56 = 11,6 \text{ мм.}$$

$$S = \frac{45 * 50}{140 * 12 + 45} + 1,16 = 11,72 \text{ мм} \quad (25)$$

**Принято  $S = 12$  мм.**

**Показатель толщины стенки кармана в случае пробного давления**

$$S = \frac{P_{пр} * D_n}{140 * [\sigma]_{пр} + P_{пр}} \quad (26)$$

$P_{пр}$  – показатель пробного давления, МПа – 61,9 (см. расчет пробного  
давления),

$\sigma_{\text{доп}}$  – допустимое напряжение для соответствующего материала, из  
которого изготовлена труба при гидроиспытаниях, кгс/см<sup>2</sup>,

$$\sigma_{\text{доп}} = \frac{\sigma_T}{P_{пр}} = \frac{240}{1,1} = 218,2 \text{ МПа} \quad (27)$$

$\sigma_T$  – показатель предела текучести для стальной трубы 20,  $t = 20$  °С, МПа  
– 240,

$$S = \frac{61,9 \cdot 50}{140 \cdot 21,82 + 61,9} = 8,4 \text{ мм} \quad (28)$$

### 3.6 Расчет днища

Расчета цилиндрических обечайек аппаратов, работающих под внутренним и внешним избыточным давлением, производим по ГОСТ [4]:

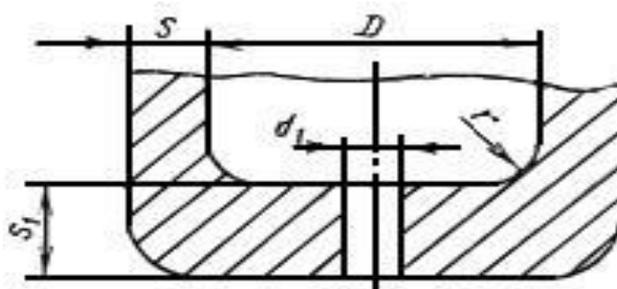


Рисунок 4 - Днище аппарата

Материал: сталь 20Х2МА

$$\sigma_{B20} = 550 \text{ МПа} \quad \sigma_{B300} = 500 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{T20} = 400 \text{ МПа} \quad \sigma_{T300} = 350 \text{ МПа}$$

Проводим расчет толщины стенки днища аналогично цилиндрической обечайке с соответствующим диаметром:

$$D_p = \frac{D - 2r}{\cos \alpha} = \frac{120 - 2 \cdot 14}{0.707} = 1301.3 \text{ мм} \quad (29)$$

где  $\alpha$  - угол раствора данного конуса –  $90^\circ$ ,

$D$  – показатель внутреннего диаметра днища, мм – 200,

$r$  – показатель радиуса отбраковки, мм – 140.

Предусматривается определение толщины стенки днища на основе формулы:

$$S_{1p} = 0,5 \cdot D_p \cdot (\beta_p - 1), \quad (30)$$

$\beta_p$  – показатель расчетного коэффициента толстостенности – 1,2189,

$P$  – показатель расчетного давления в аппарате, МПа – 45,

$\sigma_{\text{доп}}$  – допустимое напряжение материала, из которого изготовлено днище, МПа – 227,3,

$$S_{1p} = 0,5 \cdot 130,13 \cdot (1,2189 - 1) = 132,4 \text{ мм}, \quad (31)$$

$$S_1 = S_{1p} + C = 14,24 + 0,3 = 135,4 \text{ мм}. \quad (32)$$

***Показатель принятой толщины стенок днища составляет  $S = 140$  мм.***

Следует считать разницу допустимой, в связи с превышением расчетным давлением 45 МПа рабочего 28 МПа.

Проверим толщину стенки днища с позиции пробного давления при гидроиспытаниях:

$$S_{1p} = 0,5 \cdot D_p \cdot (\beta_p - 1), \quad (33)$$

$\beta_{rp}$  – расчетный коэффициент, характеризующий толстостенность в процессе пробного давления,

$$\beta_{rp} = 1,1855 \text{ (см. расчет корпуса)}$$

$R_{pr}$  – показатель пробного давления, МПа – 61,9 (см. расчет пробного давления),

$\sigma_{\text{доп}}$  – допустимое напряжение для материала из которого изготовлен корпус,  $t = 20$  °С при гидроиспытаниях, МПа – 363,7(см. расчет корпуса),

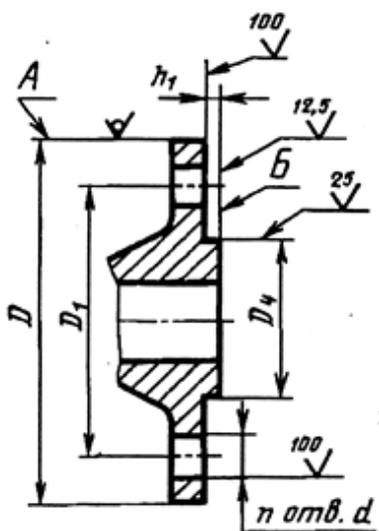
$$S = 0,5 \cdot 130,13 \cdot (1,1855 - 1) = 120,69 \text{ мм}. \quad (34)$$

Больше расчетной принятая толщина стенки  $S = 140$  мм.

### **3.7 Расчет фланца**

В химических аппаратах для разъемного соединения составных корпусов и отдельных частей применяются фланцевые соединения преимущественно круглой формы. Фланцевые соединения должны быть прочными, жесткими, герметичными и доступными для сборки, разборки и осмотра

**Исполнение 2**  
**фланца с выступом**



**Исполнение 3**  
**фланца с впадиной**

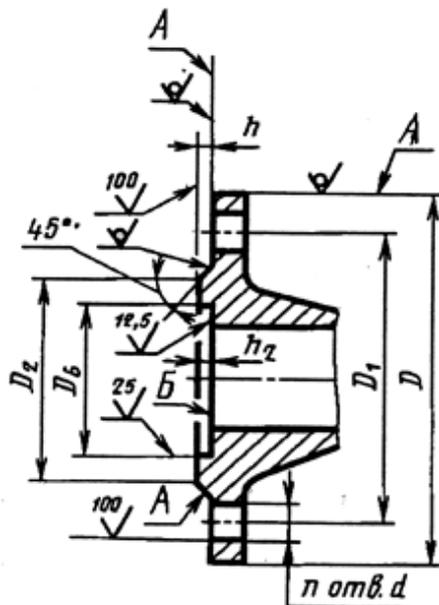


Рисунок 5 - Фланцевое соединение

Используемый материал: сталь 20Х2МА

$\sigma_{B300} = 500 \text{ МПа}$   $\sigma_{B20} = 550 \text{ МПа}$

$\sigma_{T20} = 400 \text{ МПа}$   $\sigma_{T300} = 350 \text{ МПа}$

Предусматривается определение диаметра окружности центра шпилек по следующей формуле: [10]

$$D\delta \geq \max \left\{ D + d\delta + 2m; \frac{t}{\sin \frac{180}{z}} \right\} \quad (35)$$

D – показатель внутреннего диаметра корпуса, мм – 1200,

d – показатель диаметра резьбы шпильки, мм – 140,

t – шаг шпилек, мм – 300,

z – их количество – 16,

$m$  – показатель расстояния от внутренних поверхностей фланца до краев отверстия под шпильку, мм – 95.

$$D\delta \geq \max \left\{ 120 + 14 + 2 \cdot 9.5; \frac{30}{\sin \frac{180}{16}} \right\} = \max \{1530; 1530,840\} \text{ мм} \quad (36)$$

Принято показатель  $D\delta = 1530$  мм.

Определим характерный фланцу наружный диаметр:

$$D\phi \geq D\delta + 2d_p = 1530 + 2 \cdot 140 = 1810 \text{ мм.} \quad (37)$$

Принято показатель  $D\phi = 1870$  мм.

Рассчитаем высоту фланца при  $\gamma = 45^\circ$  (наклон конической образующей части фланца)

$$H \geq Y_2 + 0,75 \cdot d_p = 22 + 0,75 \cdot 14 = 325 \text{ мм.} \quad (38)$$

$Y_2$  – показатель глубины нарезки резьбы, мм – 220.

Следует проверить фланец на прочность в случае пробного давления по формуле

$$\sigma_{\max} = P_{np} \cdot \frac{D_\phi^2 + D^2}{D_\phi^2 - D^2} + \frac{Q_o^* (D_o - D - S) + Q_e^* (D_o - D_{cp})}{h_1^2 \cdot D \cdot \ln \frac{D_{cp}}{D}} \quad (39)$$

где

$$h_1 = H + \frac{(D\phi - D)^2 - 4 \cdot S^2}{4(D\phi - D) \cdot \text{tg} \gamma} = 50,5 + \frac{(181 - 120)^2 - 4 \cdot 14^2}{4(181 - 120)} = 64,3 \text{ мм.} \quad (40)$$

$P_{np}$  – показатель пробного давления, МПа – 61,9

$Q_d^*$  – равнодействующая внутреннего давления, Н:

$$Q_d^* = 0,785 \cdot D_{cp}^2 \cdot P_{np} = 0,785 \cdot 121,6^2 \cdot 61,9 = 7185011,3 \text{ Н.} \quad (41)$$

$D_{cp}$  – средний показатель диаметра уплотняемой поверхности, см – 121,6,

$Q_{в}^*$  – показатель осевой составляющей равнодействующей внутреннего давления, Н:

$$Q_{в}^* = 0,06 \cdot 7185011,3 = 431100 \text{ Н.}$$

$$\sigma_{\max} = 61,9 \cdot \frac{181^2 + 120^2}{181^2 - 120^2} + \frac{7185011,3(153 - 120 - 14) + 431100(153 - 121,6)}{64,3^2 \cdot 120 \cdot \ln \frac{187}{120}} = 221,5 \text{ МПа} \quad (42)$$

Напряжение ниже допускаемого  $[\sigma]_{пр} = 363,7$  МПа (см. расчеты корпуса),

***Определим расчетное усилие для затвора с 2-хконусным обтюратором***

Предусматривается определение данного показателя по формуле

$$Q = Q_{д} + Q_{в}, \quad (43)$$

где  $Q_{д}$  – показатель равнодействующей внутреннего давления на крышки, Н,

$$Q_{д} = 0,785 \cdot D_{cp}^2 \cdot P = 0,785 \cdot 121,6^2 \cdot 450 = 5223352 \text{ Н}, \quad (44)$$

где  $D_{cp}$  – диаметр средней уплотнительной поверхности, мм – 121,6,

$P$  – показатель расчетного давления, МПа – 45,

$Q_{в}$  – показатель осевой составляющей равнодействующей внутреннего давления, Н:

$$Q_{в} = 0,06 \cdot Q_{д} = 0,06 \cdot 5223352 = 313401 \text{ Н.} \quad (45)$$

$$Q = 5223352 + 313401 = 5536753 \text{ Н.} \quad (46)$$

### 3.8 Расчет шпилек [6]

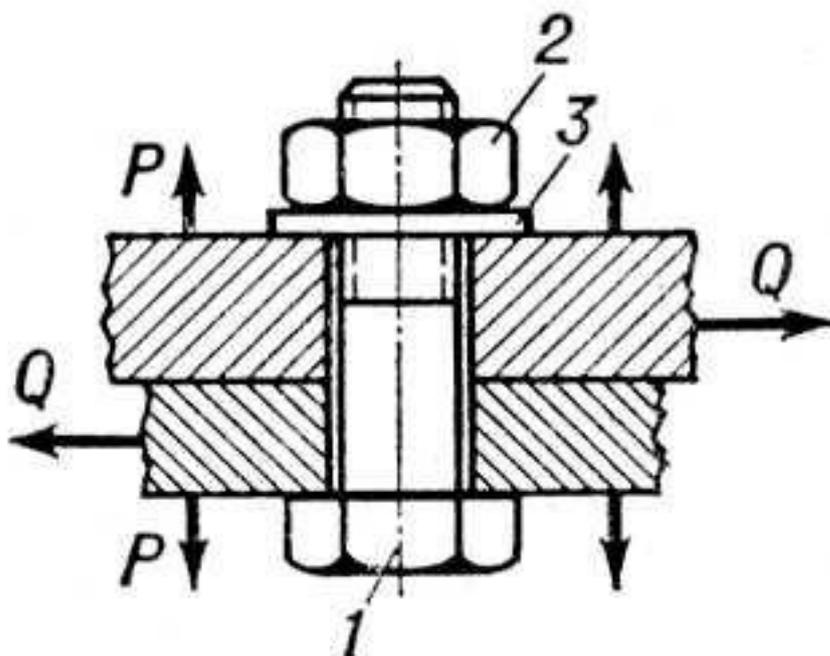


Рисунок 6 – Шпилька

Материал: сталь 25Х1МФКП75

*Определим диаметр, характерный стержню шпилек по такой формуле*

$$d_{cp} = \sqrt{\frac{4 * K2 * K3 * Q}{\pi * z * \sigma_{доп}} + d_M^2} \quad (47)$$

где  $z$  – количество шпилек – 16,

$d_M$  – диаметр имеющегося в шпильке центрального отверстия, мм – 18,

$Q$  – показатель расчетного усилия, Н – 5223352 (см. определение расчетного усилия),

$\sigma_{доп}$  – показатель допускаемого напряжения для материала шпилек при  $t = 300$  °С, МПа,

$$\sigma_{доп} = \frac{\sigma_T}{n} = \frac{600}{1,5} = 400 \text{ МПа} \quad (48)$$

$\sigma_T$  – показатель предела текучести для данного материала при  $t = 300$  °С,  
МПа - 600,

$n$  – показатель запаса прочности по пределу текучести – 1,5,

$K_2$  – коэффициент, который учитывает тангенциальное напряжение в шпильке с затяжкой – 1,0,

$K_3$  – коэффициент, который учитывает неравномерность распределения нагрузок между всеми шпильками – 1,5,

$$d_{cp} = \sqrt{\frac{4 * 1,0 * 1,5 * 5223352}{3,14 * 16 * 4000} + 1,8^2} = 129 \text{ мм}$$

Была принята шпилька М14ОХ6, при этом, диаметр ее стержня составляет  $d_s = 131,0$  мм.

### ***Рассчитаем резьбу корпуса на смятие***

$$\sigma_{см} = \frac{P}{\pi * d_2 * z * n * h} = [\sigma]_{см} \quad (49)$$

$P = Q$  – является расчетным усилием на шпильке,  $H = 5223352$  (см. определение расчетных усилий),

$d_2$  – показатель среднего диаметра резьбы, мм – 136.103,

$h$  – показатель глубины профиля резьбы, мм – 3.247,

$n$  – количество шпилек – 16,

$z$  – количество витков на резьбе:

$$z = \frac{H}{S} = \frac{22}{0.6} = 36,6 \text{ витка} \quad (50)$$

$H$  – показатель глубины гнезда под шпильки, мм – 220.

$$\sigma_{см} = \frac{5223352}{3,14 * 13,6103 * 16 * 36 * 0,3247} = 69,3 \text{ МПа}$$

Допустимое напряжение смятия материала, из которого изготовлен корпус из легированной стали (предусматривается навинчивание гайки под нагрузкой)

$$[\sigma]_{\text{см}} = 80 \text{ МПа}$$

Показатель напряжения ниже допускаемого.

**Определим крутящий момент на ключе в случае затяжки шпилек M140X6**

$$M_{\text{кл}} = 0,2 \cdot Q_0 \cdot d_0, \quad (51)$$

где:  $Q_0$  – является усилием затяжки на 1-у шпильку:

$$Q_0 = Q_3/n = 564989/16 = 35311 \text{ Н}, \quad (52)$$

$Q_3$  – показатель усилия затяга для двух конусного обтюратора, кгс,

$$Q_3 = \frac{\sigma_{\text{см}} * \pi * D_{\text{ср}} * l_p * \sin(\alpha + \rho)}{\cos \rho} \quad (53)$$

где  $\sigma_{\text{см}}$  – показатель герметизирующего напряжения смятия алюминиевой прокладки, МПа – 70,

$\rho$  – угол трения составляет –  $15^\circ$ ,

$$l_p = \frac{h_1 - h_2}{2 \cos \alpha} = \frac{10,0 - 5,0}{2 * 0,866} = 28,868 \text{ мм}, \quad (54)$$

$$Q_3 = \frac{70 * 3,14 * 121,6 * 2,8868 * 0,707}{0,966} = 564989 \text{ Н}$$

$d_0$  – показатель наружного диаметра резьбы, мм – 140.

$$M_{\text{кл}} = 0,2 \cdot 14 \cdot 35311 = 9887 \text{ Н·м.}$$

### 3.9 Расчет крышки

Расчет толщины стенки крышки, нагруженного избыточным внутренним давлением. [5]

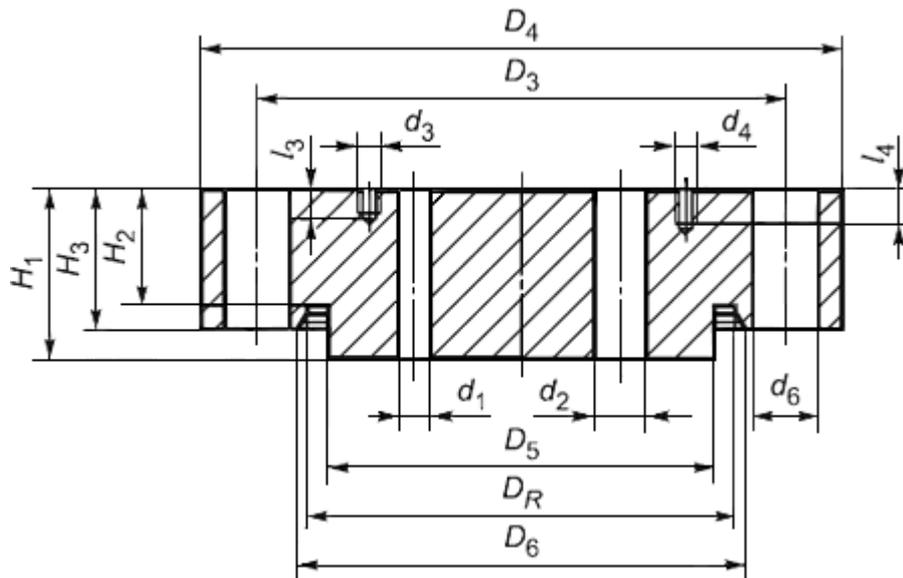


Рисунок 7 - Крышка аппарата

Крышка изготовлена из стали 20Х2МА

$$\sigma_{B20} = 600 \text{ МПа} \quad \sigma_{B300} = 500 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{T20} = 450 \text{ МПа} \quad \sigma_{T300} = 350 \text{ МПа}$$

Определим *расчетную толщину стенки* по нижеуказанной формуле

$$H_p = 0,45 \sqrt{\frac{3,8 * Q(D_6 - D_{CP}) + P * D_{CP}^3}{(D_6 - 2d_0 - d_1) * \sigma_{доп}}} \quad (55)$$

где: Q – показатель расчетного усилия, Н – 5223352 (см. определение расчетных усилий),

P – показатель расчетного давления МПа – 45,

$\sigma_{доп}$  – допустимое для материала, из которого изготовлена крышка напряжение МПа – 227,3 (см. расчет давления пробного),

$$H_p = 0,45 \sqrt{\frac{3,8 * 5223352 * (153 - 121,6) + 450 * 121,6^3}{(182 - 2 * 14,6 - 7) * 2273}} = 300 \text{ мм}$$

**Принято  $H = 330 \text{ мм}$ .**

**Определим минимальную толщину крышки в пункте расположения пазов под уплотнение**

$$H_{1p} = 0,45 \sqrt{\frac{3,8 * Q(D_{б} - D_{ср}) + P * D_{ср}^3 * \frac{1,5P}{\sigma_{доп}}}{D_{ср} * \sigma_{доп}} - 6H^2 \frac{D_a - D_{ср} - 2d}{D_p}} \quad (56)$$

$$H_p = 0,45 \sqrt{\frac{3,8 * 5223352 * (153 - 121,6) + 45 * 121,6^3 * \frac{45 * 1,5}{227,3}}{121,6 * 227,3} - 6 * 33^2 * \frac{182 - 121,6 - 2 * 14,6}{121,6}} = 179_{мм}$$

**Принято  $H_1 = 260$  мм.**

**Показатель толщины крышки для гидроиспытаний**

$$H_{p2} = 0,45 \sqrt{\frac{3,8 * Q_{пр}(D_{б} - D_{ср})n_p + P * D_{ср}^3}{(D_a - 2d_0 - d_T) * \frac{\sigma_T}{n_2}}} \quad (57)$$

$Q_{пр}$  – расчетное усилие в случае пробного давления:

$$Q_{пр} = Q_{д}^* + Q_{в}^* = 7185011,3 + 431100 = 7616111,3 \text{ Н,}$$

где,  $Q_{д}^*$  - равнодействующая внутреннего давления в процессе пробного давления,

$H$  – 7185011,3 (см. расчет фланца),

$Q_{в}^*$  - показатель осевой составляющей,  $H$  – 431100 (см. расчет фланца).

$$H_p = 0,45 \sqrt{\frac{3,8 * 7616111,3 * (153 - 121,6) + 61,9 * 121,6^3}{(182 - 2 * 14,6 - 7) * \frac{4500}{1,1}}} = 262_{мм}$$

$R_{пр}$  – показатель пробного давления, МПа – 61,9 (см. расчет пробного давления),

$n_2$  – показатель запаса прочности на основе предела текучести при гидроиспытаниях – 1,1.

Больше расчетной принята толщина данной крышки.

### 3.10 Расчет опор

Размеры и форма опор зависят в основном от величины и характера нагрузок, от материала, из которого сделан аппарат, массы аппарата, а также от расположения аппарата в пространстве. Если аппарат подвержен сотрясениям и динамическим усилиям, то его опоры делаются массивными [12].

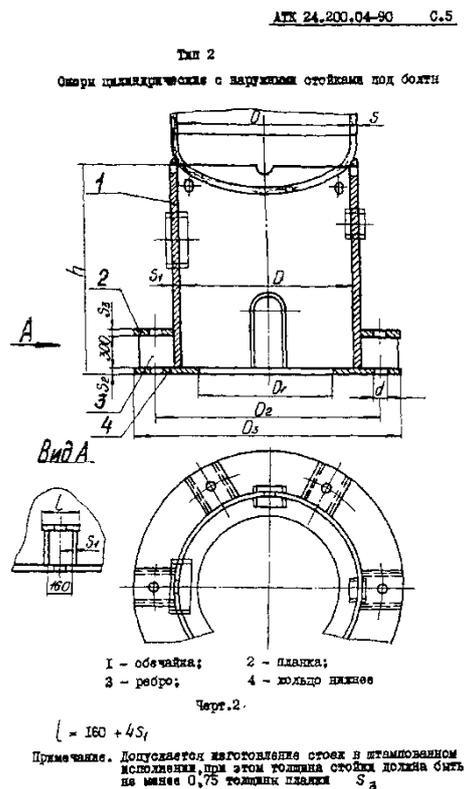


Рисунок 8 - Опора аппарата

**Определим ветровую нагрузку.**

Отделитель незаполненный  $y = 43170$  кг,

Показатель веса опор  $y_{оп} = 2784$  кг

Его вес без опор  $y_1 = 40386$  кг,

Рассчитаем показатель изгибающего момента в расчетном сечении аппарата на основе формулы

$$M_{\phi} = \sum_{i=1}^{n_0} P_i(X_i - X_0) \quad (84)$$

где,  $P_i$  – горизонтальная сила в результате действия на участок ветра, кг,

$$P_i = 0,6 \cdot \beta_i \cdot g_i \cdot D_i \cdot h_i, \quad (85)$$

$g_i$  – скоростной нормативный напор, МПа – 4,5

$\beta_i$  – коэффициент, характеризующий увеличение скоростного напора по всем участкам:

$$\beta_i = 1 + E \cdot m_i = 1 + E \cdot 0,35 \quad (86)$$

$m_i$  – коэффициент, характеризующий пульсацию скоростного напора в точке I (при высоте аппарата  $H = 10$  м), - 0,35,

$E$  – коэффициент, характеризующий динамичность, зависящий от периода колебаний,

$T$  – период колебаний аппарата.

$$T = 2\pi \cdot H \sqrt{\frac{Q_0 \cdot K_C^2 + Q_1 \cdot K_1^2}{g \left( \gamma \cdot \frac{H}{2EJ_1} + Y_0 \right)}} \quad (87)$$

$K_i$  – перемещение центра тяжести участка:

$$K_i = \gamma \frac{H}{2EJ_1} A_i + Y_0 \alpha_i \quad (88)$$

$Y_0$  – поворот опорного сечения,  $1/H \cdot \text{см}$ ,

$$Y_0 = \frac{1}{C_y \cdot J_{\phi}^x} = \frac{1}{10 \cdot 50,42 \cdot 10^6} = 1,98 \cdot 10^{-9} \quad (89)$$

$C_y$  – коэффициент, характеризующий упорное неравномерное сжатие грунта, Н/см – 10,

$J_{\phi}$  – момент опорного кольца,  $\text{см}^4$ ,

$$J_{\phi} = 0,05(D_{H}^4 - D_{B}^4) = 0,05(187^4 - 121^4) = 50,42 \cdot 10^6 \text{ см}^4, \quad (90)$$

$D_B = 1210$  мм,  $D_H = 1870$  мм, - внутренний и наружный диаметры опорного кольца,

$$J_1 = 0,05(D_1^4 - D^4) = 0,05(148^4 - 120^4) = 13,62 \cdot 10^4 \text{ мм}^4, \quad (91)$$

$E$  – модуль упругости данного материала, МПа –  $1,99 \cdot 10^5$ ,

$H$  – показатель высоты аппарата, мм – 75480,

$g$  – показатель ускорения свободного падения, м/сек<sup>2</sup> – 9.81,

$\gamma$  – коэффициент, который определяется в зависимости от характерной аппарату схемы–

$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{13,62 \cdot 10^4}{1,978 \cdot 10^4} = 688 \quad (92)$$

$$J_2 = 3 \cdot 0,05(D_T^4 - D_{BT}^4) = 3 \cdot 0,05(21,9^4 - 17,7^4) = 1978 \text{ м}^4 \quad (93)$$

$D_T = 21,9$  см,  $D_{BT} = 177$  мм, - внутренний и наружный диаметр труб,

$$\frac{H_1}{H} = \frac{574,8}{754,8} = 0,7615 \quad (94)$$

$\gamma = 4,0$ ,

$\alpha_i$  – прочие координаты центра тяжести:

$$\alpha_i = \frac{X_1}{H} = \frac{467,4}{754,8} = 0,619 \quad (95)$$

$$\alpha_0 = \frac{X_0}{H} = \frac{90}{754,8} = 0,119 \quad (96)$$

$A_i$  – безразмерный коэффициент,

$A_1 = 0,375$ ,  $A_0 = 0,026$ ,

$$K_1 = 4,0 \frac{754,8}{2 \cdot 1,99 \cdot 10^6 \cdot 13,62 \cdot 10^6} \cdot 0,375 + 1,98 \cdot 10^{-9} \cdot 0,619 = 1,227 \cdot 10^{-9}$$

$$K_0 = 4,0 \frac{754,8}{2 \cdot 1,99 \cdot 10^6 \cdot 1,978 \cdot 10^{-4}} \cdot 0,026 + 1,98 \cdot 10^{-9} \cdot 0,119 = 1,233 \cdot 10^{-9}$$

$Q_0$  – показатель веса опор, кг – 2784.

$Q_1$  – показатель веса незаполненного участка, Н – 40386.

$Q^1$  – показатель веса заполненного участка, Н – 65386.

Период колебаний аппарата, являющегося незаполненным:

$$T = 2 * 3,14 * 754,8 * \sqrt{\frac{40,368 * (1,227 * 10^{-9})^2 + 2784(1,233 * 10^{-9})^2}{981(4 * \frac{754,8}{2 * 1,99 * 10^6 * 13,62 * 10^6} + 1,98 * 10^{-9})}} = 0,827 \text{сек}$$

Для аппарата, который заполнен:

$$T_{\text{зан}} = 2 * 3,14 * 754,8 * \sqrt{\frac{65368 * (1,227 * 10^{-9})^2 + 2784(1,233 * 10^{-9})^2}{981(4 * \frac{754,8}{2 * 1,99 * 10^6 * 13,62 * 10^6} + 1,98 * 10^{-9})}} = 1,075 \text{сек}$$

$E_3 = 1,83, \beta_{i3} = 1,64$

Для аппарата, который не заполнен:

$E = 1,67, \beta_i = 1,585$

Ветровая нагрузка для аппарата, который не заполнен:

$$P_1 = 0,6 * 1,585 * 45 * 10^{-4} * 148 * 574,8 = 3640 \text{ Н,}$$

$$P_0 = 0,6 * 1,585 * 45 * 10^{-4} * 21,9 * 574,8 = 675 \text{ Н.}$$

Ветровая нагрузка для аппарата, который заполнен:

$$P_{13} = 0,6 * 1,64 * 45 * 10^{-4} * 148 * 574,8 = 3770 \text{ Н,}$$

$$P_{03} = 0,6 * 1,585 * 45 * 10^{-4} * 21,9 * 574,8 = 700 \text{ Н.}$$

Изгибающий момент в местах соединения опоры к колонне:

$$\text{(при заполненном): } M_{13} = P_{13} (X_1 - h_2) = 377(467,4 - 150) = 11966 \text{ Н}\cdot\text{м,}$$

$$\text{(при незаполненном): } M_1 = P_1 (X_1 - h_2) = 364(467,4 - 150) = 11553 \text{ Н}\cdot\text{м,}$$

Изгибающий момент в опорном сечении:

$$\text{(при заполненном): } M_3 = P_0 X_0 + P_1 X_1 = 377 * 467,4 + 70 * 90 = 18251 \text{ Н}\cdot\text{м,}$$

(при незаполненном):  $M = P_0X_0 + P_1X_1 = 364 \cdot 467,4 + 67,5 \cdot 90 = 17621$

Н·м.

**Рассчитаем опорное кольцо:**

Можно определить толщину опорного кольца (в случае его укрепления косынками) при использовании формулы

$$S_k = 1,41 \cdot v \cdot \sqrt{K_4 \frac{3\sigma_2}{[\sigma]}} \quad (97)$$

$K_4$  – коэффициент:

$$K_4 = f(v/e), \quad (98)$$

$$v/e = 16,9/40,90 = 0,41,$$

$$K_4 = 0,35,$$

$l$  – показатель расстояния между косынками, мм:

$$l = \pi \cdot 50/360 \cdot r = 3,14 \cdot 50/360 \cdot 93,5 = 409 \text{ мм}. \quad (99)$$

$r$  – радиус опорного кольца, мм – 935,

$v$  – расстояние до трубы опоры от кольца, мм – 165,

$[\sigma]$  – допустимое напряжение для колец стальных опор 20К, МПа,

$$[\sigma] = 1,1 \cdot \sigma_{\text{доп}} = 1,1 \cdot 1470 = 161,5 \text{ МПа}, \quad (100)$$

$\sigma_{\text{доп}}$  – нормативное допустимое напряжение для стали 20К при  $t = 20^\circ\text{C}$  – 147,

$$\sigma_2 = \sigma_c \cdot \frac{t_k'}{t_k} \quad (101)$$

$t_k'$  – показатель расчетной ширины нижнего из колец [8, стр. 8]:

$$t_k' = \frac{\frac{4M}{D\delta} + N}{\pi \cdot D\delta \cdot \sigma_c} \quad (102)$$

$\sigma_c$  – допустимое напряжение сжатия бетона МПа,

$D_b$  – показатель диаметра окружности болтов, мм – 154 ,

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_c}{t_k} * \frac{\frac{4M}{D_b} + N}{\pi * D_b * \sigma_c} = \frac{\frac{4M}{D_b} + N}{\pi * D_b * t_k} \quad (103)$$

$t_k$  – ширина нижнего из колец, мм – 330,

$M_3$  – момент в опорном сечении (заполненный аппарат):

$$\sigma_2 = \frac{\frac{4 * 182510}{154} + 68170}{3,14 * 154 * 33} = 0,457 \text{ МПа}$$

$$S_k = 1,41 * 16,5 * \sqrt{0,35 * \frac{3 * 4,57}{1615}} = 12,7 \text{ мм}$$

Принято  $S_k = 40$  мм

### ***Рассчитаем болты крепления к фундаменту опоры***

При  $0,4 \cdot N \cdot D_b > M_v$

где,  $N$  – показатель осевой силы,  $N = 681700$ ,

$D_b$  – диаметр окружности болта, мм – 1540,

$M_v$  – изгибающий ветровой момент для аппарата, который заполнен МПа – 18251.

$$0,4 \cdot 68170 \cdot 154 = 41992 \text{ Н} \cdot \text{м} > M_{v3} = 18251 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Для аппарата, являющегося незаполненным:

$$0,4 \cdot 43170 \cdot 154 = 26592720 \text{ Н} \cdot \text{см} > M_{v3} = 17621 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

В случае выполнения условия следует принимать  $P_b = 4$ ;  $d_b = 27$  мм для аппаратов с  $D \leq 140$ .

$D$  – показатель внутреннего диаметра аппарата, мм – 1200.

Принято :  $P_b$  – количество болтов – 4,

$d_b$  – их диаметр, мм – 36.

Болты изготовлены из стали 35.

## **4 Автоматизация**

### **4.1 Краткое описание технологии**

Производится подача реакционной массы, в результате прохождения продуктового холодильника Б-308 с реакторного блока, в отделитель с высоким давлением ОВД Б-401. Верхняя крышка аппарата предназначена для ввода расплавленной массы.

Происходит разделение поступающей в отделитель реакционной смеси под давлением (25,0-28,0) МПа, которое контролируется прибором PI-26005, при температуре 250<sup>0</sup>С, которая контролируется приборами по высоте: ТИАЕ-26007, ТИАЕ-26008, ТИАЕ-26008, на 2 фазы - жидкую, которая включает расплавленный высокомолекулярный полимер и газовую – состоящую из этилена, который содержит в себе небольшой объем низкомолекулярного полимера. Таблица 7.1 состоит из спецификации применяемых средств автоматизации.

Подача газовой фазы из ОВД при температуре (180-280)<sup>0</sup>С, которая контролируется приборами ТАЕ-26014, давлении, не превышающем 28,6 МПа, которое контролируется PRAE-26004 посредством отсечного гидравлического клапана НIE-N-26013, управляемого с ЦПУ, по трубопроводу, охлаждение которого производится горячей водой, - происходит в сепаратор Б-500/, обогрев которого производится паром 2,2 МПа, подающимся в рубашку аппарата. В сепараторе частично выделяется низкомолекулярный полиэтилен (НМПЭ) из газовой фазы. Предусматривается ежемесячный сброс из сепаратора Б-500/1НМПЭ, посредством задействования системы запорной арматуры, в сепаратор с газом промежуточного давления Б-507. Из данного сепаратора происходит подача очищенного частично газа в горизонтальные холодильники Б-503/Н,Н1.

Прибор TI-427 контролирует температуру возвратного газа еще до его входа в Б-500/1.

Происходит подача расплава полимера, содержащего этилен, благодаря клапану НІЕ-Н-26011, в 2 отделителя с низким давлением Б-402/1,2 грануляции. При работе в ОВД осуществляется поддержка оптимального уровня расплава (30-80)% (940-1340)мм согласно показателям прибора LIRCAE-26006. Результатом повышения уровня может являться унос полимера в очистную систему возвратного газа, а также его забивка. Результатом снижения уровня будет являться поступление газа в отделитель с низким давлением и последующий рост давления в ОНД Б-402/1,2. Существует возможность регулирования уровня с ЦПУ, увеличивая либо уменьшая степень открытия клапанов регуляции КрП2и КрП1 на трубопроводах, подающих расплав в ОНД Б-402/1,2.

В случае повышения давления до 29,0 МПа в ОВД предусматривается от прибора PRAE-26004 подача сигнала об открытии электроздвижкиКр2 при сбросе из сепаратора Б-502/1газа, и газа из ОВД в колонну Б-505; при уменьшении давления до 27,0 МПа в ОВД закрывается электроздвижка Кр2.

Происходит охлаждение в теплообменниках Б-503Н/503Н1 газа горячей водой, подача которой осуществляется в межтрубное пространство непосредственно через станцию горячей воды при температуре (130-170)<sup>0</sup>С, давлении до 3 МПа.

Отделитель с высоким давлением Б-401 состоит из быстродействующих гидравлических клапанов НІЕ-Н-26002, НІЕ-Н-26013, НІЕ-Н-26011, НІЕ-Н-26001, обслуживание которых производится посредством гидроаккумуляторной станции АБ корп.425, срабатывающих в случае прохождения аварийных программ «АР» и «А-2»:

- клапанов НІЕ-Н-26011 НІЕ-Н-26013, НІЕ-Н-26001, которые закрываются, при этом, отсекается от системы ОВД Б-401;
- клапана НІЕ-Н-26002, который открывается, чем обеспечивается сброс полиэтилена и газа в атмосферу;
- клапана НІЕ-Н-26001, который закрывается в случае срабатывания аварийной

программы «А-1»];[22] таблица 4.1:

Таблица 4.1 - Спецификация средств автоматизации

Обозначение	Наименование	Количество
Т ТІАЕ-26009 ТІАЕ-26008 ТІАЕ-26007 ТІАЕ-26014 ТІ-427	Термометр сопротивления платиновый ТСПУ Метран-276-Ехd Диапазон измерения: 0-400°С Погрешность: 0,25 Выходной сигнал: 4-20 мА	5
Р PI-26005 PI-27006-1 PIRAE-26004	Интеллектуальные датчики давления серии Метран-100-ДА модели 1050-Ех Диапазон измерения: максимальный 0-150 МПа минимальный 0-0,04 кПа Выходной сигнал: 4-20 мА Погрешность: 0,25	3
Р, С PIRAE-26004 LIRCAE-26006	Регистратор, регулятор.	3
Л LIRCAE-26006	Радиоизотопный датчик уровня DG-57 Диапазон измерения: 0,1- 2 м. Блок источника с гамма-излучения с изотопом Кобальт-60 Погрешность: ±1-2 %	1

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-2К31	Черепов Александр Владиславович

<b>Школа</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	Химической инженерии
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	18.03.01 Химическая технология, профиль <<Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов>>

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

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.

Установка получения полиэтилена

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

**1. Производственная безопасность:**

1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;
- действие фактора на организм человека;
- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
- предлагаемые средства защиты;
- (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).

1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- механические опасности (источники, средства защиты);
- термические опасности (источники, средства защиты);

1.1. Вредные производственные факторы при выполнении работ на установке получения полиэтилена:

- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте;
- токсические и раздражающие;

1.2. Опасные производственные факторы при выполнении работ на установке получения полиэтилена:

- опасность поражения электрическим током;
- движущиеся части оборудования;
- опасность взрыва и пожара.

<p>- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты)</p>	
<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- защита селитебной зоны</li> <li>- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>- анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> </ul>	<p>Отработанное смазочное масло вывозится за пределы предприятия и подвергается регенерации на специальных регенерирующих установках. Смазочное масло, которое не подлежит регенерации, утилизируется. В результате утилизации отработанное масло преобразуется в гидрофобный порошок, обладающий высокими силикатными свойствами, который можно использовать в строительстве при изготовлении гидрозащитных оснований, площадок, при строительстве хранилищ, отстойников, обсыпок дорог и др</p> <p><b>-защита гидросферы:</b> В цехе предусмотрена ливневая и хоз- бытовая канализация. В нее поступают сточные воды от мытья полов в помещениях. Основным загрязнителем сточных вод являются следы масел, по содержанию не превышающие ПДК. Все сточные воды подвергаются механической и химической очистке на очистных сооружениях предприятия</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>В соответствии с классификацией производств по пожарной опасности (ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности") [21], зданию цеха полиэтилена высокого давления присвоена категория пожарной опасности В, которая включает в себя производства, связанные с обработкой или применением твердых сгораемых веществ и материалов, а также жидкостей с температурой вспышки паров выше 120° С (смазочное масло).</p> <p>Возможные источники и причины пожаров и взрывов на рабочем месте:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• загорание смазочных масел и обтирочного материала при неправильном их хранении;</li> <li>• загорание промасленной спецодежды и материалов при соприкосновении их открытым огнем или горячими частями оборудования и трубопроводов;</li> <li>• загорание промасленной одежды и смазочных масел от попадания на них искр.</li> </ul>
<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>Согласно статье 224ТК РФ работодатель обязан соблюдать ограничения на привлечение отдельных категорий работников к выполнению тяжелых работ, во вредных и (или) опасных условиях. Выбор места сооружения радиационных объектов должен отвечать требованиям ОСПОРБ-99 и настоящих правил. Для предприятий и объектов атомной промышленности в зависимости от их</p>

	категории потенциальной опасности, согласно п. 3.2.8. ОСПОРБ-99, устанавливаются санитарно-защитная зона и зона наблюдения.
--	---

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

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К31	Черепов Александр Владиславович		

## 5 Социальная ответственность

Технологический процесс, заключающийся в производстве полиэтилена при высоком давлении (ПЭВД) состоит из таких стадий [22]:

- компримирования этилена до давления 150-300 МПа посредством компрессоров;
- дозирования инициатора посредством насосов с высоким давлением;
- дозирования модификатора;
- процесса полимеризации этилена с температурой 150-320 °С;
- разделения непрореагировавшего этилена и полиэтилена;
- охлаждения и очистки возвратного газа (непрореагировавшего этилена);
- грануляции расплавленного этилена посредством экструзионного метода.

### 5.1 Производственная безопасность

#### 5.1.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Таблица 5.1 - Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Виды работ, параметры процесса производства	Ф а к т о р ы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ) [13]		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Контроль нормального протекания технологического процесса	Показатели микроклимата в помещениях отклонены Низкая освещенность рабочих зон	Наличие опасности поражения током	СанПиН 2.2.4.548-96; ГОСТ 12.0.003-74.ССБТ; ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ

Обслуживание сосудов, технологического оборудования, трубопроводов при высоком давлении	Превышение допустимого уровня шума	Наличие опасности пожара и взрыва	СНиП П-12-77; ГОСТ 12.0.003–74.ССБТ; ГОСТ12.1007-76ССБТ
---	------------------------------------	-----------------------------------	---

## 5.1.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния на работающих

### 5.1.2.1 Отклонение показателей микроклимата в помещении

В качестве важного фактора на проектируемой установке, выступает исключение воздействия разных микроклиматических вредных факторов на человеческий организм и создание оптимальных трудовых условий в рабочих зонах. На этой установке имеет место соответствие параметров воздушной среды СанПиН 2.2.4.548–96 [19]. Им установлены допустимые и оптимальные микроклиматические условия для переходного, холодного и теплого периода, что зависит от тяжести работ, которые выполняются.

Таблица 5.2 - Допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений СанПиН 2.2.4.548–96

Сезон года	Категория тяжести выполняемых работ	Температура, С <sup>0</sup>		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/сек	
		Фактич. значение	Допустим. значение	Фактич. значение	Допустим. значение	Фактич. значение	Допустим. значение
Холодный	IIa	20	17-23	70	15-75	0,3	0,1-0,3
Теплый	IIa	21	18-27	65	15-75	0,3	0,1-0,4

Показатели таблицы 6.2 являются свидетельством соответствия микроклиматических условий в рабочих зонах нормам производственных помещений.

(СанПиН 2.2.4.548–96) [19]. При отклонении от норм, используются системы кондиционирования и отопления.

### **5.1.2.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны**

Цель оценки освещенности рабочих зон заключается в обеспечении нормативных рабочих условий в помещениях, проводится согласно СанПиН 2.2.1/ [18].

Таблица 5.3 - Параметры систем естественного и искусственного освещения на рабочих местах по СанПиН 2.1.1.1278-03

Наименование рабочего места	Тип источника света и светильника	Освещенность при использовании совмещенной системы, лк	
		Фактически	Норм. значение
Центральный пульт управления	ЛЛ	520	500

При отключении освещения в помещениях на производстве предусматривается включение аварийного освещения.

### **5.1.2.3 Превышение уровней шума**

Основные источники шума в цехе полиэтилена с высоким давлением состоят из электродвигателей, приводящих в действие компрессоры и насосы, движущихся деталей насосов и компрессоров: рабочее колесо и ротор. В помещениях цеха уровень шума, в близости к компрессору либо насосу 87 дБ, в октавных полосах, среднегеометрические частоты которых составляют 500 Гц, и, это превышает допустимые показатели эквивалентного звукового уровня для постоянных мест работы и зон производственных помещений, на территории организаций, согласно ГОСТ 12.1.003–83 с изм. от 1999г.[14].

Результатом длительного регулярного нахождения в помещении ПЭВД при отсутствии определенных средств защиты от воздействия шума является возникновение шумовой болезни (ухудшения слуха), затем и полная потеря слуха.

Средства и методы защиты от возникающего шума:

Если говорить о средствах и методах, используемых при защите от шума относительно защищаемого объекта, следует их подразделить на индивидуальные и коллективные [14].

Индивидуальные средства, используемые при защите, состоят из: противошумных наушников, вкладышей, шлемов и касок, противошумных костюмов, антифонов, “беруш”.

Используются: звукоизолированные кабины, экраны, звукоизолирующие кожухи и материалы [15].

Таблица 5.4 - Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука (ГОСТ 12.1.003–83 с изм. 1999г.) [14]

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Лаборатории, программисты, конструкторские бюро	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Рабочие комнаты, помещения управления	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
Постоянные места работы, рабочие зоны производственных помещений и на территории организации	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

#### **5.1.2.4 Опасность поражения электрическим током**

Согласно «Правилам устройства электроустановок» [23], второй класс электробезопасности состоит из помещения Центрального пульта управления полиэтиленового производства, которое в свою очередь состоит из:

Необходимости соответствия электрооборудования в здании требованиям, выдвигаемым правилами устройств электроустановок. Предусматривается заземление всех частей технологического оборудования, проводящих статическое электричество, в соответствии с ГОСТом 12.4.124-83 [5].

Средств индивидуальной защиты, что зависит от назначения согласно ГОСТу 12.4.124-83.

Предусматривается использование при защите работников от поражения током диэлектрических перчаток, ковриков, сапогов, резиновых фартуков и прорезиненных костюмов, инструментов, на которых изолированы ручки. [3]

Средства, используемые при коллективной защите

Средства коллективной защиты от поражения током состоят из: зануления, заземления, защитного отключения, изоляции, ограждения, блокировки, пониженных напряжений, сигнализации и плакатов, электрозащитных средств, электрического разделения сетей.

Предусматривается защита оборудования, сооружений, зданий, трубопроводов от попаданий молнии посредством присоединения установок, некоторых емкостей, аппаратов к заземляющему контуру, установкой молниеприемников. Согласно СН 305-77 [6].

## **5.2 Экологическая безопасность**

В процессе эксплуатации адсорбционного и теплообменного оборудования, фильтров пыли, разного оборудования и насосов в цехе отсутствуют газообразные производственные отходы, которые загрязняют окружающую среду. Основные производственные отходы состоят из: сточных

вод, содержащих примеси масел, пыли, задерживаемой фильтрами при очистке воздуха [22].

Процесс охлаждения теплообменного оборудования происходит от закрытой системы с оборотным водоснабжением.

Существует возможность обеспечения нормальной воздушной среды в помещениях цеха посредством систем вентиляции и отопления.

### **5.2.1 Охрана почв**

Предусматривается вывоз отработанного смазочного масла за пределы организации, затем оно регенерируется на регенерирующих специальных установках. Производится утилизация смазочного масла, не подлежащего регенерации. После утилизации происходит преобразование отработанного масла в гидрофобный порошок, который обладает силикатными высокими свойствами, использование которого возможно в процессе строительства, изготовления площадок, гидрозащитных оснований, строительства отстойников, хранилищ, обсыпок дорог и пр [22].

### **5.2.2 Охрана гидросферы**

Цех оснащен ливневой и хозяйственной канализацией, куда поступают все сточные воды при мойке полов. В качестве основного загрязнителя сточных вод выступают следы масел, которые не превышают ПДК по содержанию. Предусматривается механическая и химическая очистка сточных вод на очистных сооружениях организации [22].

## **5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

### **5.3.1 Пожарная и взрывная безопасность**

Согласно классификации производств с точки зрения пожарной опасности (ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности") [21], цеху полиэтилена с высоким давлением присваивается категория В пожарной опасности, состоящая из производств, занимающихся применением либо обработкой сгораемых твердых материалов и веществ,

жидкостей, температура вспышки паров которых превышает 120° С (смазочного масла).

Возможные причины и источники взрывов и пожаров на рабочих местах состоят из:

- загорания обтирочного материала и смазочных масел в случае неправильного их хранения;
- загорания материалов и промасленной спецодежды в случае их соприкосновения с открытым огнем либо горячими частями трубопроводов и оборудования;
- загорания смазочных масел и промасленной одежды при попадании на них искр.

Противопожарные организационные меры состоят из мероприятий: режимного характера, обучения, разработки плана эвакуации при пожаре. Технические меры следует рассматривать в качестве современных автоматических средств сигнализации, установка которых является обязательной в каждом из помещений цеха, устройств и методов ограничения распространения огня, автоматических стационарных систем, используемых при тушении пожара. Вместе с тем, предусматривается оснащение помещения цеха первичными средствами для пожаротушения- огнетушителем порошковым АВС(Е) класса А, располагающимися на щитах типа ЦП-А на легкодоступном и видном месте. Предусматривается оснащение ЦПУ кнопочным извещателем, благодаря которому появляется возможность своевременного информирования пожарной службы [22].

Для снижения степени вероятности возникновения пожара либо же взрыва на производстве необходимо выполнять *единые требования по охране труда*.

### **5.3.2 Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и социального характера**

В случае возникновения пожара (загорания) вне зависимости от размеров, на аппаратчика возлагается обязанность по [22]:

- немедленному вызову пожарной команды по телефону либо посредством кнопочного извещателя;
- вызову скорой помощи и газоспасательного отряда.
- сообщению о пожаре (загорании) начальству;
- тушению пожара средствами пожаротушения;
- остановке технологического процесса.
- покинуть помещение в случае возникновения угрозы для жизни.

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

### **5.4.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства**

В соответствии со ст. 224ТК РФ на работодателя возлагается обязанность по соблюдению ограничений на привлечение некоторых категорий сотрудников к выполнению тяжелой работы, в опасных и (либо) вредных условиях. К примеру, трудовым законодательством ограничивается труд женщин на работе в опасных, вредных либо тяжелых условиях (ст.253 ТК РФ). Исключается возможность допуска молодых людей, не достигших 18-ти лет, на опасные либо вредные работы, что указано в ст.265 ТК РФ.

У работников, занятых на работах в опасных либо вредных условиях, предусматривается сокращение продолжительности рабочего времени на 4 часа еженедельно. Таким образом, она составляет 36 часов/нед.(ч.1 ст.92 ТК РФ). Вместе с тем, не может превышать рабочая смена при 36-тичасовой неделе 8-и часов, а в случае 30-тичасовой рабочей недели и менее- 6 часов (ч.2 ст.94 ТК РФ).

#### **5.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

В процессе проектирования объектов следует предусматривать возможное размещение оборудования и аппаратуры вне здания. Посредством компоновочных решений технологических установок должны обеспечиваться требования, состоящие из:

- Минимальных эксплуатационных и капитальных расходов;
- Технологической взаимозаменяемости;
- Последовательности технологических процессов при минимальном количестве встречных перекачек;
- Оптимальных размеров рабочих площадей установок, технологических блоков, агрегатов;
- Деления на участки, при котором будут опоражняться от продукта все аппараты и трубопроводы, расположенные на площадке;
- Свободного доступа к арматуре и оборудованию. Приборов автоматизации и контроля; свободного подъезда транспорта и размещения подъемных средств;
- Возможности проведения ремонтных работ посредством средств механизации.

Предусматривается принятие расстояний между теплообменниками, колоннами, аппаратами, прочим оборудованием, которое расположено внутри технологической установки, учитывая условия удобства ремонта, обслуживания, выполнение требований по пожарной безопасности и охране труда.

Следует предусмотреть:

- Ключевые проходы в части обслуживания щитов для управления, ширина которых не менее 2-х м;
- Главные подходы к обслуживанию аппаратов, насосов, компрессоров, которые оборудованы местными контрольно-измерительными

приборами, проходы в случае наличия постоянных мест работы, ширина которых составляет не менее 1.5 м.

- Проходы между стенами помещений и аппаратами для кругового обслуживания - ширина составляет как минимум 1 м.
- Проход, используемые при осмотре периодической проверки, регулировке приборов и аппаратов – ширина 0,8 м;
- Расположенные между газовыми компрессорами проходы – как минимум 1.5 м. Проход малогабаритными машинами должен составлять (высота и ширина до 0.8 м.)- 1 м как минимум.
- Следует установить расстояния между фундаментами для вертикальных аппаратов массой не более 40 м. должны быть не менее 3.5

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-2К31	Черепов Александр Владиславович

<b>Школа</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	Химической инженерии
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	18.03.01 Химическая технология, профиль <<Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов>>

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

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

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

<p>1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала проекта</p>	<p>Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта</p>
<p>2. Разработка устава научно-технического проекта</p>	<p>Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.</p>
<p>3. Планирование процесса управления проектом: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</p>	<p>Определение производственной мощности. Расчет сырья, материалов, оборудования, фонда оплаты труда. Расчет себестоимости готового продукта. Расчет точки безубыточности.</p>
<p>4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</p>	<p>Проведение оценки экономической эффективности установки получения полиэтилена</p>

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

1. Расчет точки безубыточности графическим и математическим методами.
2. Расчет технико-экономических показателей
3. Расчет чистого денежного потока
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности проекта

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К31	Черепов Александр Владиславович		

## 6 Экономика производства

### 6.1 Расчёт производственной мощности

Производственную мощность химической коМПании (цеха, производства) следует рассматривать как возможный годовой выпуск готовых товаров в ассортименте и номенклатуре, которые предусмотрены на плановые периоды при максимально эффективном применении площадей и производственного оборудования, при внедрении инноваций либо проведении соответствующих организационно-технических мероприятий.

Необходимые мощности производства [24]:

$$M = P_{\text{час}} \cdot T_{\text{эфф}} \cdot n, \quad (120)$$

где,  $P_{\text{час}}$  – производительность ведущего оборудования в час

$$P_{\text{час}} = 15 \text{ т/час};$$

$T_{\text{эфф}}$  – время работы имеющегося оборудования;

$n$  – численность однотипного имеющегося оборудования;

$$n = 1;$$

$$T_{\text{эфф}} = T_n - T_{\text{ППР}} - T_{\text{го}} \quad (121)$$

$T_n$  – номинальный фонд функционирования данного оборудования;

$$T_n = 1 \text{ год} \cdot 24 \text{ часа} = 8760 \text{ ч.}$$

Таблица 6.1 - Продолжительность выполняемых работ при капитальном ремонте

Вид работы	Ориентировочный период работы, день
1. Пропарка отделителя с высоким давлением	4
2. Очистка от полимера внутренних стенок в отделителе	4
3. Капремонт арматуры и трубопроводов.	8
4. Калибровка КИПиА.	2

$T_{\text{ППР}}$  – простой при ремонте;

$$T_{\text{ППР}} = 18 \text{ дней} \cdot 24 \text{ ч.} = 432 \text{ ч.}; \quad (122)$$

Так как производство является непрерывным - не предусматриваются технологические остановки.

$T_{ТО}$  – период технологических остановок;

$T_{ТО}=0$ ч.;

$$T_{эфф}=8760-432-0=8328 \text{ ч.} \quad (123)$$

Мощность производства:

$$M=8328 \text{ ч.} \cdot 15 \text{ т/час} \cdot 1 = 124920 \text{ т}$$

Таблица 6.2 - Баланс рабочего времени оборудования

Показатели	Число дней (часов)
Календарный фонд общего времени	365 (8 760)
Номинальный фонд времени работы	365 (8 760)
Простой оборудования при ремонте	18 (432)
Эффективное время функционирования оборудования на протяжении года	347 (8 328)

В целях характеристики применения оборудования следует рассчитать интенсивный и экстенсивный коэффициент его использования.

Коэффициент, характеризующий экстенсивное использование оборудования

$$K_{экс} = T_{эфф}/T_{н} = 8328 / 8760 = 0.95 \quad (124)$$

Коэффициент, характеризующий интенсивное использование оборудования

$$K_{инт} = Q_{пп}/Q_{max} = 15/17 = 0.882 \quad (125)$$

где  $Q_{пп}$  – производительность одной единицы оборудования на протяжении часа;

$Q_{max}$  – максимальные показатели производительности в одну единицу времени.

Показатель интегрального коэффициента применения мощностей:

$$K_{им.} = K_{экс} \cdot K_{инт} = 0.95 \cdot 0.88.2 = 0.838 \quad (126)$$

При определении реального выпуска товаров осуществляется расчет производственной программы ( $N_{год}$ ):

$$N_{год} = K_{им} \cdot M = 0.838 \cdot 124920 = 104683 \quad (127)$$

где  $K_{им}$  - показатель коэффициента применения мощностей.

### Расчет годового фонда заработной платы цехового персонала

1. Рассчитаем кадровую численность (табл. 8.3):

- основные рабочие;

Таблица 6.3 - Расчет численности персонала основных рабочих

Работники	Норматив в обслуживании, $N_{обс}$	Количество смен на протяжении сутки, $S$	Количество оборудования, $n$	Явочное количество, $N_{яв}$	Эффективное время сотрудника, $T_{эфф}$ , час	Коэффициент перехода, $K_{пер}$	Списочное количество, $N_{сп}$
Основные сотрудники	0.3	2	14	9	1494	2.9	26
Всего							26

2. Расчет баланса годового эффективного времени 1-го сотрудника (таблица 6.4):

Таблица 6.4 - Баланс эффективного времени одного среднесписочного работника

№, п/п	Показатель	Количество дней	Часы
1.	Календарный фонд времени работы	365	4380
2.	Количество нерабочих дней Праздничные Выходные	- 182.5	- 2190
3.	Номинальный фонд времени работы	182.5	2190
4.	Запланированные невыходы Дополнительные и очередные отпуска (смена) Невыходы при болезни (смена)	30 7	720 168

№, п/п	Показатель	Количество дней	Часы
	Отпуск, связанный с учебой не отрываясь от производства	21	
5.	Эффективный фонд времени работы	124.5	1494

3. Численность выходных дней на протяжении года, ночные смены определяются на основе графика сменности (табл.5 содержит пример такого графика).

Таблица 6.5 - График сменности

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	А		12	12		4	12	8			12	12		4	12
2	Б	12		4	12	8			12	12		4	12	8	
3	В	4	12	8			12	12		4	12	8			12
4	Г	8			12	12		4	12	8			12	12	

15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
8			12	12		4	12	8			12	12		4	12
	12	12		4	12	8			12	12		4	12	8	
12		4	12	8			12	12		4	12	8			12
4	12	8			12	12		4	12	8			12	12	

Часы работы: 8<sup>00</sup> - 20<sup>00</sup>

20<sup>00</sup> - 8<sup>00</sup>

Таблица 6.6 - Порядок расчёта годового фонда зарплаты цеховых работников

Этапы расчёта	Содержание расчётов	Подробно
1	2	3
1. Расчёт кадровой численности: • основные рабочие;	Списочная и явочная численность	табл. 3
2. Эффективное годовое время одного среднесписочного сотрудника	Таблица расчёта Тэфф в часах и днях	табл. 4
3. График сменности	Таблица	табл. 5
4. Расчёт числа выходных дней и сменоборота на протяжении года	Тсо, Твых	табл. 4 табл. 5
5. Тарифный фонд заработной платы	$Z_{тар} = T_{ст} \cdot T_{эфф}$ , Где $T_{ст}$ – ставка разряда сотрудника	
6. Премияльные (Дпрем)	20 – 80 % от $Z_{тар}$	45%
7. Доплата при работе в ночное время суток (Днв)	40 % от ( $T_{ст} \cdot t_{нв}$ ), где $t_{нв}$ – время ночной смены (предусматривается определение на основе графика сменности)	
8. Доплата при работе в праздничный день (Дпр)	$T_{пр} \cdot T_{ст} \cdot N_{яв}$ , Где $T_{пр}$ – численность праздников на протяжении года; $N_{яв}$ – явочная кадровая численность	
9. Доплата из фонда мастера (ДФМ)	3 % от $Z_{тар}$	
10. Доплата при бригадирстве (Дбр)	Выплачивается лишь бригадирам 15% от ЗП	
11. Заработная плата (Зос)	$Z_{тар} + Дпрем + Днв + Дпр + Дфм + Дбр$	
12. Дополнительная ЗП (Здоп)	$(D_{н} \cdot Z_{осн}) / T_{эфф}$ , Где $D_{н}$ – число невыходов на работу при наличии планируемых причин (гособязанности, ученические, отпуск)	
13. Районный коэффициент	1.5	
14. Начисление на заработную плату	30 % от ( $Z_{осн} + Здоп$ )	

Таблица 6.7 - Потребность в кадрах и зарплате

Категории сотрудников	1-ый год			
	Потребность, человек	Среднегодовая заработная плата, тыс. руб.	Затраты на заработную плату за год, тыс. руб.	Доплата, тыс. руб.
Основные сотрудники	26	25	7800	9360

## 6.2 Расчет затрат на производство продукции

### 6.2.1 Расчет годовой потребности в сырье и материалах

Следует определить затраты на сырье и материалы учитывая принятый производственный объем, удельные нормы расхода материалов и сырья, а также планово-заготовительных цен.

Таблица 6.8 - Расчет годовой потребности в сырье и материалах

Сырье	Ед.изм ерения	Цена Тыс.руб	Расход, т		Затраты, тыс. руб.	
			На одну единицу готовых товаров	На весь производ ств. объем	На единицу готовых товаров	На весь производ ств. объем
1. Этилен	т	51.9	1	104 683	51.9	5 433047.7
2. Инициаторы	т	100	0.00033	34.55	0.033	3450
<b>Итого</b>					51.933	5 436497.7

### 6.2.2 Расчет годовой потребности в электроэнергии

Таблица 6.9 - Расчет потребности электроэнергии

Оборудование	Суммарная мощность, кВт	Эффективный фонд работы оборудования	Электроэнергия, суммарно-потребляемая, кВт*ч
Электродвигатели	6536	8328	54435160
		8328	54435160

### 6.2.3 Расчет амортизационных отчислений

При расчете амортизационных отчислений следует учитывать:

- полная стоимость зданий;
- стоимость оборудования;
- нормы отчислений на амортизацию.

В таблице 10 рассчитаны амортизационные отчисления и остаточная стоимость всех основных фондов.

Следует определить **амортизационные отчисления (АО)**, используя формулу:

$$AO = C_{\text{оф}} \cdot H / 100\%, \quad (128)$$

где  $C_{\text{оф}}$  – является среднегодовой стоимостью основных фондов, рублей;

$H$  - нормой амортизационных отчислений при их восстановлении, % к балансовой их стоимости.

Таблица 6.10

Основные фонды	Амортизационная норма, %	1 год		2 год	
		$C_{\text{оф}}$ , тыс.руб.	АО <sub>1</sub> , тыс.руб.	АО <sub>2</sub> , тыс.руб.	Остаточная цена тыс.руб.
1. Оборудование и машины (Старое).	14	536800	75152	75152	386496
2. Оборудование и машины (новое).	14	144432	20220,48	20220,48	103991,04
3. Здания	5	80000	4000	4000	72000
Итого:					589487,04

Таблица 6.11 - Затраты на покупку оборудования

Оборудование	Численность, шт	Цена за 1-ну единицу, тыс.руб	Цена, тыс.руб
Основные механизмы, аппараты			
Отделитель с высоким давлением	1	15000	15000
Сепаратор возвратного газа ВД	1	10000	10000

Холодильник	2	12500	25000
Компрессорное оборудование	5	4000	20000
Насосное	5	1000	5000
Инвентарь	4	400	1600
Прочие емкости	10	500	5000
Итого			81600

Таблица 6.12 - Расходы на наладку и монтаж оборудования

Нормативы	% стоимости оборудования, тыс.руб.
1. Устройство фундаментов	8160 (10%)
2. Технологические трубопроводы	16320 (20%)
3. Антикоррозионные работы	4080 (5%)
4. Разводки кабеля	4080 (5%)
5. КИПиА	8160 (10%)
6. Монтаж оборудования	17952 (22%)
8. Вспомогательное оборудование	4080 (5%)
Итого	62832

### Расходы на строительство защитных сооружений.

Работы	Стоимость, тыс.руб.
1.Производство строительства защитных сооружений	27693

Таблица 6.13 - Калькуляция себестоимости на реализацию и производство продукции при заданном производственном объеме (Q)

$$N_{\text{год}} = 104683 \text{ т/год}$$

Расходные статьи	Ед. изме р.	Цен а за 1-у ед. тыс . руб.	Расходы на ед.		Затраты, руб		Примечан ие
			На 1 т	На N <sub>год</sub>	На 1 т, тыс.ру б.	На N <sub>год</sub> , тыс.руб.	
1. Основные материалы и сырье.							

Этилен	т	51.9	1	104683	51.9	5433047. 7	таблица 9
2. Вспомогательные материалы							
- Инициаторы	т	100	0.000 33	34.55	0.033	3450	таблица 9
3. Энергия: - электроэнерг.	кВт	0.00 4	520	544351 60	2,08	217740,6 4	таблица 8
4. Зарплата основных сотрудников					0,164	17160	таблица 7
5. Отчисления (соц.нужды)					0,049	5148	30% от ст.4
6. РСЭО							
6.1. Амортизация активной доли осн. фондов					0,911	95372,48	таблица 10
6.2. Затраты при ремонте АЧОФ					0.273	28611,74 4	30% от ст.6.1
7. Расходы цехов							
7.4. ТБ и охрана труда.					0.017	2402,4	14% от ЗП сотрудников
Общая себестоимость.					55,43	5802932, 974	
Условно-переменные затраты					54,013	5654238, 34	
Условно-постоянные					1.62	148694,6 34	

$\text{Ц} = 55,43 * 1,25 = 69,28$  тыс.руб.

Следует принять рыночной цену ,  $\text{Ц} = 74$  тыс.руб.

### 6.3 Анализ безубыточности

Определим точку безубыточности [24]:

$$Q_{кр.} = \frac{Изд._{пост}}{Ц_i - Изд._{пер}}, \quad (129)$$

$$Q_{кр.} = 148694,634 / (74 - 54,013) = 7439,56 \text{ тонн.}$$

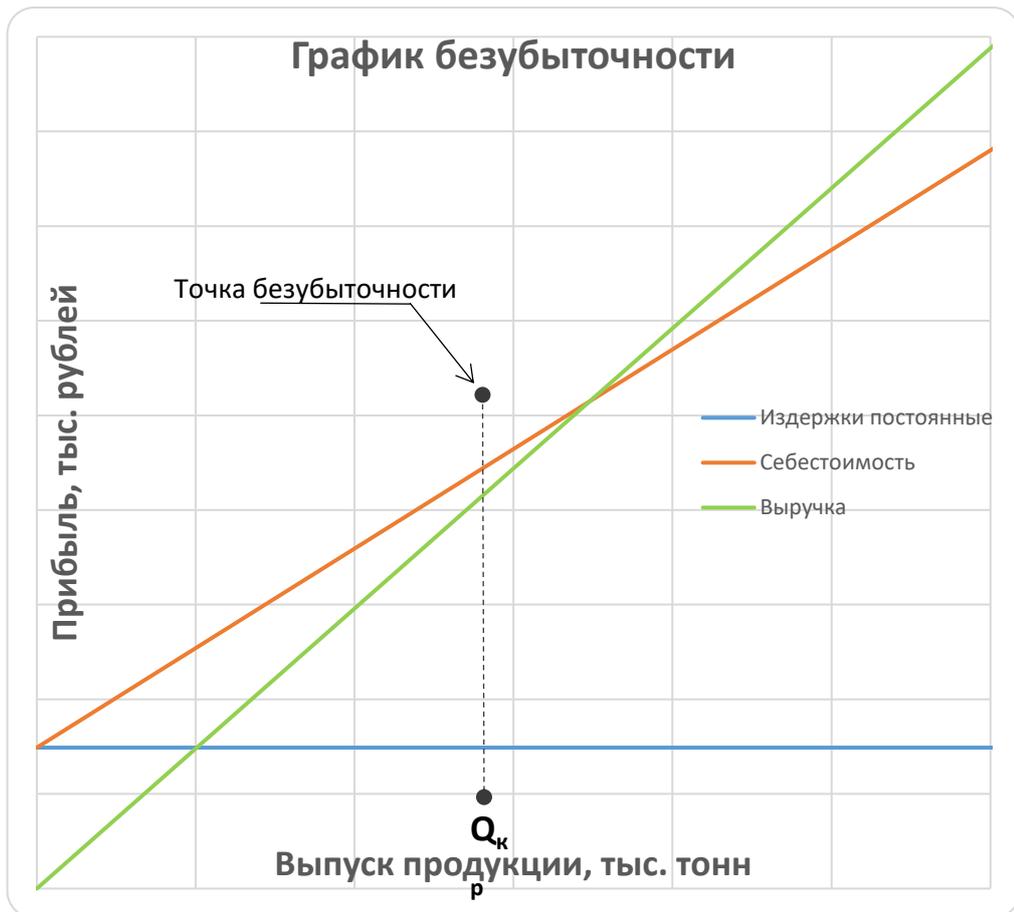


Рисунок 9 - График определения точки безубыточности

### 6.4 Срок окупаемости инвестиций

Метод, предусматривающий расчет срока инвестиционной окупаемости **PP** - определение периода, на протяжении которого будут возвращены первоначальные инвестиции прибылью либо чистыми финансовыми поступлениями. Данный метод рассчитан на осуществление краткосрочной оценки, рассматривая период окупаемости инвестиционного проекта. Чем быстрее данный проект окупит затраты, тем выше уровень эффективности проекта. Применением этого показателя предусматривается установление

соответствующего срока окупаемости, что является мерой оценки уровня эффективности инвестиций.

От степени необходимости для инвестора ликвидность, зависит срок окупаемости.

Способ расчета данного срока **РР** состоит в делении суммы первоначальных инвестиций на объемы годовых поступлений (чистая прибыль):

$$PP = \frac{I_0}{ЧДП}, \quad (133)$$

где  $I_0$  – первоначальные инвестиции;

$ЧДП$  – чистый финансовый поток в результате операционной деятельности;

Предусматривается использование этого подхода в случае, когда объем чистого финансового поступления равны по годам.

$$I_0 = 172125 \text{ тыс.руб.}$$

$$NPV = 184155,3 \text{ тыс.руб.}$$

$$PP = I_0 / ЧДП = 1,201 \text{ года} \quad (134)$$

$$1,201 \cdot 12 \approx 14,4 \text{ мес.}$$

Период окупаемости проекта инвестиций равен 14,4 мес.

Таблица 6.14 - Техничко-экономические показатели

Наименование показателя	Ед. изм.	Плановый год
1. Производственный объем	тыс. т	104683
2. Реализационный объем	тыс. т	104683
3. Цена 1 т	тыс. руб.	74
4. Выручка в результате продажи (2*3)	тыс. руб.	7746542
5. Суммарный объем издержек	тыс. руб.	5802932
5.1. Переменные издержки	тыс. руб.	5654238
5.2. Постоянные	тыс. руб.	148694

6. Операционная прибыль (4–5)	тыс. руб.	1943610
7. Налог на прибыль (6*20%)	тыс. руб.	388722
8. Чистая прибыль (6–7)	тыс. руб.	1554888
9. Себестоимость 1 т.	тыс. руб.	55,43
10. Стоимость основных средств	тыс. руб.	81600
11. Количество основных сотрудников	чел.	26
12. Фондовооруженность (10/11)	тыс. руб./чел.	2121600
13. Фондоотдача (4/10)	руб./руб.	94,93
14. Фондоемкость (10/4)	руб./руб.	0,01
15. Производительность труда (4/11)	тыс. руб./чел.	225471
16. Производственная рентабельность (8*100%/5)	%	26
17. Рентабельность реализации (8*100%/4)	%	20
18. Критические объемы реализации ( $Q_{кр.}$ )	т	7439,56
19. Критические объемы реализации ( $Q_{кр.}$ )	тыс. руб.	565406
20. Инвестиции, $I_0$ первоначальные инвестиции	тыс. руб.	172125
21 NPV чистая текущая стоимость	тыс. руб.	184155,3
22.PI рентабельность инвестиций	-	2.07
23.IRR внутренняя ставка доходности	%	68
24.Период окупаемости	годы	1.2

## **Заключение**

**В рамках дипломного проекта разработан:** отделитель высокого давления.

Следует рассматривать **отделитель высокого давления** в качестве вертикального цилиндрического аппарата, используемого при разделении реакционной массы, которая подается на полиэтилен с реактора, также непрореагировавший этилен, содержание в котором низкомолекулярного полиэтилена имеет место. Процесс разделения происходит при резком снижении давления с реактора реакционной массы, в результате чего происходит выделение из расплава полимера растворенного в нем газа.

Главный материал для аппаратов 20Х2МА-сталь легированная конструкционная, которая используется в процессе создания аппаратов с высоким давлением, и высокой температурой. В первую очередь на аппараты воздействует внутреннее давление, в связи с чем, следует рассчитать прочность элементов аппарата, нагруженного внутренним давлением. Вместе с тем, рассчитаны укрепления в отверстиях штуцеров, фланцевые соединения с точки зрения обеспечения условий герметичности и прочности.

**Наряду с этим в дипломном проекте были рассмотрены:**

- Рассматривался вопрос, связанный с социальной ответственностью, производственной безопасностью, обоснованы и разработаны мероприятия, направленные на снижение уровня вредного и опасного воздействия, безопасности при ЧС, экологической безопасности.
- в экономической части оценена экономическая эффективность проекта. Были определены размеры инвестиций, которые требуются для реализации данного проекта. Основываясь на этих данных, была вычислена себестоимость товаров, оценена эффективность проекта на основе показателей эффективности: чистого дисконтированного дохода, индекса доходности, внутренней нормы доходности, срока окупаемости данного проекта, который составил 1.2 года.

### **Список использованной литературы:**

1. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1986. – 560 с.
2. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии. 1, 2 часть. – М.: Химия, 1995. – 768 с.
3. Лацинский А. А., Толчинский А. Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры: Справочник. – 2-е изд.– Л.: Машиностроение, 1970. - 752с.
4. ГОСТ 25215 - 82. Сосуды и аппараты высокого давления. Обечайки и днища. Нормы и методы расчета на прочность. Введ. с 01.07.83, 8с.
5. СТ СЭВ 5206 - 85. Сосуды и аппараты высокого давления. Фланцы, крышки плоские и выпуклые. Методы расчета на прочность. Введ. с 01.01.87, 9с.
6. ГОСТ 26303 - 84 (СТ СЭВ 4350-83). Сосуды и аппараты высокого давления. Шпильки. Методы расчета на прочность. Введ. с 01.07.85.10с.
7. ГОСТ Р 52857.1-2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2008
8. ГОСТ Р 52857.2 – 2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2008. – 41 с.
9. ГОСТ Р 52857.3 – 2007 Сосуды и аппараты. Укрепление отверстий в обечайках и днищах при внутреннем и внешнем давлениях. Расчет на прочность обечаек и днищ при внешних статических нагрузках на штуцер. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2008. – 26 с.
10. Г ГОСТ Р 52857.4-2007 Расчет фланцевых соединений. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2008. – 38 с.
11. ГОСТ Р 52857.5-2007 Нормы и методы расчета на прочность. Расчет обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2008. – 23 с.

12. Семакина О.К. Монтаж, эксплуатация и ремонт оборудования отрасли. – Томск: ТПУ, 2002. – 38 с.
13. В. М. Беляев, В. М. Миронов, Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли, Часть II - Т: Изд. ТПУ, 2013-162с.
14. ГОСТ 12.0.003–74.ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы.
15. ГОСТ 12.1.003–83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
16. СНиП П-12-77. Защита от шума.
17. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (01. 07. 92).
18. ГОСТ 12.1.019 -79 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
19. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.
20. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
21. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
22. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"
23. Рабочая инструкция № 44/3-Р-3. – 2005. – 120 с
24. Правила устройства электроустановок (ПУЭ 7). Издание седьмое
25. Рыжакина Т.Г. Томск 2011 «Экономика и управление производством»
26. ГОСТ Р 54522-2011 Сосуды и аппараты высокого давления. Нормы и методы расчета на прочность.