

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

Институт электронного обучения

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

Кафедра Общей химии и химической технологии

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
УСТАНОВКА ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ С РАЗРАБОТКОЙ КЛАПАННОЙ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ

УДК 66.066

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К11	Никитин Кирилл Михайлович		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чулков Н.А.	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тихонов В.В.	к.т.н., доцент		

Томск – 2016 г.

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

Институт электронного обучения

Направление подготовки (специальность) Машины и аппараты химических производств

Кафедра общей химии и химической технологии

УТВЕРЖДАЮ:

И. о. зав. кафедрой

_____ Тихонов В.В.

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломный проект

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-2К11	Никитин Кирилл Михайлович

Тема работы:

**Установка первичной переработки нефти с разработкой клапанной
ректификационной колонны**

Утверждена приказом директора (дата, номер)

25.04.2016г № 3106/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

10.06.16

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

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

Материалы преддипломной практики

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Содержание</p> <p>Введение</p> <p>1 Описание технологической схемы</p> <p>2 Выбор конструкции основного аппарата установки</p> <p>3 Расчет ректификационной колонны</p> <p>4 Контроль при ремонте. Испытания</p> <p>5 Такелажные работы</p> <p>6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p> <p>7 Социальная ответственность</p> <p>Заключение</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Лист 1 Технологическая схема</p> <p>Лист 2-3 Общий вид и выносные элементы аппарата</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>к.х.н., доцент Сечина А.А.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>к.т.н., доцент Чулков Н.А.</p>
<p>Механо–технологический раздел</p>	<p>к.т.н., доцент Семакина О.К.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Реферат</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>10.03.14</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент</p>	<p>Семакина О.К.</p>	<p>к.т.н., с.н.с.</p>		<p>14.04.16</p>

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>3-2К11</p>	<p>Никитин К.М.</p>		<p>14.04.16</p>

СОДЕРЖАНИЕ

Реферат	5
Введение	7
1. Описание технологической схемы	9
2. Выбор конструкции основного аппарата установки	11
3. Расчет ректификационной колонны	18
3.1 Технологический расчет	18
3.1.1 Материальный баланс и определение рабочего флегмового числа	18
3.1.2 Расчет скорости пара и диаметра колонны	23
3.1.3 Расчет высоты ректификационной колонны	24
3.2 Гидравлический расчет колонны	26
3.3 Конструктивный расчет	28
3.1.1 Расчет и подбор штуцеров, укрепления отверстий	28
3.4 Расчет аппарата на ветровую нагрузку	35
3.5 Прочностной расчет	44
3.5.1 Расчет корпуса	47
3.5.2 Расчет крышки, днища	52
3.5.3 Расчет фланцевого соединения	57
3.5.4 Расчет укрепления отверстий	74
3.5.5 Расчет клапанной тарелки	84
4. Контроль при ремонте. Испытания	89
5. Такелажные работы	91
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	99
7. Социальная ответственность	120
Заключение	135
Список использованной литературы	136

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

Реферат

В дипломном проекте рассмотрена установка первичной переработки нефти с разработкой клапанной ректификационной колонны.

В дипломном проекте рассмотрены различные конструкции контактных устройств. Приведены расчеты основных технологических и конструктивных показателей аппарата.

Приведены расчеты основных технико-экономических показателей, выполнен график Планово-предупредительных работ, по которым видно, что работа установки первичной переработки нефти является экономически эффективной.

Дипломный проект содержит расчетно-пояснительную записку из 136 страниц текста, 15 таблиц, 24 рисунка, 27 литературных источника и графическую часть из 3 листов формата А1.

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Synopsis

The thesis project covers installation of primary oil processing with the development of the valve rectification column.

Different designs of contact devices are examined in the thesis project. The calculations of basic technological and structural indicators of the device are shown in it.

The calculations of the main technical and economic indicators are also shown in the thesis project, the annual schedule of preventive work is made, which shows that the work of installation of primary oil refining is cost-effective.

The thesis project includes the settlement and explanatory note from the 136 pages of the text, 15 tables, 24 figures, 27 references and the graphic part from the 3 sheets of A1 format.

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Введение

Нефть представляет собой сложную смесь взаимно растворенных органических веществ, различных по молекулярному весу и температуре кипения.

На практике нефть разделяют на фракции, отличающиеся по пределам выкипания. Процесс разделения многокомпонентной смеси на фракции, основанный на разности температуры кипения компонентов, называется ректификацией. Ректификация представляет собой процесс многократного испарения более летучих и конденсации менее летучих компонентов. На установках первичной перегонки нефти процесс ректификации осуществляется в ректификационных колоннах – вертикальных аппаратах, оборудованных сложными внутренними устройствами – тарелками и насадками различных видов.

Ректификация - это процесс разделения однородных жидких смесей, не находящихся в термодинамическом равновесии, на компоненты в зависимости от их летучести при противоточном взаимодействии жидкости и пара [1].

Процесс осуществляется путем контакта потоков пара и жидкости, имеющих различную температуру, и проводится обычно в колонных аппаратах. При каждом контакте из жидкости испаряется преимущественно легколетучий компонент (ЛЛК), которым обогащаются пары, а из паров конденсируется преимущественно тяжелолетучий компонент (ТЛК), переходящий в жидкость. Такой двусторонний обмен компонентами, повторяемый многократно, позволяет получить, в конечном счете, пары, представляющие собой почти чистый ЛЛК.

Целью выпускной квалификационной работы является разработанный проект установки атмосферной перегонки и фракционирования нефти, предназначенной для первичной перегонки нефти. Расчет ректификационной колонны производительностью 8000т/сутки, в составе технологической установки, которая по окончании процесса получаем: Конденсат дизельного топлива(КДТ),атмосферный газойль, мазут и нестабильный бензин.

Для решения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать технологическую схему ректификационного разделения, в том

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

числе внутренние тарельчатые устройства;

- разработать конструкцию ректификационной колонны;
- провести технологический расчет ректификационной тарельчатой колонны;
- выполнить прочностной расчет, включая и выбор конструкционного материала.

Объектом дипломной работы является ректификационная тарельчатая колонна, предназначенная атмосферной перегонки нефти.

За основу проекта Ректификационной колонны выбрана колонна, которая эксплуатируется в Кемеровской области на Яйском НПЗ и входит в состав комбинированной установки ЭЛОУ-АВТ, предназначенной для атмосферной

переработки сырой нефти с целью получения продуктов первичной перегонки (углеводородных фракций) – сырья установок гидроочистки бензина, дизельного топлива и вакуумного газойля.

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

1. Описание технологической схемы

Атмосферная колонна К-1 предназначена для разделения обезвоженной и обессоленной нефти на фракции с обеспечением максимального отбора дизельного топлива в соответствии с требованиями по номенклатуре и качеству.

Колонна имеет 43 однопоточные тарелки.

Режим работы колонны:

- температура верха – 103°C;
- температура низа – ~348°C;
- давление верха – 0,01 МПа (изб.);
- давление низа – 0,013 МПа(изб.);

Сырье вводится в колонну двумя потоками.

Паровой поток поступает с верха сепаратора С-1 под тарелку вывода нижнего циркуляционного орошения. Жидкостной поток поступает в зону подачи сырья из печи П-1 с температурой 370 градусов. Пары с верха К-1 поступают на конденсацию в воздушные конденсаторы АВО-1А÷АВО-1К, установленные параллельно по конденсирующемуся потоку.

Далее парожидкостная смесь с температурой 40 градусов подается на блок стабилизации.

Фракция компонента дизельного топлива (КДТ) 160-240°C с 11 тарелки К-1, самотеком поступает в стриппинг К-2. Для улучшения отпарки легких фракций в куб К-2 подается перегретый водяной пар из пароперегревателя печи П-1А,В. Пары с верха К-2 возвращаются в колонну К-1.

КДТ (фр. 160÷240°C) с низа К-2 насосом Н-7А,В подается на охлаждение в блок теплообмена.

Фракция компонента дизельного топлива 230-320°C с 20 тарелки К-1 самотеком поступает в стриппинг К-3. Для улучшения отпарки легких фракций в

					ВКР.241000.00.00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Никитин			1. Описание технологической схемы	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Семакина					9	
Реценз						ТПУ, 3-2К11		
Н. Контр.								
Утверд.								

куб К-3 подается перегретый водяной пар из пароперегревателя печи П-1А,В.

Пары с верха К-3 возвращаются в колонну К-1.

КДТ (фр. 230-320°C) с низа К-3 насосом Н-8А,В подается на охлаждение в блок теплообмена.

Атмосферный газойль выводится из К-1 с 27 тарелки и поступает на прием насосов Н-9А,В. Далее атмосферный газойль насосом Н-9А,В направляется на блок теплообмена.

Избыточное тепло в К-1 снимается с помощью двух циркуляционных орошений: верхнего циркуляционного орошения (ВЦО) и нижнего циркуляционного орошения (НЦО).

Верхнее циркуляционное орошение (ВЦО) К-1 с 14 тарелки насосом Н-10А,В подается на блок теплообмена и возвращается в колонну К-1 на 12 тарелку.

Нижнее циркуляционное орошение (НЦО) К-1 с 29 тарелки насосом Н-11А,В подается так же на блок теплообмена и возвращается в К-1 на 27 тарелку.

Для улучшения отпарки легких фракций в куб колонны К-1 подается перегретый водяной пар от пароперегревателя печи П-1А,В. Мазут с низа колонны К-1 насосом Н-12А,В направляется через блок теплообмена на выход с установки.

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

2. Выбор конструкции основного аппарата установки

Ректификационные колонны могут быть классифицированы в зависимости от:

- а) внутреннего устройства, обеспечивающего контакт между паром и жидкостью;
- б) давления, применяемого в процессе ректификации;
- в) назначения колонны.

По внутреннему устройству ректификационные колонны подразделяются на две основные группы: тарельчатые и насадочные. В тарельчатых колоннах контакт между жидкой и паровой фазами в основном происходит ступенчато в слое жидкости на тарелке и частично в межтарельчатом пространстве.

В насадочной колонне контакт между массообменивающимися потоками происходит непрерывно по высоте слоя насадки. Тарельчатые ректификационные колонны подразделяются на колпачковые и бесколпачковые (ситчатые, решетчатые, дырчатые и др.).

В зависимости от способа перетока жидкости с тарелки на тарелку бесколпачковые тарелки могут быть провального типа, в которых жидкость стекает на нижележащие тарелки через отверстия в тарелке, или с переливами, как и у колпачковых тарелок.

Насадочные колонны различаются по типу применяемой насадки, а также по способу заполнения колонны насадкой — сплошным слоем по всей высоте колонны или отдельными слоями, размещенными на специальных поддерживающих распределительных решетках (тарелках).

В зависимости от применяемого давления ректификационные колонны подразделяются на вакуумные, атмосферные и колонны, работающие под давлением.

					ВКР.241000.00.00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	2.Выбор конструкции основного аппарата установки	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Никитин						
Провер.		Семакина					11	
Реценз						ТПУ, 3-2К11		
Н. Контр.								
Утверд.								

Под атмосферными колоннами обычно подразумевают колонны, в которых давление незначительно превышает атмосферное. Давление в этих колоннах зависит от величины сопротивления внутренних устройств колонны, а также от сопротивления коммуникаций и аппаратуры, расположенной после колонны, на потоке паров ректификата[7,8].

Степень разделения смеси жидкостей на составляющие компоненты и чистота получаемых дистиллята и кубового остатка зависят от того, насколько развита поверхность контакта фаз, от количества подаваемой на орошение флегмы и устройства ректификационной колонны.

В промышленности применяют тарельчатые, насадочные, пленочные трубчатые и центробежные пленочные аппараты. Они различаются в основном конструкцией внутреннего устройства аппарата, назначение которого — обеспечение взаимодействия жидкости и пара.

Преимущественное использование тарельчатых колонн в процессах перегонки объясняется их значительно большей производительностью по сравнению с насадочными.

При выборе ректификационной колонны для проектируемого разделения следует иметь в виду, что тарельчатые колонны очень малого диаметра значительно дороже соответствующих насадочных колонн, однако по мере увеличения диаметра стоимость насадочных колонн возрастает значительно больше.

Длительный опыт промышленной эксплуатации насадочных колонн показал целесообразность их использования при диаметрах не более 0,8 м. При дальнейшем увеличении диаметра насадочной колонны ухудшается равномерное распределение флегмы по насадке, образуются каналы, по которым преимущественно устремляется флегма, и эффективность колонны резко снижается.

Наиболее распространены колпачковые тарельчатые колонны, хотя в последнее время получили преимущество ситчатые, клапанные, пластинчатые и другие более эффективные виды барботажных устройств, главным назначением

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.				12

которых является максимальное развитие межфазного контакта, что способствует интенсификации массообмена между парами и флегмой.

Колпачковые тарелки менее чувствительны к загрязнениям, чем колонны с ситчатыми тарелками, и отличаются более высоким интервалом устойчивой работы колонны с колпачковыми тарелками. Колпачковые тарелки устойчиво работают при значительных изменениях нагрузок по газу и жидкости.

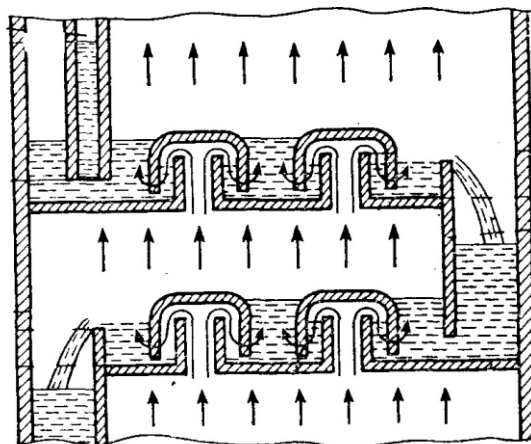


Рис. 2.1 Схема колпачковой тарелки

К их недостаткам следует отнести сложность устройства и высокую стоимость, низкие предельные нагрузки по газу, относительно высокое гидравлическое сопротивление, трудность очистки. Для нормальной работы колпачковых тарелок необходимо, чтобы все прорезы в колпачках были открыты для равномерного прохода газа. Это условие достигается при скорости движения газа больше чем 0,6 м/с.

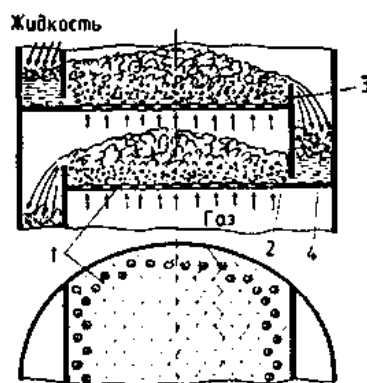


Рис. 2.2 Схема ситчатой тарелки

Изм.	Лист	№ докум.	П	

В ситчатых тарелках газ проходит сквозь отверстия тарелки и распределяется в жидкости в виде мелких струек и пузырьков. Газ должен двигаться с определенной скоростью и иметь давление, достаточное для того, чтобы преодолеть давление слоя жидкости на тарелке и предотвратить стекание жидкости через отверстия тарелки. Ситчатые тарелки отличаются простотой устройства, легкостью монтажа, осмотра и ремонта. Гидравлическое сопротивление этих тарелок невелико. Ситчатые тарелки устойчиво работают в широком интервале скоростей газа, причем в определенном диапазоне нагрузок по газу и жидкости эти тарелки обладают высокой эффективностью. Вместе с тем ситчатые тарелки чувствительны к загрязнениям и осадкам, которые забивают отверстия тарелок. В случае внезапного прекращения поступления газа или значительного снижения его давления с ситчатых тарелок сливается вся жидкость, и для возобновления процесса требуется вновь запускать колонну.

Клапанные тарелки. Принцип действия: круглый клапан, лежащий над отверстием в тарелке, с изменением расхода газа своим весом автоматически регулирует величину площади зазора между клапаном и плоскостью тарелки для прихода газа, и тем самым поддерживает постоянной скорость газа при его истечении в барботажный слой. При этом при увеличении скорости газа в колонне гидравлическое сопротивление клапанной тарелки увеличивается незначительно. Преимущество: устойчив к сопротивлению. Диапазон устойчивой работы как у колпачковой тарелки. Их изготавливают из различных материалов.

Все тарелки кроме ситчатых и клапанных используют для работы в агрессивных средах[7,8].

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

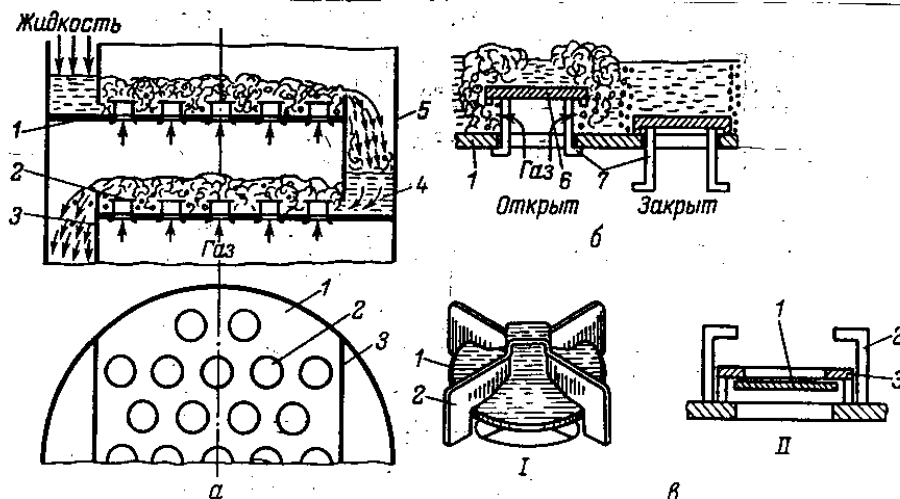


Рис. 2.3 Клапанная тарелка, 1 – клапан; 2 – удерживающая скоба

Отверстия располагаются в вершинах равностороннего треугольника, а ряды отверстий — перпендикулярно потоку жидкости, т. е. так же как и круглые колпачки на колпачковых тарелках.

Отверстия располагаются от корпуса колонны на расстоянии 50 мм, от сливной и переливной планки или переливного порога на расстоянии 75-100 мм (большие значения — для однопоточных тарелок, меньшие — для двухпоточных). Отверстия пропускаются в местах расположения опорных балок и ребер жесткости.

Для обеспечения равномерной работы тарелки общую высоту не вспененного слоя жидкости рекомендуется принимать не менее 50 мм и не более 70 мм. Высота сливной планки в зависимости от расхода жидкости равна 20—40 мм.

Свободное сечение тарелок определяется расчетом и может изменяться от 2 до 15% [6]. Тарелки такого типа (рис.2.2), применяются в процессах со стабильными нагрузками по газу и жидкости при избыточном и атмосферном давлении, а также при вакууме [6].

Помимо этого выбор типа контактного устройства определяется и такими факторами, как экономия материала, стоимость, легкость изготовления, чистки и ремонта, стойкость к коррозии, малое падение напора при прохождении паров, широта диапазона устойчивой работы тарелки[7,8].

Изм.	Лист	№ докум.		
------	------	----------	--	--

Тарельчатые контактные устройства можно классифицировать по многим признакам [3,4], например, по способу передачи жидкости с тарелки на тарелку различают тарелки с переточными устройствами и тарелки без переточных устройств (провальные).

По характеру взаимодействия газового и жидкостного потоков различают тарелки барботажного и струйного типов. Тарелки, на которых сплошной фазой является жидкость, а дисперсной — газ или пар, называют барботажными.

На струйных тарелках дисперсной фазой является жидкость, сплошной — газ, потоки взаимодействуют в проточном режиме на поверхности капель и

жидкостных струй, взвешенных в газовом потоке. Тарелки с переточными устройствами имеют специальные каналы, по которым жидкость перетекает с одной тарелки на другую, причем по этим каналам не проходит газ. На провальных тарелках нет переливных устройств, и жидкость, и газ проходят через одни и те же отверстия или прорезы в полотне тарелки. Эти прорезы работают периодически: в определенный момент времени одни прорезы пропускают пар, другие — жидкость; затем их роли меняются [5].

По числу потоков (сливов) тарелки выполняют одно-, двух- и многопоточными (рис. 2.4) [6]. Применяют также многосливные тарелки с равномерно распределенными по площади сливами и тарелки с каскадным расположением полотна.

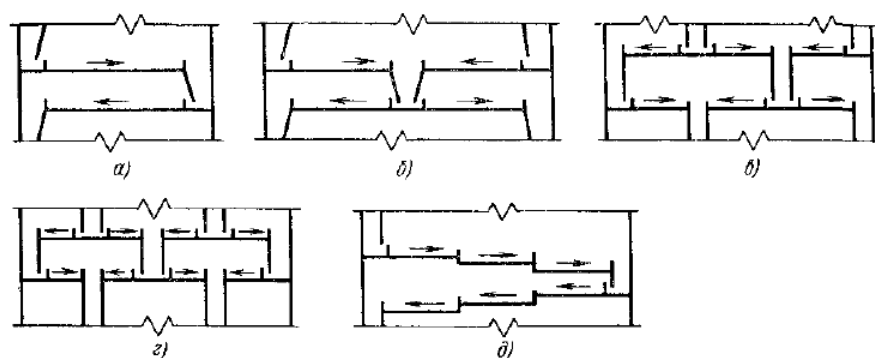


Рис. 2.4 Схемы тарелок: а — однопоточной; б — двухпоточной; в — трехпоточной, г — четырехпоточной; д — каскадной

В данном проекте исходя из необходимого сырья и самого процесса первичной перегонки нефти выбрана вертикальная ректификационная колонна с внутренними тарельчатыми устройствами. В качестве внутренних устройств выбраны двухпоточные клапанные тарелки, которые в последнее время получают наибольшее распространение.

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.				

3. Расчет ректификационной колонны

3.1 Технологический расчет

3.1.1 Материальный баланс и определение рабочего флегмового числа

Расчет ведем по методике, представленной в [1].

Материальный баланс ректификационной колонны составляется исходя из равенства количеств подаваемого сырья и выходящих продуктов и выражается обычно массовым или объемным расходом.

Анализ литературных данных и технического регламента Яйского НПЗ дает следующую информацию. Атмосферная колонна К-1 предназначена для разделения обезвоженной и обессоленной нефти на фракции с обеспечением максимального отбора дизельного топлива в соответствии с требованиями по номенклатуре и качеству. Колонна имеет 26 теоретических тарелок.

Таблица 3.1 – Материальный баланс

В ректификационную колонну приходит обессоленная и обезвоженная нефть в количестве $G_n = 3000000 \cdot 1000 / (350 \cdot 24) = 312573$ кг/ч

фракцию газ + н.к.-140°C составляет газ, н.к.-85°C, 85-105°C и 105-140°C (40% масс. от потенциала, 60% остаётся в уходящей нефти), взяты из таблицы 1.2.

$X_{\text{газ+н.к.-140°C}} = 1,0 + 5,3 + 0,4 \cdot 3,6 = 7,74$ % масс.

На основании этих данных составляем материальный баланс К-1 и сводим результаты в таблицу 3.1.

Таблица 3.1

Материальный баланс ректификационной колонны К-1

Продукт на входе в колонну	Приход
	кг/ч
Нефть	312573

					ВКР.241000.00.00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Никитин			3. Расчет ректификационной колонны	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Семакина					18	
Реценз						ТПУ, 3-2К11		
Н. Контр.								
Утверд.								

Продолжение таблицы 3.1

Продукт на входе в колонну	Приход
	кг/ч
Пар	3125
Итого:	315698
Бензин нестабильный	80420
Фр. 160-240 (Керосиновая фр.)	39130
Фр. 230-320 (КДТ)	54224
Фр. 320-360 (Ат.газойль)	45060
Мазут прямогонный	88219
Пар	195
Технолог.конденсат	2930
Тяжелый углеводородный газ	6520
Итого:	315698

Материальный баланс ректификационной колонны составляется исходя из равенства количеств подаваемого сырья и выходящих продуктов и выражается обычно массовым или объемным расходом.

Анализ литературных данных и технического регламента Яйского НПЗ дает следующую информацию. Ректификационная колонна предназначена для атмосферной перегонки и фракционирования сырой нефти.

Колонна работает в режиме получения из печи, предварительно подогреваемой до необходимой температуры в нефти, из которой в результате процесса атмосферной перегонки мы получаем: нестабильный бензин, керосиновую фракцию, компонент дизельного топлива, атмосферный газойль и прямогонный мазут который также используется как топливо для печи.

Произведем расчет колонны со следующими допущениями: стабильный бензин - расчет производим в пересчете на гексан, тяжелый углеводородный газ – в пересчете на бутан.

Таким образом, легколетучим компонентом будет являться бутан (уходит в виде дистиллята), соответственно с кубовым остатком – продукт разделения

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

стабильный бензин.

Содержание тяжелого углеводородного газа в дистилляте 92% ($X_P=0,92$), в кубовом остатке -3 % ($X_W=0,03$), следовательно в кубовом остатке содержание стабильного бензина - 97 %, $X_F= 30\%$ *(допустимое содержание тяжелого углеводородного газа, в продукте, направляемом на получение стабильного бензина).

Проводим пересчет производительности 8000 т/сут или 92,6 кг/с. С учетом того, что согласно техническому регламенту выход продуктов, температура кипения которых менее 200⁰С составляет не менее 27%, то на получения стабильного бензина в колонну ректификации направляется 25 кг/с сырья.

Производительность по дистилляту P и кубовому остатку W определяем из уравнений материального баланса колонны:

$$F = P + W, \quad (3.1)$$

$$F \cdot \bar{x}_F = P \cdot \bar{x}_P + W \cdot \bar{x}_W, \quad (3.2)$$

где F – производительность по исходной смеси, кг/с;

P – производительность по дистилляту, кг/с;

W – производительность по кубовому остатку, кг/с;

\bar{x}_F - содержание летучего компонента в исходной смеси, % масс;

\bar{x}_P - содержание летучего компонента в дистилляте, % масс;

\bar{x}_W - содержание летучего компонента в кубовом остатке, % масс.

Откуда находим

$$W = \frac{F \cdot (\bar{x}_P - \bar{x}_F)}{(\bar{x}_P - \bar{x}_W)} = \frac{86,83 \cdot (0,92 - 0,3)}{(0,92 - 0,03)} = 88219 \text{ (кг/с)}, \quad (3.3)$$

$$P = F - W = 25 - 17,4 = 7,6 \text{ (кг/с)}. \quad (3.4)$$

Пересчитаем составы фаз из массовых в мольные доли по соотношению

$$x_F = \frac{\bar{x}_F / M_F}{\bar{x}_F / M_F + (1 - \bar{x}_F) / M_T} = \frac{0,3/58}{0,3/58 + (1 - 0,3)/86} = 0,4 \text{ (кмоль/кмоль смеси)} \quad (3.5)$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где M_G и M_T - молекулярные массы соответственно бутана (58 кг/кмоль) и гексана (86 кг/кмоль).

Аналогично найдем:

$$x_P = \frac{0,92/58}{0,92/58 + \underbrace{(-0,92)}_{86}} = 0,94 \text{ (кмоль/кмоль смеси);}$$

$$x_W = \frac{0,03/58}{0,03/58 + \underbrace{(-0,03)}_{86}} = 0,04 \text{ (кмоль/кмоль смеси).}$$

Определим минимальное флегмовое число:

$$R_{\min} = \frac{x_P - y_F^*}{y_F^* - x_F} = \frac{0,94 - 0,72}{0,72 - 0,04} = 0,32, \quad (3.6)$$

где y_F^* - мольная доля в паре, равновесная с жидкостью питания, определяемая по диаграмме, кмоль/кмоль смеси.

Строим диаграмму, исходя из данных [2]

$$y_F^* = 0,72$$

Вычислим рабочее число флегмы:

$$R_{\text{раб}} = R_{\min} \cdot \beta + 0,3 = 0,32 \cdot 1,3 + 0,3 = 0,72 \quad (3.7)$$

где β - коэффициент избытка флегмы, по [1, с.341] принимаем $\beta = 1,1 - 1,3$.

Уравнения рабочих линий:

а) верхней (укрепляющей) части колонны:

$$y = \frac{R}{R+1}x + \frac{x_P}{R+1} = \frac{0,72}{0,72+1}x + \frac{0,94}{0,72+1} \quad (3.8)$$

$$y = 0,42x + 0,54;$$

б) Уравнение рабочей линии нижней части колонны определим по формуле при $X_W=0,04$; $R=0,72$; $F=25$ кг/с; $D=7,6$ кг/час, $f=F/P$

$$y = \frac{R+f}{R+1}x - \frac{f-1}{R+1}x_W = \frac{0,72+3,3}{0,72+1}x - \frac{3,3-1}{0,72+1}0,04 \quad (3.9)$$

$$y = 2,34x - 0,053.$$

Расчет ведем по [1].

Средние концентрации жидкости:

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

а) в верхней части колонны

$$x'_{cp} = \frac{x_F + x_P}{2} = \frac{0,4 + 0,94}{2} = 0,67 \quad (3.10)$$

б) в нижней части колонны:

$$x''_{cp} = \frac{x_F + x_W}{2} = \frac{0,4 + 0,04}{2} = 0,22$$

Средние концентрации пара находим по уравнению рабочих линий:

а) в верхней части колонны

$$y'_{cp} = 0,42x'_{cp} + 0,54 = 0,42 \cdot 0,67 + 0,54 = 0,82$$

б) в нижней части колонны

$$y''_{cp} = 2,34x''_{cp} - 0,053 = 2,34 \cdot 0,22 - 0,053 = 0,57$$

Средние температуры пара определяем по диаграмме $t - x$, у приложение Б.

а) при $y'_{cp} = 0,82$ $t'_{cp} = 90^\circ\text{C}$;

б) при $y''_{cp} = 0,57$ $t''_{cp} = 105^\circ\text{C}$.

Средние молярные массы и плотности пара:

$$M'_{cp} = y'_{cp,v} \cdot M_v + y'_{cp,y} \cdot M_y = 0,82 \cdot 58 + 0,18 \cdot 86 = 63 \text{ кг/кмоль}$$

$$а) \rho'_{cp} = \frac{M'_{cp} \cdot T_0}{22,4 \cdot T'_{cp}} = \frac{63 \cdot 273}{22,4 \cdot 363} = 2,12 \text{ кг/м}^3. \quad (3.11)$$

$$M''_{cp} = y''_{cp,v} \cdot M_v + y''_{cp,y} \cdot M_y = 0,57 \cdot 58 + 0,43 \cdot 86 = 70 \text{ кг/кмоль}$$

$$б) \rho''_{cp} = \frac{M''_{cp} \cdot T_0}{22,4 \cdot T''_{cp}} = \frac{70 \cdot 273}{22,4 \cdot 378} = 2,26 \text{ кг/м}^3. \quad (3.12)$$

Средняя плотность пара в колонне:

$$\rho_{cp} = \frac{\rho'_{cp} + \rho''_{cp}}{2} = \frac{2,12 + 2,26}{2} = 2,19 \text{ кг/м}^3 \quad (3.13)$$

Принимаем среднюю плотность жидкости в колонне, равную плотности исходной нефти:

$$\rho_{ж} = 830 \text{ кг/м}^3. \quad (3.14)$$

Объемный расход проходящего через колонну пара при средней температуре в колонне $t_{cp} = (200 + 330)/2 = 265^\circ\text{C}$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

$$V = \frac{P(R+1) \cdot 22,4 T_{cp} p_0}{M_p T_0 P} = \frac{7,6 \cdot 0,72 + 1 \cdot 22,4 \cdot 370,5}{58 \cdot 273} = 0,87 \text{ м}^3 / \text{с},$$

3.1.2 Расчет скорости пара и диаметра колонны

Все расчеты проводим по методике, представленной в [1].

Определяя скорость пара ω в колонне, по данным [1] принимаем расстояние между тарелками $h = 600 \text{ мм}$, $C = 0,05$ [1, с. 205]

$$\omega = C \cdot \sqrt{\frac{\rho_{жс}}{\rho_{ср}}} = 0,05 \cdot \sqrt{\frac{830}{2,19}} = 0,97 \text{ м/с}. \quad (3.15)$$

Диаметр колонны:

$$D = \sqrt{\frac{V}{0,785 \omega}} = \sqrt{\frac{6,85}{0,785 \cdot 0,97}} = 3,25 \text{ м}. \quad (3.16)$$

По [1, с. 216] принимаем $D = 3500 \text{ мм}$, тогда скорость пара в колонне будет:

$$\omega = \frac{V}{0,785 \cdot D^2} = \frac{0,87}{0,785 \cdot 3,5^2} = 0,12 \text{ м/с}. \quad (3.17)$$

Диаметр колонны:

$$D = \sqrt{\frac{V}{0,785 \omega}} = \sqrt{\frac{0,87}{0,785 \cdot 0,97}} = 4,09 \text{ м}. \quad (3.18)$$

По [1, с. 216] принимаем $D = 4200 \text{ мм}$, тогда скорость пара в колонне будет:

$$\omega = \frac{V}{0,785 \cdot D^2} = \frac{6,85}{0,785 \cdot 4,2^2} = 0,1 \text{ м/с}. \quad (3.19)$$

Технические характеристики клапанной тарелки представлены в табл.3.2.

Таблица 3.2

Технические характеристики тарелки [3]

диаметр отверстий d_0 , мм	5
шаг между отверстиями при $d_0=5 \text{ мм}$ t , мм	11
относительное свободное сечение тарелки при t в пределах 10–17 мм F_c , %	9.5
свободное сечение колонны S , м^2	10.2
рабочее сечение тарелки S_t , м^2	9.0

Продолжение таблицы 3.2

высота переливного порога $h_{\text{ПЕР}}$, мм	5,7
периметр слива L_C , м	2.24
ширина переливного порога b , м	0.289
расстояние между тарелками h , мм	500
коэффициент сопротивления ξ	1.1– 2.0
Примечание: t принимаем равным 15 мм F_C рассчитан интерполяцией и равен 9,5% L_C рассчитан и равен 1,32 м b рассчитан и равен 0.289 м ξ принимаем равным 1,85	

3.1.3 Расчет высоты ректификационной колонны

Число тарелок колонны определим графическим путем, пользуясь диаграммой у-х.

Коэффициент обогащения клапанной тарелки, работающей с полным перемешиванием жидкости определяется по уравнению:

$$\eta = 0,27 \cdot \frac{h^{0,12} \cdot g^{0,08}}{\omega^{0,2} \cdot \nu_{ж}^{0,08}}, \quad (3.20)$$

где h - высота порога, м;

g - ускорение силы тяжести, м/с^2 ;

ω - скорость пара, м/с;

$\nu_{ж}$ - кинематический коэффициент вязкости жидкости, $\text{м}^2/\text{с}$.

Определим $\nu_{ж}$ для бутана и гексана по справочным данным

$$\nu_{ж}^b = 2,63 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^2/\text{с)}.$$

Для гексана:

$$\nu_{ж}^e = 2,89 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^2/\text{с)}.$$

Среднее значение $\nu_{ж}$:

$$\nu_{ж} = \frac{\nu_{ж}^X + \nu_{ж}^B}{2} = \frac{10^{-6} \cdot (2,63 + 2,89)}{2} = 2,76 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^2/\text{с)} \quad (3.21)$$

Тогда коэффициент обогащения клапанной тарелки равен:

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

$$\eta = 0,27 \cdot \frac{0,0057^{0,12} \cdot 9,8^{0,08}}{0,67^{0,2} \cdot 0,76 \cdot 10^{-6}^{0,08}} = 0,53 .$$

По графику число теоретических тарелок равно 26.

Действительное количество тарелок равно:

$$n = \varepsilon \cdot n_c, \quad (3.22)$$

где $\varepsilon = \frac{1}{\eta}$, тогда

$$n = \frac{n_c}{\eta} = \frac{81,13}{0,53} = 43, \quad (3.23)$$

В типовых колонных аппаратах [1, с.118] с диаметром 3500/4200 мм расстояние между тарелками принимается равным 600 мм.

Практическое число тарелок равно 43, диаметр колонны 3500/4200 мм.

Далее значения Z_B и Z_H выбираем в соответствии с рекомендациями:

Диаметр колонны, мм	Z_B , мм	Z_H , мм
400–1000	600	1500
1200–2200	1000	2000
2400 и более	1400	2500

Рассчитаем высоту колонны по формуле:

$$H_K = (N - 1) \cdot h + Z_B + Z_H$$

$$H_K = (43 - 1) \cdot 10 + 1.4 + 2.5 = 46,14 \text{ м}$$

3.2 Гидравлический расчет колонны

Для тарельчатых колонн гидравлическое сопротивление всех тарелок равно сумме сопротивления сухой тарелки, сопротивления, обусловленное силами поверхностного натяжения и сопротивления газожидкостного слоя на тарелке.

Сопротивление барботажной тарелки рассчитывают как сумму трехслагаемых:

$$\Delta P_m = \Delta P_{\text{сух}} + \Delta P_{\sigma} + \Delta P_{\text{гж}},$$

где $\Delta P_{\text{сух}}$ – сопротивление сухой тарелки; ΔP_{σ} – сопротивление, вызываемое силами поверхностного натяжения; $\Delta P_{\text{гж}}$ – сопротивление газожидкостного слоя на тарелке.

Рассчитаем гидравлическое сопротивление тарелок для верхней части колонны:

1. Найдем скорость пара в отверстиях тарелки:

$$\omega_o = \frac{\omega_{\text{ср}}}{F_c} = \frac{0,67}{0,095} = 7,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2. Определим гидравлическое сопротивление сухой тарелки по формуле (2.62) при $\omega_o = 7,1$ м/с:

$$\Delta P_{\text{сух}} = \frac{\xi \cdot \omega_o^2 \cdot \rho_{y,B}}{2}$$

ξ – коэффициент сопротивления, числовое значение которого можно принимать равным от 1.1 до 2.0;

ω_o – скорость пара в отверстиях тарелки в м/с.

$$\Delta P_{\text{сух},B} = \frac{1,85 \cdot 7,1^2 \cdot 2,19}{2} = 102 \text{ Па}$$

Сопротивление, вызываемое силами поверхностного натяжения, определяется по формуле:

$$\Delta P_{\sigma} = \frac{4\sigma}{d_s},$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

где σ – поверхностное натяжение, Н/м ; $d_{\text{э}}$ – эквивалентный диаметр отверстия, м.

Для клапанных тарелок эквивалентный диаметр, равен диаметру отверстия.

$$\Delta p_{\sigma} = \frac{4 * 74,2 * 10^{-3}}{0,005} = 59,360$$

Сопротивление газожидкостного слоя:

на клапанной тарелке – по формуле

$$\Delta P_{\text{эжс}} = 1,3 g k \rho_{\text{жс}} (h_n + \Delta h),$$

где h_n – высота сливного порога, м.

Высота уровня жидкости над сливным порогом определяется по формуле истечения через водослив с учетом плотности пены:

$$\Delta h = \left(\frac{V_{\text{жс}}}{1,85 \Pi k} \right)^{\frac{2}{3}},$$

где $V_{\text{жс}}$ – объемный расход жидкости, Π – периметр слива, м; $k = 0,5$ принимаем согласно [1, с. 28].

$$\Delta p_{\text{эжс}} = 1,3 * 9,8 * 0,5 * 830 * (0,057 + \left(\frac{25}{1,85 * 2,24 * 0,5} \right)^{2/3}) = 28346$$

$$\Delta P_m = 102 + 59,36 + 28346 = 28507 \text{ Па}$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

3.3 Конструктивный расчет

3.1.1 Расчет и подбор штуцеров, укрепления отверстий

Подбор стандартных штуцеров согласно [19]

Конструктивно принимаем штуцера с уплотнительной поверхностью шип-паз так как среда внутри аппарат взрывоопасная.

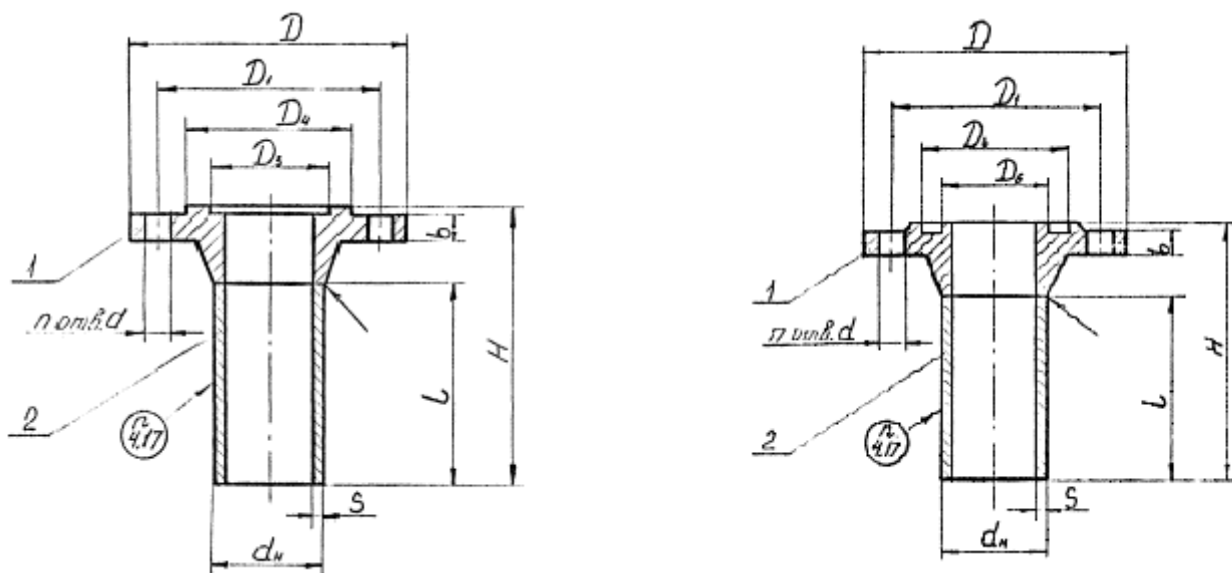


Рис. 3.1 - Штуцера с фланцами приваренными встык с уплотнительной поверхностью типа шип-паз на условное давление 4,0 МПа

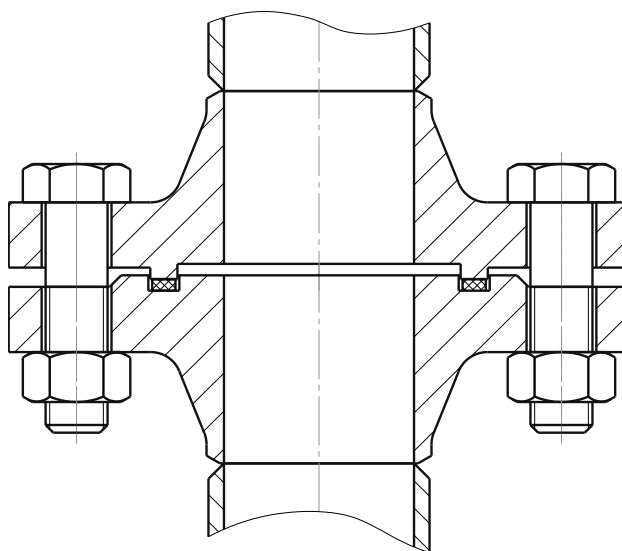


Рис. 3.2 - Соединение штуцеров типа шип-паз.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.241000.00.00 ПЗ

Лист

28

Расчет диаметра патрубков для отвода и подвода потоков проводим по формуле

$$D = \sqrt{\frac{4G}{\pi \cdot \rho \cdot v}} \quad (3.24)$$

где G- расход потоков, кг/с;
 ρ - плотность потока, кг/м³;
 v - скорость потока, м/с.

Рассчитываем патрубок для входа исходной смеси по формуле

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 102,12}{3,14 \cdot 837 \cdot 1}} = 0,394 \text{ м} = 394 \text{ мм} \quad (3.25)$$

Рассчитываем патрубок для выхода кубового остатка по формуле

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 93,28}{3,14 \cdot 882 \cdot 1}} = 0,367 \text{ м} = 367 \text{ мм} \quad (3.26)$$

Рассчитываем патрубок для выхода пара н.к. по формуле

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 8,84}{3,14 \cdot 4 \cdot 15}} = 0,434 \text{ м} = 434 \text{ мм} \quad (3.27)$$

Рассчитываем патрубок для входа острого орошения по формуле

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 15,56}{3,14 \cdot 704 \cdot 1}} = 0,167 \text{ м} = 167 \text{ мм} \quad (3.28)$$

Рассчитываем патрубок для входа горячей струи по формуле

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 30,64}{3,14 \cdot 882 \cdot 1}} = 0,210 \text{ м} = 210 \text{ мм} \quad (3.29)$$

Подбираем стандартные патрубки d_y мм

Таблица 3.3

Стандартные штуцера АТК

Наименование патрубков	D_y	D_n	D	D_6	D_1	h	z	d_6
Для входа исходной смеси	400	411	515	475	450	20	20	M20
Для выхода кубового остатка	400	411	515	475	450	20	20	M20
Для выхода пара низкокипящего компонента	500	511	630	580	550	20	20	M20
Для входа острого орошения	200	219	290	255	232	16	8	M16
Для входа горячей струи	300	325	435	335	365	20	12	M20

Штуцер изготовлен из материала сталь 09Г2С, материал такой же как и материал частей аппарата с которыми он соединен, для избежания увеличения скорости коррозий.

Штуцер 300 - 4,0 - 2 - 4 - 230 - 09Г2С АТК 24.218.06-90.

Пример условного обозначения штуцера Ду 300 мм, Ру 4,0 МПа, типа 2, исполнения 4,1 = 230 мм, фланец из стали 09Г2С патрубков из стали 20:

Расчет патрубков штуцеров диаметром 400 мм

$$s_{p6} := \max \left(\left(\begin{array}{l} P_{рас} \cdot \frac{400}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_D - P_{рас}} \\ P_{и} \cdot \frac{400}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_{и20} - P_{и}} \end{array} \right) \right) = 0.93 \quad \text{мм}$$

Расчетная толщина стенки патрубков при внутреннем избыточном давлении:

$$s_{и6} := s_{p6} + c = 5.83$$

Исполнительная толщина стенки патрубков:

$$s_6 := 10$$

Принимаем толщину для колонных аппаратов из ряда стандартных толщин

Проверка условий применимости формул безмоментной теории [10]:

$$\text{Проверка}_{13} := \begin{cases} \text{"Условия применения формул безмомент. теории выполняются"} & \text{if } \frac{s_6 - c}{400} \leq 0.1 \\ \text{"Условия применения формул НЕ выполняются"} & \text{if } \frac{s_6 - c}{400} > 0.1 \end{cases}$$

Проверка₁₃ = "Условия применения формул безмомент. теории выполняются"

Допускаемое внутреннее избыточное давление при рабочих условиях:

$$P_{д6} := \frac{2 \cdot \sigma_D \cdot \phi \cdot |s_6 - c|}{400 + |s_6 - c|} = 3.286 \quad \text{МПа}$$

Допускаемое внутреннее избыточное давление при гидроиспытаниях:

$$P_{и6} := \frac{2 \cdot \sigma_{и20} \cdot \phi \cdot |s_6 - c|}{400 + |s_6 - c|} = 6.874 \quad \text{МПа}$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Проверка условия прочности стенок, патрубка от действия внутреннего давления при рабочих условиях [10]:

$$\text{Проверка}_{14} := \begin{cases} \text{"Условие прочности стенки выполняется"} & \text{if } P_{\text{дб}} > P_{\text{рас}} \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Проверка₁₄ = "Условие прочности стенки выполняется"

Проверка условия прочности стенок, патрубка от действия внутреннего давления при гидроиспытаниях [10]:

$$\text{Проверка}_{15} := \begin{cases} \text{"Условие прочности стенки выполняется"} & \text{if } P_{\text{иб}} > P_{\text{и}} \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Проверка₁₅ = "Условие прочности стенки выполняется"

Подбираем стандартный фланец согласно [10]:

Пример условного обозначения фланца исполнения 3 диаметром 400 мм на условное давление 4 МПа из стали 09Г2С

Фланец 3-400-4,0-092С ГОСТ 28759.3-90

Фланец 4-400-4,0-092СГОСТ28759.3-90

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Расчет патрубков штуцеров диаметром 500 мм

Расчетная толщина стенки патрубков при внутреннем избыточном давлении:

$$s_{p7} := \max \left(\left(\frac{P_{рас} \cdot 500}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_D - P_{рас}} \right), \left(\frac{P_{и} \cdot 500}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_{и20} - P_{и}} \right) \right) = 1.162 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина стенки патрубков:

$$s_{и7} := s_{p7} + c = 6.062 \text{ мм}$$

Принимаем толщину для колонных аппаратов из ряда стандартных толщин

$$s_7 := 10 \text{ мм}$$

Проверка условий применимости формул безмоментной теории [10]:

$$\text{Проверка}_{16} := \begin{cases} \text{"Условия применения формул безмомент. теории выполняются" if } \frac{s_7 - c}{500} \leq 0.1 \\ \text{"Условия применения формул НЕ выполняются" if } \frac{s_7 - c}{500} > 0.1 \end{cases}$$

Проверка₁₆ = "Условия применения формул безмомент. теории выполняются"

Допускаемое внутреннее избыточное давление при рабочих условиях:

$$P_{д7} := \frac{2 \cdot \sigma_D \cdot \phi \cdot |s_7 - c|}{500 + |s_7 - c|} = 2.635 \text{ МПа}$$

Допускаемое внутреннее избыточное давление при гидроиспытаниях:

$$P_{и7} := \frac{2 \cdot \sigma_{и20} \cdot \phi \cdot |s_7 - c|}{500 + |s_7 - c|} = 5.513 \text{ МПа}$$

Проверка условия прочности стенок, патрубка от действия внутреннего давления при рабочих условиях: [10]

$$\text{Проверка}_{17} := \begin{cases} \text{"Условие прочности стенки выполняется" if } P_{д7} > P_{рас} \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется" otherwise} \end{cases}$$

Проверка₁₇ = "Условие прочности стенки выполняется"

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

Проверка условия прочности стенок, патрубка от действия внутреннего давления при гидроиспытаниях: [10]

$$\text{Проверка}_{18} := \begin{cases} \text{"Условие прочности стенки выполняется"} & \text{if } P_{и7} > P_{и} \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Проверка₁₈ = "Условие прочности стенки выполняется"

Подбираем стандартный фланец согласно [20]

Пример условного обозначения фланца исполнения 3 диаметром 500 мм на условное давление 4 МПа из стали 09Г2С

Фланец 3-500-4,0-092С ГОСТ 28759.3-90

Фланец 4-500-4,0-092СГОСТ28759.3-90

Расчет патрубка штуцера выхода дистиллята с верха колонны диаметром 800 мм

Расчетная толщина стенки патрубков при внутреннем избыточном давлении:

$$s_{p8} := \max \left(\begin{array}{l} \left(P_{рас} \cdot \frac{800}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_D - P_{рас}} \right) \\ \left(P_{и} \cdot \frac{800}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_{и20} - P_{и}} \right) \end{array} \right) = 1.859 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина стенки патрубков:

$$s_{и8} := s_{p8} + c = 6.759 \text{ мм}$$

Принимаем толщину для колонных аппаратов из ряда стандартных толщин

$$s_8 := 10 \text{ мм}$$

Проверка условий применимости формул безмоментной теории [10]:

$$\text{Проверка}_{19} := \begin{cases} \text{"Условия применения формул безмомент. теории выполняются"} & \text{if } \frac{s_8 - c}{800} \leq 0.1 \\ \text{"Условия применения формул НЕ выполняются"} & \text{if } \frac{s_8 - c}{800} > 0.1 \end{cases}$$

Проверка₁₉ = "Условия применения формул безмомент. теории выполняются"

Допускаемое внутреннее избыточное давление при рабочих условиях:

$$P_{д8} := \frac{2 \cdot \sigma_D \cdot \phi \cdot |s_8 - c|}{800 + |s_8 - c|} = 1.653 \text{ МПа}$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Допускаемое внутреннее избыточное давление при гидроиспытаниях:

$$P_{и8} := \frac{2 \cdot \sigma_{и20} \cdot \phi \cdot |s_8 - c|}{800 + |s_8 - c|} = 3.459 \text{ МПа}$$

Проверка условия прочности стенок, патрубка от действия внутреннего давления при рабочих условиях: [10]

$$\text{Проверка}_{20} := \begin{cases} \text{"Условие прочности стенки выполняется"} & \text{if } P_{д8} > P_{рас} \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Проверка₂₀ = "Условие прочности стенки выполняется"

Проверка условия прочности стенок, патрубка от действия внутреннего давления при гидроиспытаниях: [10]

$$\text{Проверка}_{21} := \begin{cases} \text{"Условие прочности стенки выполняется"} & \text{if } P_{и8} > P_{и} \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Проверка₂₁ = "Условие прочности стенки выполняется"

Подбираем стандартный фланец согласно [20]

Пример условного обозначения фланца исполнения 3 диаметром 800 мм на условное давление 4 МПа из стали 09Г2С

Фланец 3-800-4,0-092С ГОСТ 28759.3-90

Фланец 4-800-4,0-092СГОСТ28759.3-90



Рис. 3.3 - Соединение фланцев типа шип-паз. ГОСТ 28759.3-90

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

3.4 Расчет аппарата на ветровую нагрузку

Расчет согласно [8, стр. 685]

Высота аппарата:

$$H_1=8\text{м}, H_2=27,1\text{м}, H_3=0,9\text{м}, H_4=0,885\text{м}$$

$$H:=H_1 + H_2 + H_3 + H_4 = 36.885 \text{ м}$$

Высота опоры (конструктивно):

$$h_{\text{оп}} := 7$$

м

Высота аппарата вместе с опорой:

$$H_{\text{ап}} := h + H = 43.885 \text{ м}$$

Необходимость проведения расчета аппарата на ветровую нагрузку:

$$K := \begin{cases} 5 & \text{if } H_{\text{ап}} < 10 \\ 1.5 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Усл}_{\text{ветр}} := \begin{cases} \text{"расчет на ветровые нагрузки необходим"} & \text{if } \frac{H_{\text{ап}}}{D} > K \\ \text{"расчет на ветровые нагрузки не обязателен"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Усл_{ветр} = "расчет на ветровые нагрузки не обязателен"

Аппарат размещается на улице:

Тип расчетной схемы: ГОСТ 380-88

Расчет согласно [8]

$$\text{схема} := \begin{cases} \text{"расчетная схема аппарата в виде консольного стержня"} & \text{if } \frac{H_{\text{ап}}}{D} \geq 15 \\ \text{"в виде упруго защемленного стержня"} & \text{if } \frac{H_{\text{ап}}}{D} < 15 \end{cases}$$

схема = "в виде упруго защемленного стержня"

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

Расчетная схема аппарата колонного типа

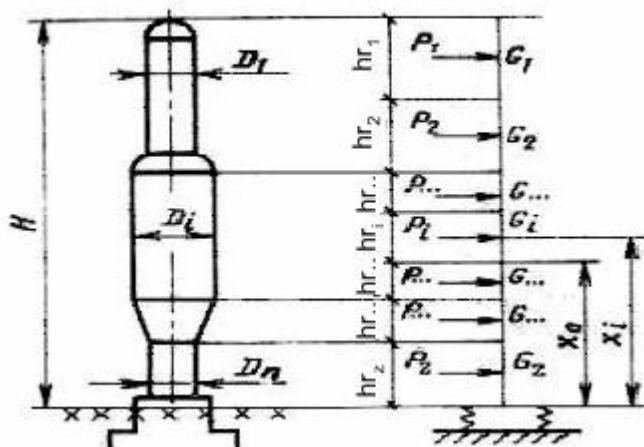


Рис. 3.4 Схема разбивки аппарата на участки при расчете его на ветровую нагрузку.

Условно разбиваем по высоте аппарат на шесть участков.

Высота участков колонны:

$$h_1 := 8.88 \text{ м}$$

$$h_2 := 0.9 \text{ м}$$

$$h_3 := 10 \text{ м}$$

$$h_4 := 10 \text{ м}$$

$$h_5 := 10 \text{ м}$$

$$h_6 := 4.1 \text{ м}$$

Высота центров масс разбитых участков от фундамента:

$$x_6 := \frac{h_6}{2} = 2.05 \text{ м}$$

$$x_1 := h_6 + h_5 + h_4 + h_3 + h_2 + \frac{h_1}{2} = 39.443 \text{ м}$$

$$x_5 := h_6 + \frac{h_5}{2} = 9.1 \text{ м}$$

$$x_2 := h_6 + h_5 + h_4 + h_3 + \frac{h_2}{2} = 34.55 \text{ м}$$

$$x_4 := h_6 + h_5 + \frac{h_4}{2} = 19.1 \text{ м}$$

$$x_3 := h_6 + h_5 + h_4 + \frac{h_3}{2} = 29.1 \text{ м}$$

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

Вес аппарата, заполненного жидкостью:

$$G_{\text{ап2}} = 5.233 \times 10^6 \text{ Н}$$

Вес i. участков аппарата:

$$G_1 := 1.06 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

$$G_2 := 1.073 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

$$G_3 := 1.193 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

$$G_4 := 1.193 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

$$G_5 := 1.193 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

$$G_6 := 4.889 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

Определение периода собственных колебаний: (минимальный и максимальный)
Модуль упругости материала в рабочих условиях:

$$E := \text{Floor} \left[\text{linterp} \left[\begin{pmatrix} 350 \\ 400 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1.64 \cdot 10^5 \\ 1.55 \cdot 10^5 \end{pmatrix}, t_{\text{раб}}, 0.5 \right] \right] = 1.586 \times 10^5 \text{ МПа}$$

Модуль упругости при гидроиспытаниях:

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

Прибавки к расчетным толщинам конструктивных элементов:

$$c := 0.004_m$$

Момент инерции верхнего основного металлического сечения аппарата относительно центральной оси:

$$I_1 := \left(\frac{\pi \cdot D_1^3}{8} \right) \cdot |s_1 - c| = 0.254 \text{ м}^4$$

Момент инерции нижнего основного металлического сечения аппарата относительно центральной оси:

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

$$I_2 := \left(\frac{\pi \cdot D_2^3}{8} \right) \cdot |s_1 - c| = 0.439 \text{ М}^4$$

Минимальный период собственных колебаний (пустой аппарат)

$$T_{\min} := 1.79 \cdot H_{\text{ап}} \cdot \sqrt{\left(\frac{G_{\text{ап1}}}{g} \right) \cdot \frac{H_{\text{ап}}}{E \cdot I_2}} = 529.044 \text{ с}$$

Максимальный период собственных колебаний:

$$T_{\max} := 1.79 \cdot H_{\text{ап}} \cdot \sqrt{\left(\frac{G_{\text{ап2}}}{g} \right) \cdot \frac{H_{\text{ап}}}{E \cdot I_2}} = 1.44 \times 10^3 \text{ с}$$

скоростной напор ветра, согласно:

$$q_0 := 35 \frac{\text{Н}}{\text{М}^2}$$

коэффициент Θ_i для каждого участка:

$$\Theta_1 := \left(\frac{x_1}{10} \right)^{0.32} = 1.551 \quad \Theta_3 := \left(\frac{x_3}{10} \right)^{0.32} = 1.407 \quad \Theta_5 := \left(\frac{x_5}{10} \right)^{0.32} = 0.97$$

$$\Theta_2 := \left(\frac{x_2}{10} \right)^{0.32} = 1.487 \quad \Theta_4 := \left(\frac{x_4}{10} \right)^{0.32} = 1.23 \quad \Theta_6 := \left(\frac{x_6}{10} \right)^{0.32} = 0.602$$

Нормативное значение статической составляющей ветровой нагрузки на середине i -го участка аппарата: $K_i := 0.7$

$$q_{1\text{ст}} := q_0 \cdot \Theta_1 \cdot K = 380.08 \frac{\text{Н}}{\text{М}^2}$$

$$q_{4\text{ст}} := q_0 \cdot \Theta_4 \cdot K = 301.368 \frac{\text{Н}}{\text{М}^2}$$

$$q_{2\text{ст}} := q_0 \cdot \Theta_2 \cdot K = 364.309 \frac{\text{Н}}{\text{М}^2}$$

$$q_{5\text{ст}} := q_0 \cdot \Theta_5 \cdot K = 237.717 \frac{\text{Н}}{\text{М}^2}$$

$$q_{3\text{ст}} := q_0 \cdot \Theta_3 \cdot K = 344.835 \frac{\text{Н}}{\text{М}^2}$$

$$q_{6\text{ст}} := q_0 \cdot \Theta_6 \cdot K = 147.546 \frac{\text{Н}}{\text{М}^2}$$

Толщина стенки аппарата, в местах соприкосновения с опорой:

$$s_{\text{ст}} := s_2 = 0.02 \text{ М}$$

Наружный диаметр участка:

$$D_{\text{нар1}} := D_1 + 2 \cdot s_{\text{ст}} = 3.54 \text{ М}$$

$$D_{\text{нар2}} := D_2 + 2 \cdot s_{\text{ст}} = 4.24 \text{ М}$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Статическая составляющая ветровой нагрузки на каждом участке:

$$P_{1ст} := q_{1ст} \cdot D_{нар1} \cdot h_1 = 1.195 \times 10^4 \text{ Н/М}^2 \quad P_{4ст} := q_{2ст} \cdot D_{нар2} \cdot h_2 = 1.39 \times 10^3 \text{ Н/М}^2$$

$$P_{2ст} := q_{2ст} \cdot D_{нар2} \cdot h_2 = 1.39 \times 10^3 \text{ Н/М}^2 \quad P_{5ст} := q_{1ст} \cdot D_{нар2} \cdot h_1 = 1.432 \times 10^4 \text{ Н/М}^2$$

$$P_{3ст} := q_{1ст} \cdot D_{нар2} \cdot h_1 = 1.432 \times 10^4 \text{ Н/М}^2 \quad P_{6ст} := q_{2ст} \cdot D_{нар2} \cdot h_2 = 1.39 \times 10^3 \text{ Н/М}^2$$

Коэффициент динамичности:

При минимальном периоде собственного колебания:

$$\varepsilon_1 := T_{\min} \cdot \frac{\sqrt{q_0}}{790} = 12.528$$

$$\xi_1 := 1.1 + \sqrt{15.5 \cdot \varepsilon_1} = 15.035$$

При максимальном периоде собственного колебания:

$$\varepsilon_2 := T_{\max} \cdot \frac{\sqrt{q_0}}{790} = 34.117$$

$$\xi_2 := 1.1 + \sqrt{15.5 \cdot \varepsilon_2} = 24.096$$

Коэффициент пульсаций скоростного напора:

$$m_1 := 0.76 \cdot \left(\frac{x_1}{10}\right)^{-0.15} = 0.619 \quad m_4 := 0.76 \cdot \left(\frac{x_4}{10}\right)^{-0.15} = 0.69$$

$$m_2 := 0.76 \cdot \left(\frac{x_2}{10}\right)^{-0.15} = 0.631 \quad m_5 := 0.76 \cdot \left(\frac{x_5}{10}\right)^{-0.15} = 0.771$$

$$m_3 := 0.76 \cdot \left(\frac{x_3}{10}\right)^{-0.15} = 0.647 \quad m_6 := 0.76 \cdot \left(\frac{x_6}{10}\right)^{-0.15} = 0.964$$

Коэффициент увеличения скорости напора:

При максимальной силе тяжести аппарата:

$$\beta_1 := 1 + \xi_2 \cdot m_1 = 15.906 \quad \beta_4 := 1 + \xi_2 \cdot m_4 = 17.619$$

$$\beta_2 := 1 + \xi_2 \cdot m_2 = 16.205 \quad \beta_5 := 1 + \xi_2 \cdot m_5 = 19.574$$

$$\beta_3 := 1 + \xi_2 \cdot m_3 = 16.602 \quad \beta_6 := 1 + \xi_2 \cdot m_6 = 24.227$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

При минимальной силе тяжести аппарата:

$$\beta_7 := 1 + \xi_1 \cdot m_1 = 10.301$$

$$\beta_{10} := 1 + \xi_1 \cdot m_4 = 11.37$$

$$\beta_8 := 1 + \xi_1 \cdot m_2 = 10.488$$

$$\beta_{11} := 1 + \xi_1 \cdot m_5 = 12.59$$

$$\beta_9 := 1 + \xi_1 \cdot m_3 = 10.735$$

$$\beta_{12} := 1 + \xi_1 \cdot m_6 = 15.493$$

Сила от ветровой нагрузки, действующая на каждый из участков аппарата:
При максимальной силе тяжести аппарата:

$$P_1 := 0.6 \cdot \beta_1 \cdot D_1 \cdot q_{1ct} \cdot x_1 = 5.007 \times 10^5 \text{ Н}$$

$$P_4 := 0.6 \cdot \beta_4 \cdot D_2 \cdot q_{4ct} \cdot x_4 = 2.556 \times 10^5 \text{ Н}$$

$$P_2 := 0.6 \cdot \beta_2 \cdot D_2 \cdot q_{2ct} \cdot x_2 = 5.14 \times 10^5 \text{ Н}$$

$$P_5 := 0.6 \cdot \beta_5 \cdot D_2 \cdot q_{5ct} \cdot x_5 = 1.067 \times 10^5 \text{ Н}$$

$$P_3 := 0.6 \cdot \beta_3 \cdot D_2 \cdot q_{3ct} \cdot x_3 = 4.198 \times 10^5 \text{ Н}$$

$$P_6 := 0.6 \cdot \beta_6 \cdot D_2 \cdot q_{6ct} \cdot x_6 = 1.847 \times 10^4 \text{ Н}$$

При минимальном весе аппарата:

$$P_7 := 0.6 \cdot \beta_7 \cdot D_1 \cdot q_{1ct} \cdot x_1 = 3.243 \times 10^5 \text{ Н}$$

$$P_8 := 0.6 \cdot \beta_8 \cdot D_2 \cdot q_{2ct} \cdot x_2 = 3.327 \times 10^5 \text{ Н}$$

$$P_9 := 0.6 \cdot \beta_9 \cdot D_2 \cdot q_{3ct} \cdot x_3 = 2.715 \times 10^5 \text{ Н}$$

$$P_{10} := 0.6 \cdot \beta_{10} \cdot D_2 \cdot q_{4ct} \cdot x_4 = 1.649 \times 10^5 \text{ Н}$$

$$P_{11} := 0.6 \cdot \beta_{11} \cdot D_2 \cdot q_{5ct} \cdot x_5 = 6.863 \times 10^4 \text{ Н}$$

$$P_{12} := 0.6 \cdot \beta_{12} \cdot D_2 \cdot q_{6ct} \cdot x_6 = 1.181 \times 10^4 \text{ Н}$$

Изгибающий момент от ветровой нагрузки на аппарат относительно основания
при максимальной силе тяжести аппарата:

При максимальной силе тяжести аппарата:

$$M_{B1} := P_1 \cdot x_1 = 1.975 \times 10^7 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{B4} := P_4 \cdot x_4 = 4.881 \times 10^6 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{B2} := P_2 \cdot x_2 = 1.776 \times 10^7 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{B5} := P_5 \cdot x_5 = 9.71 \times 10^5 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{B3} := P_3 \cdot x_3 = 1.222 \times 10^7 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{B6} := P_6 \cdot x_6 = 3.786 \times 10^4 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{B_max} := M_{B1} + M_{B2} + M_{B3} + M_{B4} + M_{B5} + M_{B6} = 5.562 \times 10^7 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

При минимальной силе тяжести аппарата:

$$M_{B7} := P_7 \cdot x_1 = 1.279 \times 10^7 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{B10} := P_{10} \cdot x_4 = 3.15 \times 10^6 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{B8} := P_8 \cdot x_2 = 1.149 \times 10^7 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{B11} := P_{11} \cdot x_5 = 6.245 \times 10^5 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{B9} := P_9 \cdot x_3 = 7.9 \times 10^6 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{B12} := P_{12} \cdot x_6 = 2.421 \times 10^4 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{B_min} := M_{B7} + M_{B8} + M_{B9} + M_{B10} + M_{B11} + M_{B12} = 3.598 \times 10^7 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Расчетные размеры опорного кольца:

k_0 - коэффициент, определяемый графически и зависящий от диаметра аппарата, $k_0 := 0.1$;

Внутренний расчетный диаметр кольца:

$$D_{1B} := D_2 \cdot \left(1 - 0.65 \cdot k_0 \right) = 3.791 \text{ м}$$

Наружный диаметр кольца:

$$D_{3B} := D_2 \cdot \left(1 + 1.35 \cdot k_0 \right) = 5.051 \text{ м}$$

Опорная площадь кольца:

$$F_k := \left(\frac{\pi \cdot D_{3B}^2}{4} \right) - \left(\frac{\pi \cdot D_{1B}^2}{4} \right) = 8.749 \text{ м}^2$$

Ширина фундаментного кольца:

$$L_\phi := D_{3B} - D_{1B} = 1.26 \text{ м}$$

Момент инерций фундаментного кольца:

$$I_k := \frac{\pi \cdot D_2^3}{8} \cdot L_\phi = 36.659 \text{ м}^4$$

Момент инерций подошвы фундамента относительно центральной оси:

$$I_\phi := 1.3 \cdot I_k = 47.656 \text{ м}^4$$

Момент сопротивления опорной площадки кольца:

$$W_k := \frac{\pi}{32} \cdot \left(\frac{D_{3B}^4 - D_{1B}^4}{D_{3B}} \right) = 8.635 \text{ м}^3$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Максимальное напряжение сжатие на опорной поверхности опорного кольца:

$$\sigma_{\max} := \frac{G_{\text{ап2}}}{F_k} = 5.982 \times 10^5 \text{ Па}$$

Допускаемая удельная нагрузка на опорной поверхности:

$$q_d := 23 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Проверка выполнения условий:

$$\text{Усл}_{\text{расчета}} := \begin{cases} \text{"Не требуется вносить изменения"} & \text{if } \sigma_{\max} \leq q_d \\ \text{"Внести изменения в размеры внутреннего кольца"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$\text{Усл}_{\text{расчета}} = \text{"Не требуется вносить изменения"}$

Временное сопротивление материала 09Г2С

$$\sigma_B := 500 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Предел выносливости:

$$\sigma_{-1} := 0.44 \cdot \sigma_B = 2.2 \times 10^8 \text{ Па}$$

Номинальная расчетная толщина опорного кольца:

$$l := \frac{D_{3B} - D_2}{2} = 0.425 \text{ м}$$

$$s_{kk} := 1.73 \cdot l \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{-1}}} = 0.038 \text{ м}$$

Принимаем толщину опорного кольца (конструктивно):

$$s_{kk} := 0.04 \text{ м}$$

Расчет на устойчивость аппарата против опрокидывания от ветровой нагрузки:

$$\sigma := \max \left(\frac{G_{\text{ап2}}}{F_k} + \frac{M_{B_{\max}}}{W_k}, \frac{G_{\text{ап1}}}{F_k} - \frac{M_{B_{\min}}}{W_k} \right) = 7.039 \times 10^6 \text{ Па}$$

Общая условная расчетная нагрузка на фундаментные болты:

$$P_{\sigma} := 0.785 \cdot (D_{3B}^2 - D_{1B}^2) \cdot \sigma = 6.156 \times 10^7 \text{ Па}$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

Количество анкерных болтов (Задаем конструктивно):

$$n_b := 2^4$$

Нагрузка на один болт:

$$P_{\sigma 1} := \frac{P_{\sigma}}{n_b} = 2.565 \times 10^6 \text{ Па}$$

Расчетный внутренний диаметр резьбы болта:

Материал для болта Сталь 09Г2С при температуре 20 градусов.

$$\sigma_b := 196 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Расчетный диаметр болтов:

$$d_{\text{рас_болт}} := \sqrt{\frac{4 \cdot P_{\sigma 1}}{\pi \cdot \sigma_b}} + c = 0.134 \text{ м}$$

Принимаем стандартный диаметр болта:

M140 x 6

$$d_b := 0.14 \text{ м}$$

Расчетный диаметр болтовой окружности:

$$D_{2B} := \left\lfloor D_2 + 2 \cdot s_{CT} + 4 \cdot d_b \right\rfloor = 4.8 \text{ м}$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

3.5 Прочностной расчет

Исходные данные:

Рабочее давление в колонне:

$$P := 0.13 \text{ МПа}$$

Расчетная температура: °C

$$t_{\text{раб}} := 380$$

Внутренний диаметр верха аппарата:

$$D_1 := 350 \text{ мм}$$

Внутренний диаметр низа аппарата:

$$D_2 := 420 \text{ мм}$$

Высота верхней обечайки:

$$H_1 := 800 \text{ мм}$$

Высота нижней обечайки:

$$H_2 := 2710 \text{ мм}$$

Высота конического перехода:

$$H_3 := 900 \text{ мм}$$

Высота торосферической крышки:

$$H_4 := 880 \text{ мм}$$

Высота торосферического днища:

$$H_5 := 1060 \text{ мм}$$

Материал аппарата сталь 09Г2С

Сталь 09Г2с относится к низколегированным сталям, общее количество легирующих добавок в которых не превышает 2,5% (в отличие от высоколегированных, где этот показатель - свыше 10%). Заменить сталь 09Г2с можно следующими марками: 09Г2, 09Г2дт, 09Г2т, 10Г2с, а также 19Мн-6.

Таблица 3.4

Химический состав в % материала 09Г2С ГОСТ 19281 - 89

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
до 0.12	0.5 - 0.8	1.3 - 1.7	до 0.3	до 0.04	до 0.035	до 0.3	до 0.008	до 0.3	до 0.08

					ВКР.241000.00.00 ПЗ				Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					44

Данный материал выбран из следующих соображений:

Низколегированная сталь 09Г2С обладает повышенной прочностью и ударной вязкостью в интервале температур от -40°C до $+475^{\circ}\text{C}$. Сталь в виде листового проката широко применяется для аппаратуры, работающей под давлением. Данная сталь хорошо деформируется и обрабатывается резанием. Легко сваривается всеми видами сварки.

Основные свойства материала:

Плотность стали 09Г2С:

$$\rho_{\text{мет}} := 785 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Допускаемое напряжение материала 09Г2С при температуре 20 градусов (температура гидроиспытаний): [9, стр. 15]

$$\sigma_{\text{тек}20} := 30 \text{ МПа}$$

Коэффициент запаса по пределу текучести для условий испытаний:

$$n_t := 1.1$$

Поправочный коэффициент η :

$$\eta := 1 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для условий испытаний:

$$\sigma_{\text{и}20} := \text{ceil} \left(\eta \cdot \frac{\sigma_{\text{тек}20}}{n_t} \right) = 273 \text{ МПа}$$

Согласно [22, стр. 10] определяем допускаемое напряжение материала 09Г2С при температуре 380°C :

$$\sigma_{\text{д}} := \text{Floor} \left[\text{linterp} \left[\left(\begin{array}{c} 375 \\ 400 \end{array} \right), \left(\begin{array}{c} 133 \\ 122 \end{array} \right), t_{\text{раб}}, 0.5 \right] \right] = 130.5 \text{ МПа}$$

Коэффициент прочности сварных швов (Сварка аппарата полуавтоматическая): длина шва 100% (Назначили и конструктивно) [9, стр. 24]

$$\phi := 1$$

Прибавки к расчетным толщинам конструктивных элементов:

Прибавку к расчетным толщинам находим согласно [9, стр 9]

Скорость коррозии материала аппарата определяем от действия заданной среды:

$$П := 0. \text{ мм/год}$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

Срок эксплуатаций аппарата:

$$\tau := 35_{\text{лет}}$$

Прибавка для компенсации коррозии и эрозии:

$$c_1 := \Pi \cdot \tau = 3.5_{\text{мм}}$$

Прибавка для компенсации минусового допуска:

$$c_2 := 1.4_{\text{мм}}$$

Технологическая прибавка:

$$c_3 := C_{\text{мм}}$$

Прибавки к расчетным толщинам конструктивных элементов:

$$c := c_1 + c_2 + c_3 = 4.9_{\text{мм}}$$

Расчет давлений необходимых для дальнейшего расчета:

Гидростатическое давление в аппарате:

Плотность воды при гидроиспытаниях (температура 20 °C), [18, стр. 548]

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

Ускорение свободного падения:

$$g := 9.8_{\text{м/с}^2}$$

Высота гидравлического столба в аппарате принимаем равной высоте аппарата.

$$H_{\text{гид}} := \frac{H_1 + H_2 + H_3}{1000} = 36_{\text{м}}$$

Давление гидравлического столба при гидроиспытаниях [18, стр. 13]:

$$P_{\text{гид}} := \frac{g \cdot H_{\text{гид}} \cdot \rho_{\text{вод}}}{10^6} = 0.352_{\text{МПа}}$$

Расчетное давление в аппарате при рабочих условиях:

$$P_{\text{рас}} := (P + P_{\text{гид}}) = 0.484_{\text{МПа}}$$

Давление при гидравлических испытаниях:

$$P_{\text{и}} := 1.25 \cdot P_{\text{рас}} \cdot \frac{\sigma_{\text{и}20}}{\sigma_{\text{д}}} = 0.75_{\text{МПа}}$$

Условное давление:

$$P_{\text{усл}} := P_{\text{рас}} \cdot \frac{\sigma_{\text{и}20}}{\sigma_{\text{д}}} = 1.013_{\text{МПа}}$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

3.5.1 Расчет корпуса

Расчет толщины стенок

Согласно [23], определяем толщины стенок обечайки, днища, крышки, конического перехода проводим проверку на прочность стенок корпуса аппарата.

Расчет толщины стенки цилиндрической обечайки (кожуха): $D_1 = 3.5 \times 10^3$ мм

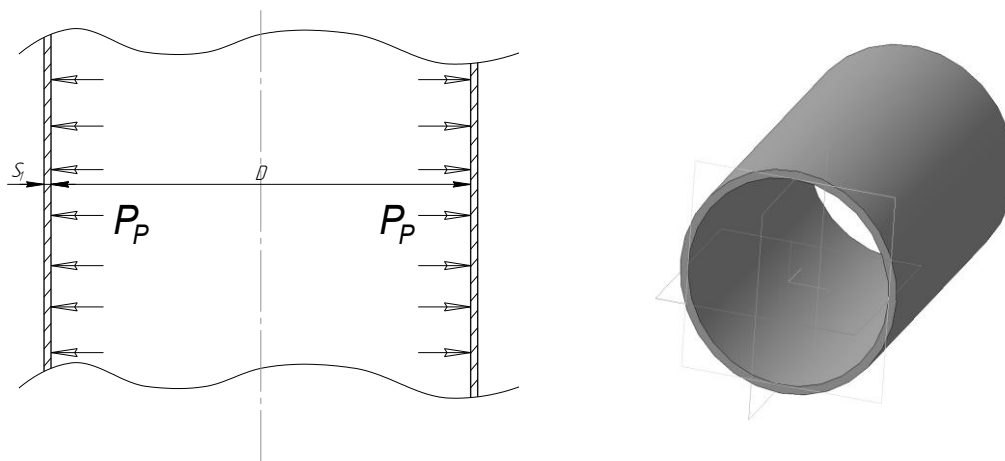


Рис. 3.6 - Расчетная схема обечайки.

Расчетная толщина стенки цилиндрической обечайки при внутреннем избыточном давлении:

$$s_{p1} := \max \left(\left(\begin{array}{l} P_{рас} \cdot \frac{D_1}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_D - P_{рас}} \\ P_{и} \cdot \frac{D_1}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_{и20} - P_{и}} \end{array} \right) \right) = 8.133 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина стенки цилиндрической обечайки:

$$s_{и1} := s_{p1} + c = 13.033_{\text{мм}}$$

Принимаем толщину для колонных аппаратов из ряда стандартных толщин

$$s_1 := 20_{\text{мм}}$$

Проверка условий применимости формул безмоментной теории [10]:

$$\text{Проверка}_1 := \begin{cases} \text{"Условия применения формул безмомент. теории выполняются"} & \text{if } \frac{s_1 - c}{D_1} \leq 0.1 \\ \text{"Условия применения формул НЕ выполняются"} & \text{if } \frac{s_1 - c}{D_1} > 0.1 \end{cases}$$

Проверка₁ = "Условия применения формул безмомент. теории выполняются"

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

Допускаемое внутреннее избыточное давление при рабочих условиях:

$$P_{д1} := \frac{2 \cdot \sigma_{д} \cdot \phi \cdot |s_1 - c|}{D_1 + |s_1 - c|} = 1.121 \text{ МПа}$$

Допускаемое внутреннее избыточное давление при гидроиспытаниях:

$$P_{и1} := \frac{2 \cdot \sigma_{и20} \cdot \phi \cdot |s_1 - c|}{D_1 + |s_1 - c|} = 2.345 \text{ МПа}$$

Проверка условия прочности стенок, цилиндрической обечайки от действия внутреннего давления при рабочих условиях: [10]

$$\text{Проверка}_2 := \begin{cases} \text{"Условие прочности стенки выполняется"} & \text{if } P_{д1} > P_{рас} \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Проверка₂ = "Условие прочности стенки выполняется"

Проверка условия прочности стенок, цилиндрической обечайки от действия внутреннего давления при гидроиспытаниях: [10]

$$\text{Проверка}_3 := \begin{cases} \text{"Условие прочности стенки выполняется"} & \text{if } P_{и1} > P_{и} \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Проверка₃ = "Условие прочности стенки выполняется"

Расчет толщины стенки цилиндрической обечайки (кожуха): $D_2 = 4.2 \times 10^3 \text{ мм}$

Расчетная толщина стенки цилиндрической обечайки при внутреннем избыточном давлении:

$$s_{p2} := \max \left(\left(\frac{P_{рас} \cdot D_2}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_{д} - P_{рас}} \right), \left(\frac{P_{и} \cdot D_2}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_{и20} - P_{и}} \right) \right) = 9.76 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина стенки цилиндрической обечайки:

$$s_{и2} := s_{p2} + c = 14.66 \text{ мм}$$

Принимаем толщину для колонных аппаратов из ряда стандартных толщин

$$s_2 := 20 \text{ мм}$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

Проверка условий применимости формул безмоментной теории [10]:

$$\text{Проверка}_4 := \begin{cases} \text{"Условия применения формул безмомент. теории выполняются"} & \text{if } \frac{s_2 - c}{D_2} \leq 0.1 \\ \text{"Условия применения формул НЕ выполняются"} & \text{if } \frac{s_2 - c}{D_2} > 0.1 \end{cases}$$

Проверка₄ = "Условия применения формул безмомент. теории выполняются"

Допускаемое внутреннее избыточное давление при рабочих условиях:

$$P_{д2} := \frac{2 \cdot \sigma_D \cdot \phi \cdot |s_2 - c|}{D_2 + |s_2 - c|} = 0.935 \text{ МПа}$$

Допускаемое внутреннее избыточное давление при гидроиспытаниях:

$$P_{и2} := \frac{2 \cdot \sigma_{и20} \cdot \phi \cdot |s_2 - c|}{D_2 + |s_2 - c|} = 1.956 \text{ МПа}$$

Проверка условия прочности стенок, цилиндрической обечайки от действия внутреннего давления при рабочих условиях: [10]

$$\text{Проверка}_5 := \begin{cases} \text{"Условие прочности стенки выполняется"} & \text{if } P_{д2} > P_{рас} \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Проверка₅ = "Условие прочности стенки выполняется"

Проверка условия прочности стенок, цилиндрической обечайки от действия внутреннего давления при гидроиспытаниях: [10]

$$\text{Проверка}_6 := \begin{cases} \text{"Условие прочности стенки выполняется"} & \text{if } P_{и2} > P_{и} \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Проверка₆ = "Условие прочности стенки выполняется"

Расчет толщины стенки конического перехода аппарата [10, стр. 38]:

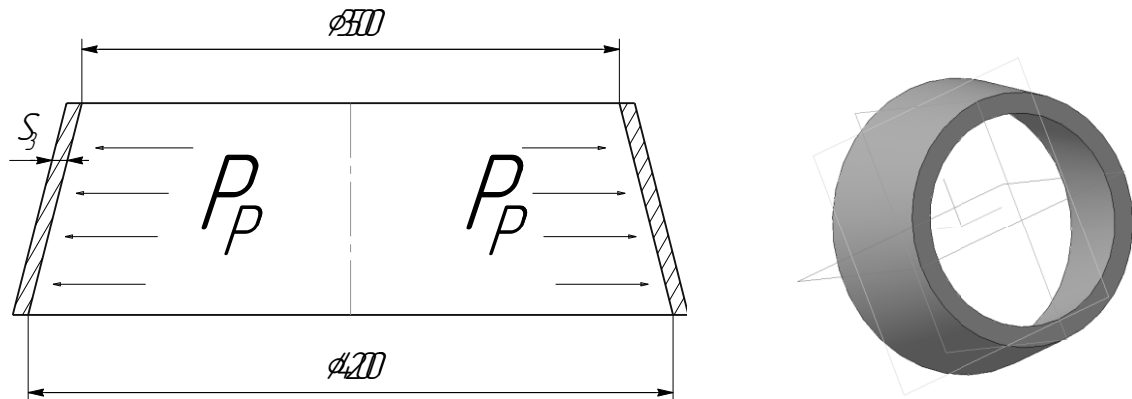


Рис. 3.7 - Расчетная схема конического перехода

Расчетная толщина стенки конического днища при внутреннем давлении:

$$\alpha_1 := \frac{\pi \cdot 23}{180} = 0.401$$

Расчетный диаметр гладкой конической оболочки, без тороидального перехода:

$$s_{p3} := \max \left(\left(\begin{array}{l} P_{рас} \cdot \frac{D_2}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_D - P_{рас}} \cdot \frac{1}{\cos|\alpha_1|} \\ P_{и} \cdot \frac{D_2}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_{и20} - P_{и}} \cdot \frac{1}{\cos|\alpha_1|} \end{array} \right) \right) = 10.603 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина стеки оболочки:

$$s_{и3} := s_{p3} + c = 15.503 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина стенки конического днища нагруженного внутренним давлением.

$$s_3 := 2c_{мм}$$

Эффективные размеры конической обечайки:

$$D_1 = 3.5 \times 10^3 \text{ мм}$$

Высота конического перехода:

$$H_3 = 900 \text{ мм}$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Проверка условий применимости формул без моментной теории:

$$\text{Проверка}_7 := \begin{cases} \text{"Условия применения формул выполняются"} & \text{if } 0.00 \leq \frac{s_3 \cdot \cos|\alpha_1|}{D_2} \leq 0.05 \\ \text{"Условия применения формул НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Проверка₇ = "Условия применения формул выполняются"

Расчет допускаемого внутреннего избыточного давления:

$$P_{дз} := \frac{2 \cdot \phi \cdot \sigma_D \cdot |s_3 - c|}{\frac{D_2}{\cos|\alpha_1|} + |s_2 - c|} = 0.861 \quad \text{МПа}$$

$$P_{из} := \frac{2 \cdot \phi \cdot \sigma_{и20} \cdot |s_3 - c|}{\frac{D_2}{\cos|\alpha_1|} + |s_2 - c|} = 1.801 \quad \text{МПа}$$

Проверка условия прочности стенок, конического днища:

$$\text{Проверка}_8 := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } P_{из} > P_{и} \wedge P_{д2} > P_{рас} \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Проверка₈ = "Условие прочности выполняется"

3.5.2 Расчет крышки, днища

Расчёт торосферической крышки диаметром 3500 мм
 Расчет проводим по [10, стр. 24]

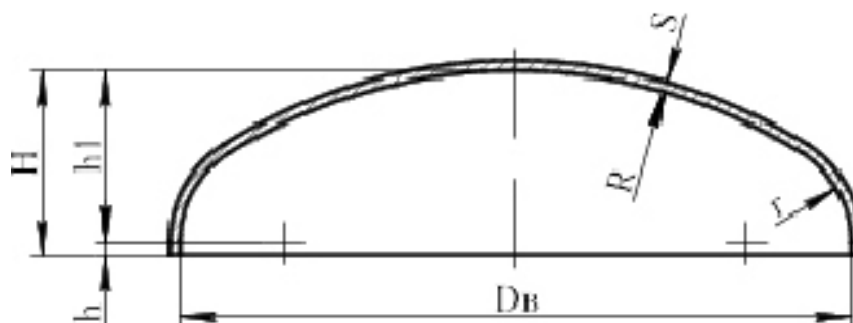


Рис. 3.8 - Торосферическое днище

Наружный диаметр торосферической крышки:

$$D_{11} := 3540_{\text{мм}}$$

$$\frac{P_{\text{рас}}}{\sigma_{\text{Д}}} = 3.71 \times 10^{-3} \quad \frac{P_{\text{и}}}{\sigma_{\text{и20}}} = 4.637 \times 10^{-3}$$

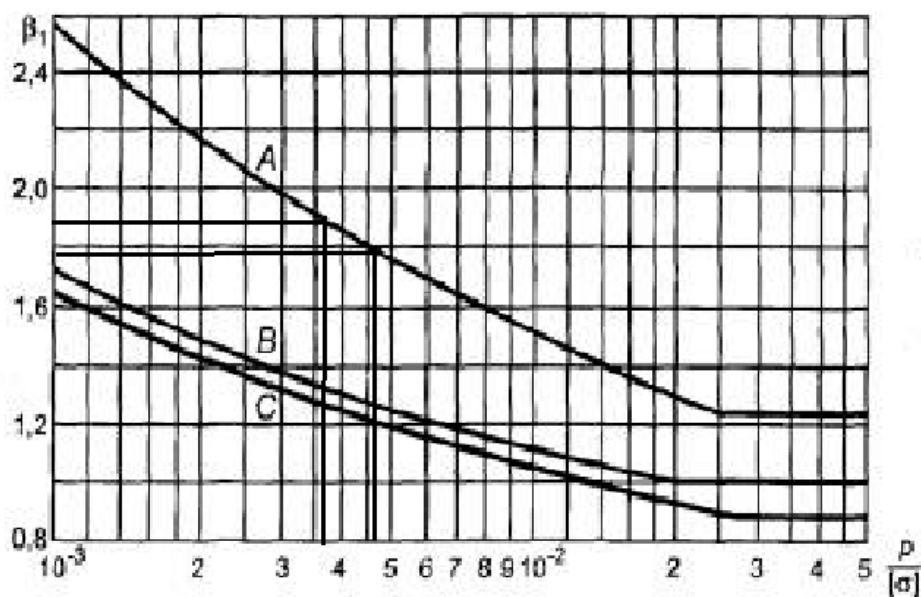


Рис. 3.9 - График для определения β_1

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Коэффициент β_1 для рабочих условий:

$$\beta_{1_1} := 1.5$$

Коэффициент β_1 для гидроиспытания:

$$\beta_{1_2} := 1.5$$

Толщина стенки в краевой зоне:

$$s_{4p_1} := \max\left(\frac{D_{11} \cdot \beta_{1_1} \cdot P_{рас}}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_D}, \frac{D_{11} \cdot \beta_{1_2} \cdot P_{и}}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_{и20}}\right) = 13.952 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина стеки:

$$s_{и4_1} := s_{4p_1} + c = 18.852 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина стенки торосферической крышки в краевой зоне:

$$s_{4_1} := 2C_{\text{мм}}$$

Высота выпуклой части крышки без учёта цилиндрической части:

$$H_4 := 88 \text{ мм}$$

Радиус кривизны в вершине днища равен:

$$R_1 := \frac{D_{11}^2}{4 \cdot H_4} = 3.54 \times 10^3 \text{ мм}$$

Для сварных днищ толщина стенки в центральной зоне:

$$s_{4p_2} := \max\left(\frac{R_1 \cdot P_{рас}}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_D - 0.5 \cdot P_{рас}}, \frac{R_1 \cdot P_{и}}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_{и20} - 0.5 \cdot P_{и}}\right) = 8.217 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина стеки:

$$s_{и4_2} := s_{4p_2} + c = 13.117 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина стенки торосферической крышки в центральной зоне:

$$s_{4_2} := 2C_{\text{мм}}$$

Определяем коэффициент β_2 :

$$\beta_2 := \max\left[0.9, 0.12 \cdot \left(\sqrt[3]{\frac{D_{11}}{s_{4_1} - c}} + 3.2\right)\right] = 1.124$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

Допускаемое избыточное давление из условия прочности краевой зоны вычисляются по формуле:

Для рабочих условий:

$$P_{д4_1} := \frac{2 \cdot |s_{4_1} - c| \cdot \sigma_D \cdot \phi}{D_{11} \cdot \beta_2} = 0.991 \quad \text{МПа}$$

Для гидроиспытания:

$$P_{и4_1} := \frac{2 \cdot |s_{4_1} - c| \cdot \sigma_{и20} \cdot \phi}{D_{11} \cdot \beta_2} = 2.072 \quad \text{МПа}$$

Проверка условия прочности стенок краевой зоны:

$$\text{Проверка}_9 := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется" if } P_{и4_1} > P_{и} \wedge P_{д4_1} > P_{рас} \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется" otherwise} \end{cases}$$

Проверка₉ = "Условие прочности выполняется"

Допускаемое избыточное давление из условия прочности центральной зоны:

Для рабочих условий:

$$P_{д4_2} := \frac{2 \cdot |s_{4_2} - c| \cdot \sigma_D \cdot \phi}{R_1 + 0.5 \cdot |s_{4_2} - c|} = 1.111 \quad \text{МПа}$$

Для гидроиспытания:

$$P_{и4_2} := \frac{2 \cdot |s_{4_2} - c| \cdot \sigma_{и20} \cdot \phi}{R_1 + 0.5 \cdot |s_{4_2} - c|} = 2.324 \quad \text{МПа}$$

Проверка условия прочности стенок в центральной зоне:

$$\text{Проверка}_{10} := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется" if } P_{и4_2} > P_{и} \wedge P_{д4_2} > P_{рас} \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется" otherwise} \end{cases}$$

Проверка₁₀ = "Условие прочности выполняется"

Расчёт торосферического днища диаметром 4200 мм

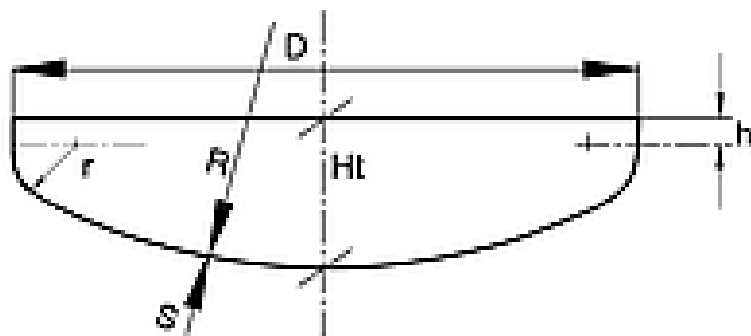


Рис. 3.9 - Схема торосферического днища

Наружный диаметр торосферического днища:

$$D_{21} := 4240_{\text{мм}}$$

Толщина стенки в краевой зоне:

$$s_{5p_1} := \max\left(\frac{D_{21} \cdot \beta_{1_1} \cdot P_{\text{рас}}}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_{\text{Д}}}, \frac{D_{21} \cdot \beta_{1_2} \cdot P_{\text{и}}}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_{\text{и20}}}\right) = 16.711_{\text{мм}}$$

Исполнительная толщина стеки:

$$s_{и5_1} := s_{5p_1} + c = 21.611_{\text{мм}}$$

Исполнительная толщина стенки торосферического днища в краевой зоне:

$$s_{5_1} := 20_{\text{мм}}$$

Высота выпуклой части крышки без учёта цилиндрической части:

$$H_5 := 1060_{\text{мм}}$$

Радиус кривизны в вершине днища равен:

$$R_2 := \frac{D_{21}^2}{4 \cdot H_5} = 4.24 \times 10^3_{\text{мм}}$$

Для сварных днищ толщина стенки в центральной зоне:

$$s_{5p_2} := \max\left(\frac{R_2 \cdot P_{\text{рас}}}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_{\text{Д}} - 0.5 \cdot P_{\text{рас}}}, \frac{R_2 \cdot P_{\text{и}}}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_{\text{и20}} - 0.5 \cdot P_{\text{и}}}\right) = 9.842_{\text{мм}}$$

Исполнительная толщина стеки:

$$s_{и5_2} := s_{5p_2} + c = 13.117_{\text{мм}}$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Исполнительная толщина стенки торосферического днища в центральной зоне:

$$s_{5_2} := 2c_{\text{MM}}$$

Определяем коэффициент β_2 :

$$\beta_2 := \max \left[0.9, 0.12 \cdot \left(\sqrt[3]{\frac{D_{21}}{s_{5_1} - c}} + 3.2 \right) \right] = 1.17$$

Допускаемое избыточное давление из условия прочности краевой зоны вычисляются по формуле:

Для рабочих условий:

$$P_{\text{д5_1}} := \frac{2 \cdot |s_{5_1} - c| \cdot \sigma_{\text{Д}} \cdot \phi}{D_{21} \cdot \beta_2} = 0.795 \quad \text{МПа}$$

Для гидроиспытания:

$$P_{\text{и5_1}} := \frac{2 \cdot |s_{5_1} - c| \cdot \sigma_{\text{и20}} \cdot \phi}{D_{21} \cdot \beta_2} = 1.662 \quad \text{МПа}$$

Проверка условия прочности стенок краевой зоны:

$$\text{Проверка}_{11} := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } P_{\text{и5_1}} > P_{\text{и}} \wedge P_{\text{д5_1}} > P_{\text{рас}} \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Проверка}_{11} = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

Допускаемое избыточное давление из условия прочности центральной зоны:

Для рабочих условий:

$$P_{\text{д5_2}} := \frac{2 \cdot |s_{5_2} - c| \cdot \sigma_{\text{Д}} \cdot \phi}{R_2 + 0.5 \cdot |s_{5_2} - c|} = 0.928 \quad \text{МПа}$$

Для гидроиспытания:

$$P_{\text{и5_2}} := \frac{2 \cdot |s_{5_1} - c| \cdot \sigma_{\text{и20}} \cdot \phi}{R_2 + 0.5 \cdot |s_{5_1} - c|} = 1.941 \quad \text{МПа}$$

Проверка условия прочности стенок в центральной зоне:

$$\text{Проверка}_{12} := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } P_{\text{и5_2}} > P_{\text{и}} \wedge P_{\text{д5_2}} > P_{\text{рас}} \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Проверка}_{12} = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

3.5.3 Расчет фланцевого соединения

Подбор и расчет люка-лаза

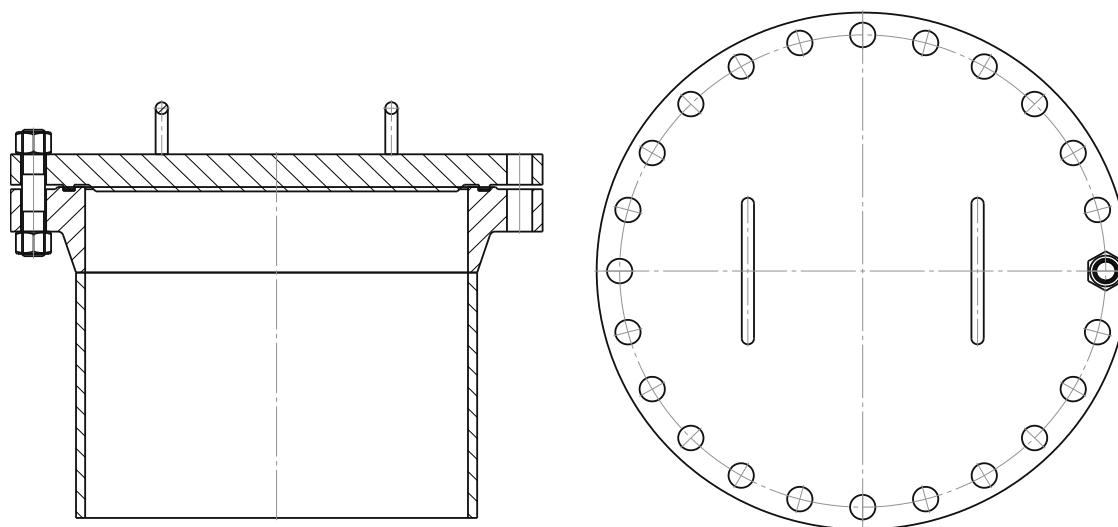


Рис. 3.10 - Рисунок люк-лак с уплотнительной поверхностью шип-паз ОСТ 26-2006-83.

Пример условного обозначения люка исполнения 1 диаметром $D_{в} = 500$ мм на условное давление 4 МПа с размером $S = 12$ мм, основной шифр материального исполнения люка 2, дополнительный шифр материального исполнения люка 3, шифр материального исполнения крепежных деталей 1:
Люк 1-500-4-12-2-3-1 ОСТ 26-2006-83.

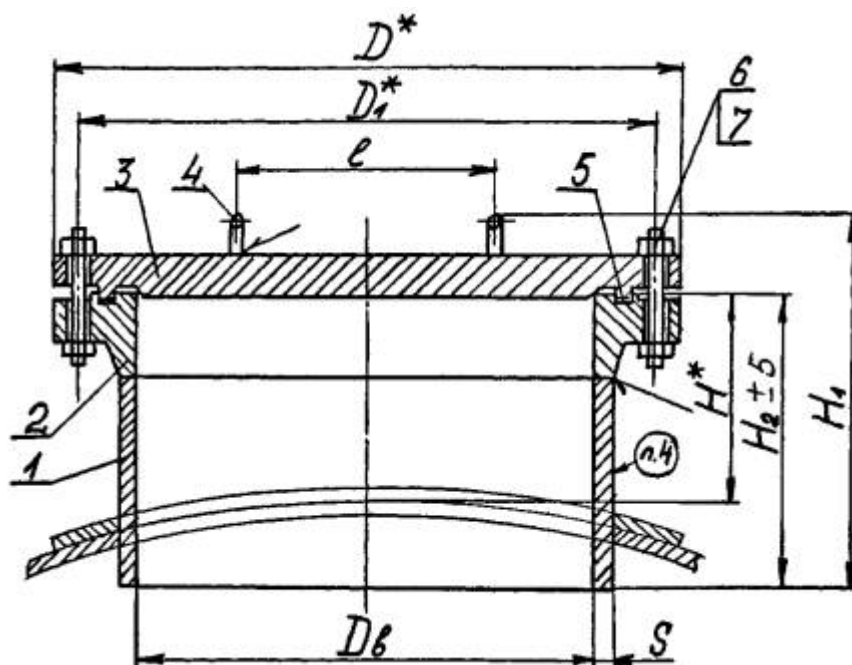


Рис. 3.11 - Рисунок люк-лак с уплотнительной поверхностью шип-паз с конструктивными размерами.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Люк-лаз основные конструктивные размеры

Дав. условное	Диаметр внутр.	D^*	D_1^*	H^*	H_1	H_2	l	S
МПа	мм							
4,0	500	695	635	240	575	445	300	12

Прочностной расчет фланцевого соединения люка-лаза

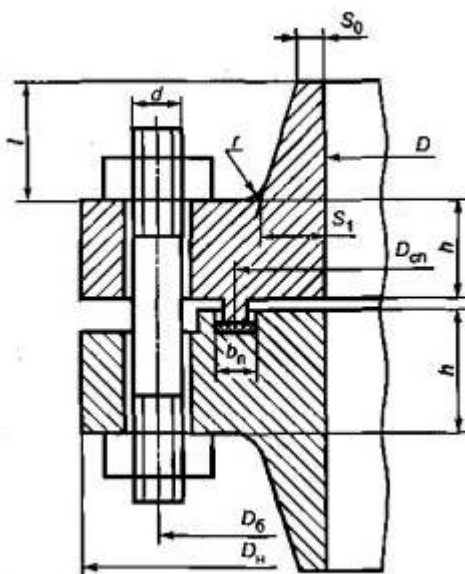


Рис 3.12 - Фланцевое соединения с приварными встык фланцами с гладкой уплотнительной поверхностью типа шип - паз.

Тип фланца: фланцевое соединения приварные встык

Тип уплотнительной поверхности: шип-паз

Расчет проводим [12]

Внутренний диаметр: $D := 500\text{мм}$

Наружный диаметр фланца: $D_n := 670\text{мм}$

Диаметр болтовой окружности: $D_b := 620\text{мм}$

Толщина фланца: $h := 35\text{мм}$

Материал обечаек и фланцев - сталь 09Г2С

Материал болтов - сталь 35Х

Материал прокладки - паронит ПОН.

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

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

Ширина прокладки: $b_{\Pi} := 15 \text{ мм}$

Диаметр болта: $d := 30 \text{ мм}$

Средний диаметр прокладки:

Толщина цилиндрической части втулки принята:

$$s_0 := 12_{\text{мм}}$$

Толщина конической части втулки:

$$s_{1B} := 34_{\text{мм}}$$

Уклон втулки (принимается):

$$i := \frac{1}{3}$$

Высота втулки:

$$h_B := 54_{\text{мм}}$$

Средний диаметр прокладки:

$$D_{\text{СП}} := D_H - b_{\Pi} = 520_{\text{мм}}$$

Количество болтов:

$$n := 24 \text{ болта}$$

Расчетная температура фланцевого соединения (не изолированного):

$$t_{\phi} := t_{\text{раб}} \cdot 0.96 = 364.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Расчетная температура болтов:

$$t_{\phi} := t_{\text{раб}} \cdot 0.85 = 323 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad t_{\phi} = 323$$

Материал для болтов: Сталь 35Х

Допускаемое напряжение материала при температуре $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ для болта согласно [5]:

$$\sigma_{620} := 236_{\text{МПа}}$$

Допускаемое напряжение материала болта при рабочей температуре $t_{\phi} = 323 \text{ }^{\circ}\text{C}$ согласно [6]:

$$\sigma_{\phi} := \text{Floor} \left[\text{interp} \left[\left(\begin{array}{c} 300 \\ 350 \end{array} \right), \left(\begin{array}{c} 220 \\ 185 \end{array} \right), t_{\phi}, 0.5 \right], 0.5 \right] = 203.5_{\text{МПа}}$$

Материал для фланцевого соединения 09Г2С

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

Допускаемое напряжение материала при гидроиспытаниях для фланцев согласно [9]:

$$\sigma_{\phi 20} := \sigma_{и20} = 273 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение материала при рабочей температуре $t_{\phi} = 364.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ для фланцев согласно [22]:

$$\sigma_{\phi} := \text{Floor} \left[\text{linterp} \left[\begin{pmatrix} 350 \\ 375 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 140 \\ 133 \end{pmatrix}, t_{\phi} \right], 0.5 \right] = 135.5 \text{ МПа}$$

Модуль упругости материала болта при температуре 20 градусов:

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

Модуль упругости материала фланца 09Г2С согласно [9, стр. 27, таблица В1] для низко легированных сталей, при температуре 20 $^{\circ}\text{C}$:

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

Модуль упругости материала фланца при рабочей температуре $t_{\phi} = 364.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$E := \text{Floor} \left[\text{linterp} \left[\begin{pmatrix} 350 \\ 400 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1.64 \cdot 10^5 \\ 1.55 \cdot 10^5 \end{pmatrix}, t_{\phi} \right], 0.5 \right] = 1.613 \times 10^5 \text{ МПа}$$

Модуль упругости материала болта при рабочей температуре температуре $t_{\phi} = 323 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (Сталь 35Х теплоустойчивая и коррозионно-стойкая хромистая):

$$E_{\phi} := \text{Floor} \left[\text{linterp} \left[\begin{pmatrix} 300 \\ 350 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1.9 \cdot 10^5 \\ 1.84 \cdot 10^5 \end{pmatrix}, t_{\phi} \right], 0.5 \right] = \blacksquare \text{ МПа}$$

Температурный коэффициент линейного расширения материала фланцев 09Г2С согласно [9, стр. 28, таблица Г1]:

$$\alpha_{\phi} := 13.6 \cdot 10^{-6}$$

Температурный коэффициент линейного расширения болтов 35Х согласно [5, стр 286, таблица XI]:

$$\alpha_{\phi} := 14.2 \cdot 10^{-6}$$

Эффективная ширина прокладки:

-для плоских прокладок:

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

Характеристики прокладки:

Прокладочный коэффициент m

$$m := 2.4$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Удельное давление обжатия прокладки:

$$q_{обж} := 2c_{МПа}$$

Допускаемое удельное давление:

$$q_d := 13c_{МПа}$$

Коэффициент обжатия:

$$K_{обж} := 0.9$$

Условный модуль сжатия прокладки:

$$E_{п} := 20c_{МПа}$$

Усилие, необходимое для смятия прокладки при затяжке:

$$P_{обж} := 0.5\pi \cdot D_{сп} \cdot b_0 \cdot m \cdot |P_{рас}| = 1.483 \times 10^4 \text{ Н}$$

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

$$R_{п} := \begin{cases} \pi \cdot D_{сп} \cdot b_0 \cdot m \cdot P_{рас} & \text{if } P_{рас} \geq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} = 2.966 \times 10^4 \text{ Н}$$

Площадь поперечного сечений болтов (шпилек) по таблице 3.7:

$$f_b := 54c_{мм^2}$$

Таблица 3.6

Расчетная площадь поперечного сечения болтов

$d_b, \text{ мм}$	20	22	24	27	30	36
$f_b, 10^{-4}, \text{ м}^2$	2,35	2,95	3,4	4,45	5,4	7,9
$d_b, \text{ мм}$	42	48	52	56	60	65
$f_b, 10^{-4}, \text{ м}^2$	10,9	14,4	18,2	19,65	23,0	26,0

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

$$A_b := n \cdot f_b = 1.296 \times 10^4 \text{ мм}^2$$

Равнодействующая нагрузка от давления:

$$Q_d := \frac{\pi}{4} \cdot D_{сп}^2 \cdot P_{рас} = 1.028 \times 10^5 \text{ Н}$$

Податливость прокладки:

$$y_{п} := \frac{h_{п} \cdot K_{обж}}{E_{п} \cdot \pi \cdot D_{сп} \cdot b_{п}} = 5.509 \times 10^{-7} \text{ мм/Н}$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

Расстояние между опорными поверхностями гайки и головки болта или опорными поверхностями гаек:

$$L_{60} := 2 \cdot h + h_{\text{п}} = 73 \text{ мм}$$

Эффективная длина болта при определении податливости:

$$L_6 := \text{ceil}(L_{60} + 0.28 \cdot d) = 82 \text{ мм}$$

Податливость болтов:

$$y_6 := \frac{L_6}{E_{620} \cdot A_6} = 2.943 \times 10^{-8} \text{ мм/Н}$$

Расчетные параметры фланцев:

Параметр длины обечайки:

$$l_0 := \sqrt{D \cdot s_0} = 77.46 \text{ мм}$$

- отношение наружного диаметра тарелки фланца к внутреннему диаметру

$$K := \frac{D_H}{D} = 1.07$$

- коэффициенты, зависящие от соотношения размеров тарелки фланца

$$\beta_T := \frac{K^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K)) - 1}{1.05 + 1.945 K^2 \cdot (K - 1)} = 1.886$$

$$\beta_U := \frac{K^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K)) - 1}{1.36 K^2 - 1 \cdot (K - 1)} = 31.356$$

$$\beta_Y := \frac{1}{(K - 1)} \cdot \left[0.69 + 5.72 \cdot \frac{K^2 \cdot \log(K)}{K^2 - 1} \right] = 28.829$$

$$\beta_Z := \frac{K^2 + 1}{K^2 - 1} = 14.803$$

Коэффициенты β_F , β_V и f , зависящие от соотношения размеров втулки фланца, для фланцевых соединений с приварными встык фланцами с конической втулкой определяют по графикам, приведенным на рисунках К.2 - К.4, в зависимости от отношений:

$$\beta := \frac{s_1}{s_0} = 1.667$$

$$x := \frac{h_B}{\sqrt{D \cdot s_0}} = 0.71$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

- коэффициенты для фланцевых соединений с приварными встык фланцами:

$$\beta_F := 0.8 \quad \beta_V := 0.2\alpha \quad f := 1$$

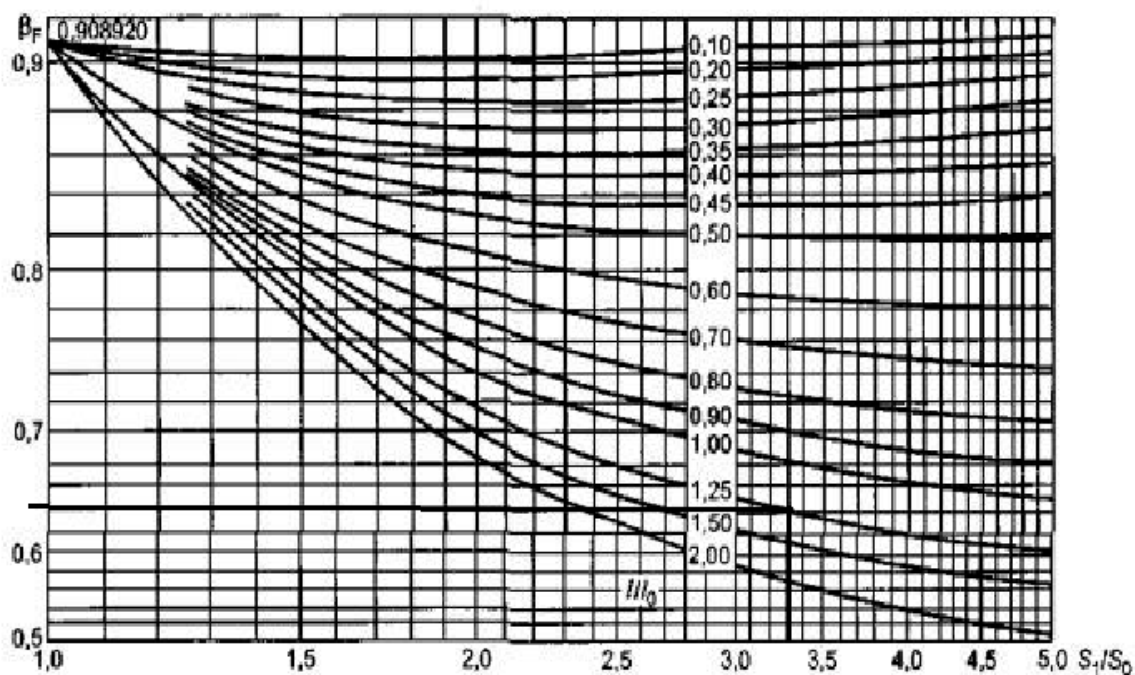


Рис. 3.13 - Коэффициент β_F

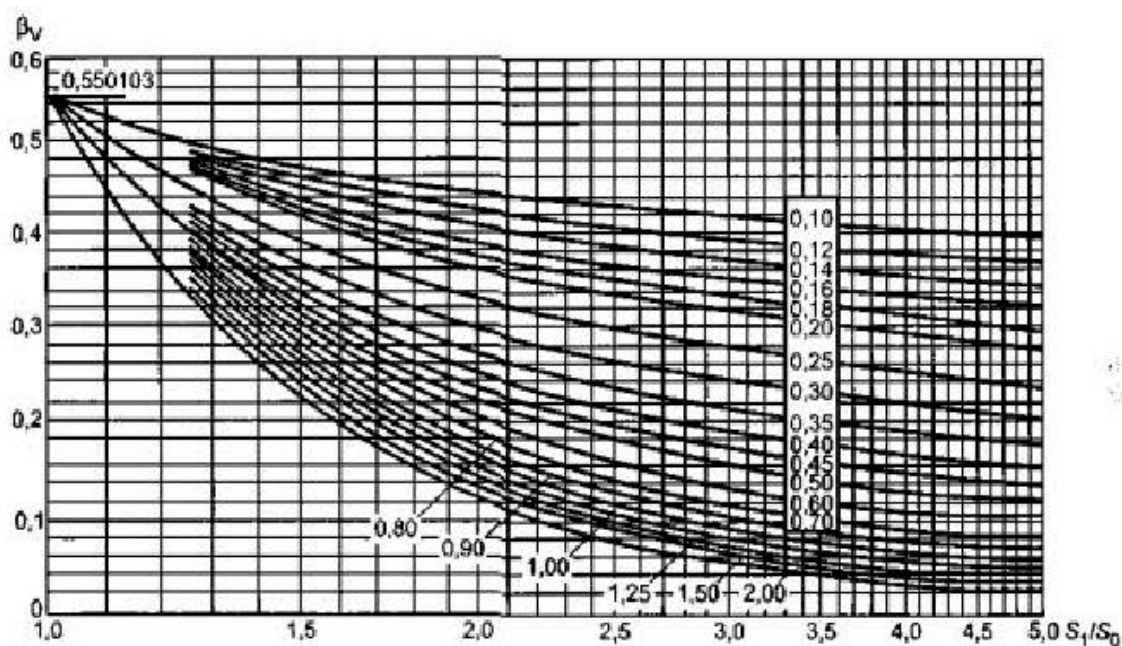


Рис. 3.14 - Коэффициент β_V

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

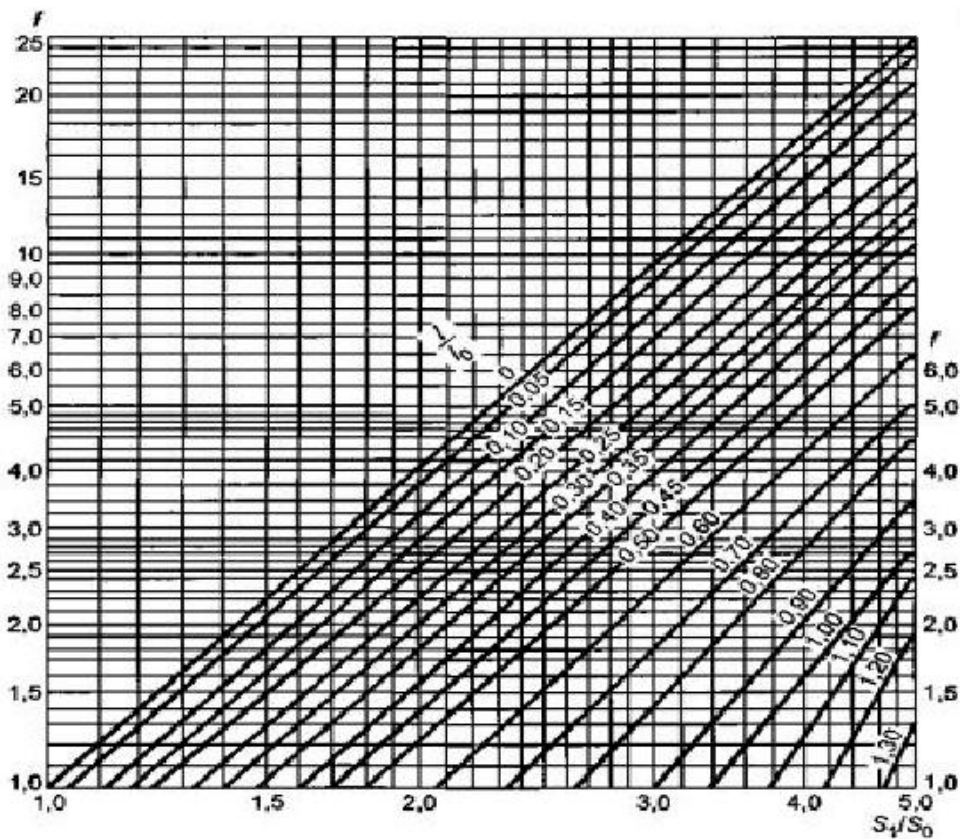


Рис. 3.15 - Поправочный коэффициент для напряжений во втулке фланца f

- коэффициент

$$\lambda := \frac{\beta_F \cdot h + l_0}{\beta_T \cdot l_0} + \frac{\beta_V \cdot h^3}{\beta_U \cdot l_0 \cdot |s_1|^2} = 0.736$$

Угловая податливость фланцев:

Угловая податливость фланца при затяжке:

$$y_\phi := \frac{0.91 \cdot \beta_V}{\lambda \cdot s_0^2 \cdot l_0 \cdot E_{20}} = 1.448 \times 10^{-10}$$

Плечи действий усилия в болтах:

Для приваренных встык фланцев: смотри [9, стр. 32]

$$b := 0.5 \cdot |D_H - D_{сп}| = 7.5 \text{ мм}$$

Относительная длина втулки фланца:

$$\xi := 1 + (\beta - 1) \cdot \frac{x}{x + \frac{1 + \beta}{4}} = 1.344$$

$$s_3 := \xi \cdot s_0 = 16.126$$

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

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

$$e := 0.5 \cdot |D_{\text{сп}} - D - s_3| = 1.937 \text{ мм}$$

Усилие, возникающее от температурных деформаций

Коэффициент жесткости фланцевого соединения нагруженного внутренним давлением:

$$\alpha := 1 - \frac{y_{\text{п}} - 2 \cdot y_{\text{ф}} \cdot e \cdot b}{y_{\text{п}} + y_{\text{б}} + 2 \cdot e \cdot y_{\text{ф}} \cdot b^2} = 0.107$$

Нагрузка на болты при затяжке, необходимая для обеспечения обжатия прокладки и минимального начального натяжения болтов:

$$P_{\text{б1}} := \alpha \cdot Q_{\text{д}} + R_{\text{п}} = 4.061 \times 10^4 \text{ Н}$$

При рабочих условиях:

$$P_{\text{б2}} := P_{\text{б1}} + (1 - \alpha) \cdot Q_{\text{д}} = 1.325 \times 10^5 \text{ Н}$$

Расчётная нагрузка на болты (шпильки) фланцевых соединений:

- при затяжке фланцевого соединения

$$P_{\text{бм}} := \max(P_{\text{б1}}, P_{\text{б2}}) = 1.325 \times 10^5 \text{ Н}$$

-в рабочих условиях

$$P_{\text{бр}} := P_{\text{бм}} + (1 - \alpha) \cdot Q_{\text{д}} = 2.243 \times 10^5 \text{ Н}$$

Расчетные напряжения в болтах при затяжке:

$$\sigma_{\text{б1}} := \frac{P_{\text{бм}}}{A_{\text{б}}} = 10.221 \text{ МПа}$$

В рабочих условиях:

$$\sigma_{\text{б2}} := \frac{P_{\text{бр}}}{A_{\text{б}}} = 17.308 \text{ МПа}$$

где $\xi = 1,2$ — коэффициент увеличения допускаемых напряжений при затяжке;

$K_{\text{у.р}}$ — коэффициент условий работы:

$K_{\text{у.р1}} = 1,0$ для рабочих условий;

$K_{\text{у.р2}} = 1,35$ для условий испытания.

$$\xi := 1.2$$

$$K_{\text{у.р1}} := 1 \quad K_{\text{у.р2}} := 1.35$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

$K_{y,z}$ — коэффициент условий затяжки:

$K_{y,z} = 1,0$ при обычной неконтролируемой затяжке;

$$K_{y,z} := 1$$

Рекомендуемые значения крутящих моментов при затяжке приведены в приложении Л.

$K_{y,t}$ — коэффициент учета нагрузки от температурных деформаций:

Учитываем температурные деформации:

$$K_{y,t} := 1.1$$

Допускаемые напряжения для болтов (шпилек) при затяжке в рабочих условиях и при расчете на условия испытания вычисляются по формулам:

При гидроиспытаниях:

$$\sigma_{6M} := K_{y,p2} \cdot K_{y,z} \cdot \xi \cdot K_{y,t} \cdot \sigma_{620} = 484.38 \text{ МПа}$$

При рабочих условиях:

$$\sigma_{6p} := K_{y,p1} \cdot K_{y,z} \cdot K_{y,t} \cdot \sigma_6 = 264.55 \text{ МПа}$$

Условие прочности болтов при затяжке:

$$\text{Услов}_1 := \begin{cases} \text{"Условия прочности болтов при гидраиспытаниях выполняются"} & \text{if } \sigma_{61} \leq \sigma_{6M} \\ \text{"Условия прочности не выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Услов}_1 = \text{"Условия прочности болтов при гидраиспытаниях выполняются"}$$

$$\sigma_{61} = 10.221 \text{ МПа} \quad \sigma_{6M} = 484.38 \text{ МПа}$$

Условие прочности болтов в рабочих условиях:

$$\text{Услов}_2 := \begin{cases} \text{"Условия прочности болтов при работе выполняются"} & \text{if } \sigma_{62} \leq \sigma_{6p} \\ \text{"Условия прочности не выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Услов}_2 = \text{"Условия прочности болтов при работе выполняются"}$$

$$\sigma_{62} = 17.308 \text{ МПа} \quad \sigma_{6p} = 264.55 \text{ МПа}$$

Паронит мягкая прокладка, поэтому в соответствии с [26] проверяется условие прочности прокладки:

Расчетное удельное давление:

$$q := \frac{\max(P_{61}, P_{62})}{\pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_0} = 5.406 \text{ МПа}$$

Допускаемое удельное давление определяется по предложению и согласно [9] для паронита при не более 2-3 мм:

$$q_d := 13 \text{ МПа}$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

$$Услов_{проч} := \begin{cases} \text{"Условия выполняются"} & \text{if } q \leq q_d \\ \text{"Условия прочности не выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Условия выполняются"}$$

Расчет фланца на статическую прочность:

Коэффициент, учитывающий изгиб тарелки фланца между болтами:

$$C_{\phi} := \max \left(1, \sqrt{\frac{\frac{\pi \cdot D_1}{n}}{2 \cdot d + \frac{h \cdot 6}{m + 0.5}}} \right) = 1.877$$

Расчетный изгибающий момент, действующий на фланец при затяжке:

$$M_M := C_{\phi} \cdot P_{\phi 1} \cdot b = 5.718 \times 10^5 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Расчетный изгибающий момент, действующий на фланец в рабочих условиях:

$$M_P := C_{\phi} \cdot \max \left[P_{\phi p} \cdot b + Q_d \cdot e, e \cdot |Q_d| \right] = 3.532 \times 10^6 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Приведенный диаметр приварного встык фланца с конической втулкой:

$$D_{пр} := \begin{cases} D & \text{if } D \geq 20 \cdot s_1 \\ \left| D + s_0 \right| & \text{if } \begin{cases} f > 1 \\ D \leq 20 \cdot s_1 \end{cases} \\ \left| D + s_1 \right| & \text{if } \begin{cases} D \leq 20 \cdot s_1 \\ f = 1 \end{cases} \end{cases} = 520 \text{ мм}$$

Расчетные напряжения во фланце при затяжке:

$$\sigma_{1M} := \frac{M_M}{\lambda \cdot \left(s_1 - c \right)^2 \cdot D_{пр}} = 6.553 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{0M} := f \cdot \sigma_{1M} = 6.553 \text{ МПа}$$

Расчетные напряжения во фланце в рабочих условиях:

Меридиональное изгибающее напряжение для плоского фланца:

$$\sigma_{1P} := \frac{M_P}{\lambda \cdot \left(s_1 - c \right)^2 \cdot D_{пр}} = 40.483 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{0P} := f \cdot \sigma_{1P} = 40.483 \text{ МПа}$$

Меридиональные мембранные напряжения во втулке приварного встык фланца:

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

$$\sigma_{0\text{мм_раб}} := \frac{Q_d}{\pi \cdot |D + s_0| \cdot |s_0 - c|} = 9.002 \text{ МПа}$$

Окружные мембранные напряжения от действия давления во втулке приварного встык фланца, трубе плоского фланца S_0 :

$$\sigma_{0\text{мо_раб}} := \frac{D \cdot P_{\text{рас}}}{2 \cdot |s_0 - c|} = 17.046 \text{ МПа}$$

Условия статической прочности фланцев:

-при затяжке для приварных встык фланцев с конической втулкой в сечении s_0 условия статической прочности определяют по формулам: проверка согласно [9, стр. 15]:

с учетом стесненности температурных деформаций:

$$K_T := 1.3$$

допускаемое значение суммарных общих и местных условных упругих мембранных и изгибных напряжений МПа;

$$\sigma_R := \sigma_6 = 203.5 \text{ МПа} \quad \sigma_{0M} = 6.553 \text{ МПа} \quad \sigma_R \cdot K_T = 264.55 \text{ МПа}$$

При затяжке:

$$\text{Услов}_3 := \begin{cases} \text{"Условия прочности выполняются"} & \text{if } \sigma_{0M} \leq \sigma_R \cdot K_T \\ \text{"Условия прочности не выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Условия прочности выполняются"}$$

-в рабочих условиях:

$$A := \max(|0.3 \cdot \sigma_{0p} - \sigma_{0\text{мо_раб}}|, |0.3 \cdot \sigma_{0p} + \sigma_{0\text{мо_раб}}|)$$

$$B := |0.7 \cdot \sigma_{0p} + | \sigma_{0\text{мо_раб}} - \sigma_{0\text{мм_раб}} |$$

$$V := |0.7 \cdot \sigma_{0p} - | \sigma_{0\text{мо_раб}} - \sigma_{0\text{мм_раб}} |$$

$$\Gamma := 0.7 \cdot \sigma_{0p} + | \sigma_{0\text{мо_раб}} - \sigma_{0\text{мм_раб}} |$$

$$D := \max(|\sigma_{0p} - \sigma_{0\text{мм_раб}}|, |\sigma_{0p} + \sigma_{0\text{мм_раб}}|)$$

$$E := \max(|0.3 \cdot \sigma_{0p} - \sigma_{0\text{мо_раб}}|, |0.3 \cdot \sigma_{0p} + \sigma_{0\text{мо_раб}}|)$$

$$Ж := |0.7 \cdot \sigma_{0p} - | \sigma_{0\text{мо_раб}} - \sigma_{0\text{мм_раб}} |$$

$$\text{Услов}_{\text{стат}2} := \begin{cases} \text{"Условия выполняются"} & \text{if } \max(D, E, \max(Ж, \Gamma)) \leq \sigma_R \cdot K_T \\ \text{"Условия прочности не выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Условия выполняются"}$$

$$\max(D, E, \max(Ж, \Gamma)) = 49.486 \text{ МПа}$$

$$\sigma_R \cdot K_T = 264.55 \text{ МПа}$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
						68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Проверка углов поворота фланцев:

Угол поворота приварного встык, плоского фланца и бурта свободного фланца в рабочих условиях: [9, стр. 25]

$$\theta := P_{\text{бр}} \cdot y_{\text{ф}} \cdot \frac{E_{20}}{E} = 4.008 \times 10^{-5}$$

Допускаемый угол поворота фланца определяем при помощи интерполяции:

$$\theta_{\text{д}} := \text{Floor} \left[\text{linterp} \left[\left(\begin{array}{c} 400 \\ 2000 \end{array} \right), \left(\begin{array}{c} 0.006 \\ 0.013 \end{array} \right), D \right], 0.00005 \right] = 6.4 \times 10^{-3}$$

$$\text{Усл}_{\text{поворота}} := \begin{cases} \text{"Условие выполняется"} & \text{if } \theta \leq \theta_{\text{д}} \\ \text{"Условие НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Условие выполняется"}$$

$$\theta = 4.008 \times 10^{-5} \qquad \theta_{\text{д}} = 6.4 \times 10^{-3}$$

Расчет на прочность плоской крышки люка-лаза:

Расчет проводим согласно [23, стр. 30]

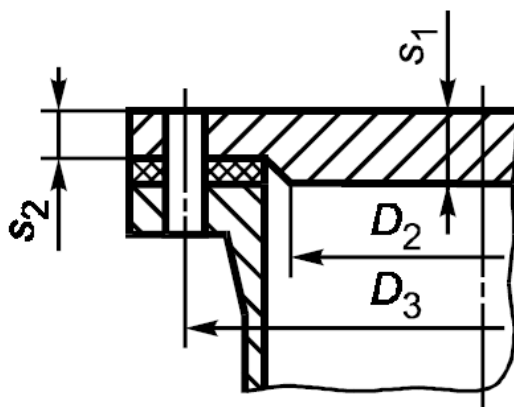


Рис. 3.16 - Схема плоской крышки

Расчетный диаметр:

$$D_p := 50 \text{ мм}$$

Коэффициент, зависящий от способа закрепления крышки:

$$K := 0.4$$

Коэффициент ослабления, при отсутствии отверстий в крышке:

$$K_0 := 1$$

Расчетная толщина крышки:

$$s_{pk} := \max \left(\left(\begin{array}{l} K \cdot K_0 \cdot D_p \cdot \sqrt{\frac{P_{рас}}{\phi \cdot \sigma_D}} \\ K \cdot K_0 \cdot D_p \cdot \sqrt{\frac{P_i}{\phi \cdot \sigma_{и20}}} \end{array} \right) \right) = 13.619 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина стеки крышки:

$$s_{ик} := s_{pk} + c = 18.519 \text{ мм}$$

Принимаем исполнительную толщину крышки:

$$s_k := 50 \text{ мм}$$

Проверка условий применимости формул для расчета плоских крышек:

$$\text{Пров}_1 := \begin{cases} \text{"Условия выполняются"} & \text{if } \frac{12 - c}{D_p} \leq 0.11 \\ \text{"Условия НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Условия выполняются"}$$

Расчет допускаемого внутреннего избыточного давления:

Допускаемое внутреннее давление при гидроиспытаниях:

$$P_{д5} := \left[\frac{|s_k - c|}{K \cdot K_0 \cdot D_p} \right]^2 \cdot \phi \cdot \sigma_D = 6.636 \text{ МПа}$$

Допускаемое внутреннее давление при рабочих условиях:

$$P_{д6} := \left[\frac{|s_k - c|}{K \cdot K_0 \cdot D_p} \right]^2 \cdot \phi \cdot \sigma_{и20} = 13.882 \text{ МПа}$$

Проверка условия прочности стенки крышки:

Проверка условия прочности крышки от действия внутреннего давления при гидроиспытаниях:

$$\text{Пров}_2 := \begin{cases} \text{"Условие прочности стенки крышки выполняется"} & \text{if } P_{д6} > P_i \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Пров}_2 = \text{"Условие прочности стенки крышки выполняется"}$$

Проверка условия прочности крышки от действия внутреннего давления при рабочих условиях:

$$\text{Пров}_3 := \begin{cases} \text{"Условие прочности стенки крышки выполняется"} & \text{if } P_{д6} > P_{рас} \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Пров₃ = "Условие прочности стенки крышки выполняется"

Укрепление отверстий патрубков штуцеров
согласно [11]:

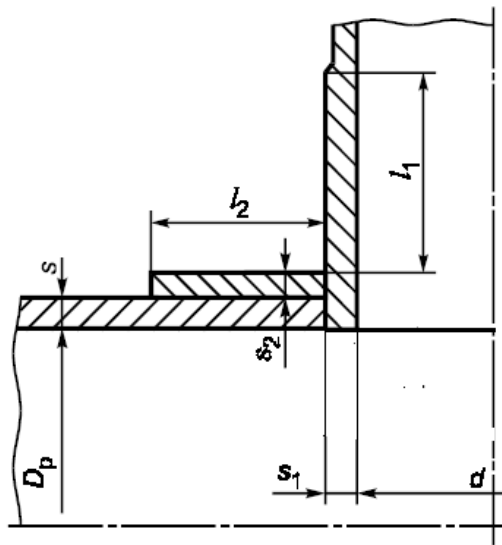


Рис. 3.17 - Укрепление отверстий при наличии проходного штуцера

Расчетный диаметр укрепляемых элементов:

- для цилиндрической обечайки 1 (верх колонны)

$$D_{p1} := D_1 = 3.5 \times 10^3 \text{ мм}$$

- для цилиндрической обечайки 2 (низ колонны)

$$D_{p2} := D_2 = 4.2 \times 10^3 \text{ мм}$$

- для торосферической крышки:

$$D_{p3} := 2 \cdot R_1 = 7.08 \times 10^3 \text{ мм}$$

- для торосферического днища:

$$D_{p4} := 2 \cdot R_2 = 8.48 \times 10^3 \text{ мм}$$

Расчетный диаметр отверстий в стенках обечайки, ось которого совпадает с нормалью к поверхности: расчет проводим по [11]

Расчетный диаметр отверстия штуцера входа сырья:

$$d_1 := \text{ceil}(500 + 2 \cdot c) = 510 \text{ мм}$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

Расчетные диаметры отверстия штуцеров выхода К₁ с верха колонны (дистиллят)

$$d_2 := \text{ceil}(800 + 2 \cdot c) = 810_{\text{мм}}$$

Расчетный диаметр отверстия штуцера для ввода поров из сепаратора С-1: (такой же диаметр имеют штуцера ввода паров из стрипинга К-2, отбор НЦО К-1)

$$d_3 := \text{ceil}(400 + 2 \cdot c) = 410_{\text{мм}}$$

Расчетный диаметр отверстий штуцеров для вывода мазута:

$$d_4 := \text{ceil}(300 + 2 \cdot c) = 310_{\text{мм}}$$

Расчетный диаметр отверстия штуцера для возврата НЦО К-1:

$$d_5 := \text{ceil}(250 + 2 \cdot c) = 260_{\text{мм}}$$

Расчетный диаметр отверстия штуцера для ввода водяных паров:

$$d_6 := \text{ceil}(200 + 2 \cdot c) = 210_{\text{мм}}$$

Расчетный диаметр отверстия штуцера для отбора атмосферного газойля:

$$d_7 := \text{ceil}(150 + 2 \cdot c) = 160_{\text{мм}}$$

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

- для цилиндрической обечайки 1 (верх колонны)

$$d_{01} := 2 \cdot \left(\frac{s_{1-c}}{s_{p1}} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_{p1} \cdot |s_{1-c}|} = 485.773_{\text{мм}}$$

- для цилиндрической обечайки 2 (низ колонны)

$$d_{02} := 2 \cdot \left(\frac{s_{2-c}}{s_{p2}} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_{p2} \cdot |s_{2-c}|} = 376.292_{\text{мм}}$$

- для торосферической крышки:

$$d_{03} := 2 \cdot \left(\frac{s_{4_2-c}}{s_{4p_2}} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_{p3} \cdot |s_{4_2-c}|} = 678.577_{\text{мм}}$$

- для торосферического днища:

$$d_{04} := 2 \cdot \left(\frac{s_{5_2-c}}{s_{5p_2}} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_{p4} \cdot |s_{5_2-c}|} = 525.515_{\text{мм}}$$

Проверка необходимости проведения расчета на укрепление отверстий для штуцера выхода дистиллята:

$$\text{Расч}_{\text{отв1}} := \begin{cases} \text{"Расчет укрепления отверстия штуце не требуется"} & \text{if } d_2 < d_{03} \\ \text{"Расчет укрепления отверстия штуцера необходим"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

Расч_{отв1} = "Расчет укрепления отверстия штуцера необходим"

Проверка необходимости проведения расчета на укрепления отверстий для штуцера вывода мазута:

Расч_{отв2} := $\begin{cases} \text{"Расчет укрепления отверстия штуце не требуется"} & \text{if } d_4 < d_{04} \\ \text{"Расчет укрепления отверстия штуцера необходим"} & \text{otherwise} \end{cases}$

Расч_{отв2} = "Расчет укрепления отверстия штуце не требуется"

Проверка необходимости проведения расчета на укрепления отверстий для штуцера ввода паров из стрипинга К - 2:

Расч_{отв3} := $\begin{cases} \text{"Расчет укрепления отверстия штуце не требуется"} & \text{if } d_3 < d_{01} \\ \text{"Расчет укрепления отверстия штуцера необходим"} & \text{otherwise} \end{cases}$

Расч_{отв3} = "Расчет укрепления отверстия штуце не требуется"

Проверка необходимости проведения расчета на укрепления отверстий для штуцера люк-лаза верхней обечайки:

Расч_{отв4} := $\begin{cases} \text{"Расчет укрепления отверстия штуце не требуется"} & \text{if } d_1 < d_{01} \\ \text{"Расчет укрепления отверстия штуцера необходим"} & \text{otherwise} \end{cases}$

Расч_{отв4} = "Расчет укрепления отверстия штуцера необходим"

Проверка необходимости проведения расчета на укрепления отверстий для штуцера входа сырья, люка-лаза на нижней обечайки:

Расч_{отв5} := $\begin{cases} \text{"Расчет укрепления отверстия штуце не требуется"} & \text{if } d_3 < d_{02} \wedge d_1 < d_{02} \\ \text{"Расчет укрепления отверстия штуцера необходим"} & \text{otherwise} \end{cases}$

Расч_{отв5} = "Расчет укрепления отверстия штуцера необходим"

3.5.4 Расчет укрепления отверстий

Расчет укрепления отверстия штуцера входа сырья: [11]

Для дальнейшего расчета необходимо определить расчетную толщину стенки патрубка:

$$s_{p_ш1} := \max\left(\frac{P_{рас} \cdot d_3}{2 \cdot \sigma_D \cdot \phi - P_{рас}}, \frac{P_i \cdot d_3}{2 \cdot \sigma_{и20} \cdot \phi - P_i}\right) = 0.953 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина стеки патрубка штуцера:

$$s_{и_ш1} := s_{p_ш1} + c = 5.853 \text{ мм}$$

Принимаем толщину патрубка штуцера:

$$s_{ш1} := 1C_{\text{мм}}$$

Укрепление отверстий осуществляется за счет укрепляющего кольца:

$$\sigma_D = 130.5 \text{ МПа}$$

Допускаемые напряжение для материала внешней части штуцер при расчетной температуре:

$$\sigma_{Д1} := \sigma_D = 130.5 \text{ МПа}$$

Допускаемые напряжение для материала накладного кольца при расчетной температуре:

$$\sigma_{Д2} := \sigma_D = 130.5 \text{ МПа}$$

Отношения допускаемых напряжений:

-для внешней части штуцера:

$$\chi_1 := \min\left(1, \frac{\sigma_{Д1}}{\sigma_D}\right) = 1$$

для накладного кольца:

$$\chi_2 := \min\left(1, \frac{\sigma_{Д2}}{\sigma_D}\right) = 1$$

Толщина укрепляющего кольца: (задаем конструктивно)

$$s_5 := 6 \text{ мм}$$

Расчетная ширина накладного кольца:

$$l_2 := \text{cei}\left[\sqrt{D_{p2} \cdot (s_2 + s_5 - c)}\right] = 298 \text{ мм}$$

Принимаем ширину накладного кольца:

$$l_2 := 300 \text{ мм}$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
						74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Длина внешней части штуцера:

$$l_1 := 1.25 \cdot \sqrt{d_3 + 2 \cdot c} \cdot |s_{ш1} - c| = 57.838_{\text{мм}}$$

Принимаем длину патрубка конструктивно для удобства монтажа:

$$l_{ш} := 180_{\text{мм}}$$

Расчетный диаметр отверстия, не требующий дополнительного укрепления:

$$d_{ор} := 0.4 \cdot \sqrt{D_{p2} \cdot |s_2 - c|} = 100.733_{\text{мм}}$$

$$A_1 := l_1 \cdot |s_{ш1} - s_{p_{ш1}} - c| \cdot \chi_1 + l_2 \cdot s_5 \cdot \chi_2 = 2.547 \times 10^3 \text{ мм}^2$$

$$A_2 := 0.5 \cdot |d_1 - d_{ор}| \cdot s_{ш1} = 2.046 \times 10^3 \text{ мм}^2$$

Условие укрепления штуцера:

$$\text{усл}_{\text{укрепления1}} := \begin{cases} \text{"условие укрепления отверстия выполняется"} & \text{if } A_1 \geq A_2 \\ \text{"условие не выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{усл}_{\text{укрепления1}} = \text{"условие укрепления отверстия выполняется"}$$

Ширина зоны укрепления в обечайке:

$$L_{\text{олюк}} := \sqrt{D_{p2} \cdot |s_2 - c|} = 251.833_{\text{мм}}$$

Расчетная ширина зоны укрепления в обечайке:

$$l_p := L_{\text{олюк}} = 251.833_{\text{мм}}$$

Коэффициент понижение прочности:

$$K_1 := 1$$

$$V := \frac{1 + \frac{l_1 \cdot |s_{ш1} - c| \cdot \chi_1 + l_2 \cdot s_5 \cdot \chi_2}{l_p \cdot |s_2 - c|}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_3 - d_{02}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{400 + 2 \cdot c}{D_{p2}} \cdot \frac{\phi}{\phi} \cdot \frac{l_1}{l_p}} = 1.509$$

Допускаемое давление штуцера при рабочих условиях:

$$P_{д_{ш1}} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot |s_{ш1} - c| \cdot \phi \cdot \sigma_{Д1} \cdot V}{400 + |s_{ш1} - c| \cdot V} = 4.925 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление штуцера при гидроиспытаниях:

$$P_{д_{ш2}} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot |s_{ш1} - c| \cdot \phi \cdot \sigma_{и20} \cdot V}{400 + |s_{ш1} - c| \cdot V} = 10.304 \text{ МПа}$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

Проверка условия прочности стенок, штуцера при рабочих условиях:

$$\text{Условие}_{\text{прочности_шт1}} := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } P_{\text{д_шт1}} \geq P_{\text{рас}} \\ \text{"Условие НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Условие}_{\text{прочности_шт1}} = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

$$P_{\text{д_шт1}} = 4.925 \text{ МПа} \quad P_{\text{рас}} = 0.484 \text{ МПа}$$

Проверка условия прочности стенок, штуцера при гидроиспытаниях:

$$\text{Условие}_{\text{прочности_шт2}} := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } P_{\text{д_шт2}} \geq P_{\text{и}} \\ \text{"Условие НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Условие}_{\text{прочности_шт2}} = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

$$P_{\text{д_шт2}} = 10.304 \text{ МПа} \quad P_{\text{и}} = 1.266 \text{ МПа}$$

Расчет укрепления отверстия штуцера выхода дистиллята:

Для дальнейшего расчета необходимо определить расчетную толщину стенки патрубка:

$$s_{\text{р_шт1}} := \max \left(\frac{P_{\text{рас}} \cdot d_2}{2 \cdot \sigma_{\text{Д}} \cdot \phi - P_{\text{рас}}}, \frac{P_{\text{и}} \cdot d_2}{2 \cdot \sigma_{\text{и20}} \cdot \phi - P_{\text{и}}} \right) = 1.882 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина стенки патрубка штуцера:

$$s_{\text{и_шт1}} := s_{\text{р_шт1}} + c = 6.782 \text{ мм}$$

Принимаем толщину патрубка штуцера:

$$s_{\text{шт1}} := 1C_{\text{мм}}$$

Укрепление отверстий осуществляется за счет укрепляющего кольца:

$$\sigma_{\text{Д}} = 130.5 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для материала внешней части штуцера при расчетной температуре:

$$\sigma_{\text{д}} := \sigma_{\text{Д}} = 130.5 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для материала накладного кольца при расчетной температуре:

$$\sigma_{\text{кр}} := \sigma_{\text{Д}} = 130.5 \text{ МПа}$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

Отношения допускаемых напряжений:

-для внешней части штуцера:

$$\chi_{1w} := \min\left(1, \frac{\sigma_{D1}}{\sigma_D}\right) = 1$$

для накладного кольца:

$$\chi_{2w} := \min\left(1, \frac{\sigma_{D2}}{\sigma_D}\right) = 1$$

Толщина укрепляющего кольца: (задаемся конструктивно)

$$s_5 := 1c_{\text{мм}}$$

Расчетная ширина накладного кольца:

$$l_2 := \text{ceiling}\left[\sqrt{D_{p3} \cdot |s_{4p_2} + s_5 - c|}\right] = 308_{\text{мм}}$$

Принимаем ширину накладного кольца:

$$l_2 := 35c_{\text{мм}}$$

Длина внешней части штуцера:

$$l_1 := 1.25 \cdot \sqrt{|d_3 + 2 \cdot c| \cdot |s_{ш1} - c|} = 57.838_{\text{мм}}$$

Принимаем длину патрубка конструктивно для удобства монтажа:

$$l_1 := 18c_{\text{мм}}$$

Расчетный диаметр отверстия, не требующий дополнительного укрепления,

$$d_{\text{ор}} := 0.4 \cdot \sqrt{D_{p3} \cdot |s_{4p_2} - c|} = 61.297_{\text{мм}}$$

$$A_1 := l_1 \cdot |s_{ш1} - s_{p_ш1} - c| \cdot \chi_1 + l_2 \cdot s_5 \cdot \chi_2 = 4.079 \times 10^3 \text{ мм}^2$$

$$A_2 := 0.5 \cdot |d_2 - d_{\text{ор}}| \cdot s_{ш1} = 3.744 \times 10^3 \text{ мм}^2$$

Условие укрепления штуцера:

$$\text{усл}_{\text{укрепления1}} := \begin{cases} \text{"условие укрепления отверстия выполняется"} & \text{if } A_1 \geq A_2 \\ \text{"условие не выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{усл}_{\text{укрепления1}} = \text{"условие укрепления отверстия выполняется"}$$

Ширина зоны укрепления в обечайке:

$$L_{\text{обч}} := \sqrt{D_{p3} \cdot |s_{4_1} - c|} = 326.968_{\text{мм}}$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

Расчетная ширина зоны укрепления в обечайке:

$$l_p := L_{\text{Олюк}} = 326.968 \text{ мм}$$

Коэффициент понижение прочности:

$$K_1 := 1$$

$$V := \frac{1 + \frac{l_1 \cdot (s_{\text{ш1}} - c) \cdot \chi_1 + l_2 \cdot s_5 \cdot \chi_2}{l_p \cdot (s_{4_1} - c)}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_2 - d_{03}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{800 + 2 \cdot c}{D_{p3}} \cdot \frac{\phi}{\phi} \cdot \frac{l_1}{l_p}} = 1.499$$

Допускаемое давление штуцера при рабочих условиях:

$$P_{\text{д_шт1}} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{\text{ш1}} - c) \cdot \phi \cdot \sigma_{\text{Д1}} \cdot V}{800 + (s_{\text{ш1}} - c) \cdot V} = 2.471 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление штуцера при гидроиспытаниях:

$$P_{\text{д_шт2}} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{\text{ш1}} - c) \cdot \phi \cdot \sigma_{\text{и20}} \cdot V}{800 + (s_{\text{ш1}} - c) \cdot V} = 5.169 \text{ МПа}$$

Проверка условия прочности стенок, штуцера при рабочих условиях:

$$\text{Условие}_{\text{прочности_шт1}} := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } P_{\text{д_шт1}} \geq P_{\text{рас}} \\ \text{"Условие НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Условие}_{\text{прочности_шт1}} = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

$$P_{\text{д_шт1}} = 2.471 \text{ МПа} \quad P_{\text{рас}} = 0.484 \text{ МПа}$$

Проверка условия прочности стенок, штуцера при гидроиспытаниях:

$$\text{Условие}_{\text{прочности_шт2}} := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } P_{\text{д_шт2}} \geq P_{\text{и}} \\ \text{"Условие НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Условие}_{\text{прочности_шт2}} = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

$$P_{\text{д_шт2}} = 5.169 \text{ МПа} \quad P_{\text{и}} = 1.266 \text{ МПа}$$

Расчет укрепления отверстия штуцера люка-лаза для нижней обечайки:

Для дальнейшего расчета необходимо определить расчетную толщину стенки патрубка:

$$s_{\text{р_шт}} := \max \left(\frac{P_{\text{рас}} \cdot d_1}{2 \cdot \sigma_{\text{Д}} \cdot \phi - P_{\text{рас}}}, \frac{P_{\text{и}} \cdot d_1}{2 \cdot \sigma_{\text{и20}} \cdot \phi - P_{\text{и}}} \right) = 1.185 \text{ мм}$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

Исполнительная толщина стеки патрубка штуцера:

$$s_{\text{шт1}} := s_{p_шт1} + c = 6.085_{\text{мм}}$$

Принимаем толщину патрубка штуцера:

$$s_{\text{шт1}} := 12_{\text{мм}}$$

Укрепление отверстий осуществляется за счет укрепляющего кольца:

$$\sigma_{\text{д}} = 130.5_{\text{мм}}$$

Допускаемые напряжение для материала внешней части штуцер при расчетной температуре:

$$\sigma_{\text{д1}} := \sigma_{\text{д}} = 130.5_{\text{мм}}$$

Допускаемые напряжение для материала накладного кольца при расчетной температуре:

$$\sigma_{\text{д2}} := \sigma_{\text{д}} = 130.5_{\text{мм}}$$

Отношения допускаемых напряжений:

-для внешней части штуцера:

$$\chi_{\text{шт}} := \min \left(1, \frac{\sigma_{\text{д1}}}{\sigma_{\text{д}}} \right) = 1$$

для накладного кольца:

$$\chi_{\text{к}} := \min \left(1, \frac{\sigma_{\text{д2}}}{\sigma_{\text{д}}} \right) = 1$$

Толщина укрепляющего кольца: (задаем конструктивно)

$$s_5 := 6_{\text{мм}}$$

Расчетная ширина накладного кольца:

$$l_2 := \text{ceiling} \left[\sqrt{D_{p2} \cdot (s_2 + s_5 - c)} \right] = 298_{\text{мм}}$$

Принимаем ширину накладного кольца:

$$l_2 := 300_{\text{мм}}$$

Длина внешней части штуцера:

$$l_1 := 1.25 \cdot \sqrt{(d_1 + 2 \cdot c) \cdot (s_{\text{шт}} - c)} = 75.938_{\text{мм}}$$

Принимаем длину патрубка конструктивно для удобства монтажа:

$$l_1 := 180_{\text{мм}}$$

Расчетный диаметр отверстия, не требующий дополнительного укрепления,

$$d_{ор} := 0.4 \cdot \sqrt{D_{p2} \cdot |d_1 - c|} = 582.604_{\text{мм}}$$

$$A_1 := l_1 \cdot |s_{ш1} - s_{p_{ш1}} - c| \cdot \chi_1 + l_2 \cdot s_5 \cdot \chi_2 = 2.865 \times 10^3 \text{ мм}^2$$

$$A_2 := 0.5 \cdot |d_1 - d_{ор}| \cdot s_{ш1} = -435.623_{\text{мм}^2}$$

Условие укрепления штуцера:

$$\text{усл}_{\text{укрепления1}} := \begin{cases} \text{"условие укрепления отверстия выполняется"} & \text{if } A_1 \geq A_2 \\ \text{"условие не выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{усл}_{\text{укрепления1}} = \text{"условие укрепления отверстия выполняется"}$$

Ширина зоны укрепления в обечайке:

$$L_{\text{люк}} := \sqrt{D_{p2} \cdot |s_2 - c|} = 251.833_{\text{мм}}$$

Расчетная ширина зоны укрепления в обечайке:

$$l_1 := L_{\text{люк}} = 251.833_{\text{мм}}$$

Коэффициент понижение прочности:

$$K_1 := 1$$

$$V := \frac{1 + \frac{l_1 \cdot |s_{ш1} - c| \cdot \chi_1 + l_2 \cdot s_5 \cdot \chi_2}{l_p \cdot |s_2 - c|}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_1 - d_{ор}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{500 + 2 \cdot c}{D_{p2}} \cdot \frac{\phi}{\phi} \cdot \frac{l_1}{l_p}} = 1.338$$

Допускаемое давление штуцера при рабочих условиях:

$$P_{\text{д_шт1}} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot |s_{ш1} - c| \cdot \phi \cdot \sigma_{Д1} \cdot V}{500 + |s_{ш1} - c| \cdot V} = 4.867 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление штуцера при гидроиспытаниях:

$$P_{\text{д_шт2}} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot |s_{ш1} - c| \cdot \phi \cdot \sigma_{и20} \cdot V}{500 + |s_{ш1} - c| \cdot V} = 10.181 \text{ МПа}$$

Проверка условия прочности стенок, штуцера при рабочих условиях:

$$\text{Условие}_{\text{прочности_шт1}} := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } P_{\text{д_шт1}} \geq P_{\text{рас}} \\ \text{"Условие НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Условие}_{\text{прочности_шт1}} = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

$$P_{д_шт1} = 4.867 \text{ МПа} \quad P_{рас} = 0.484 \text{ МПа}$$

Проверка условия прочности стенок, штуцера при гидроиспытаниях:

$$\text{Условие прочности_шт2} := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } P_{д_шт2} \geq P_{и} \\ \text{"Условие НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Условие прочности_шт2} = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

$$P_{д_шт2} = 10.181 \text{ МПа} \quad P_{и} = 1.266 \text{ МПа}$$

Расчет укрепления отверстия штуцера люка-лаза для нижней обечайки:

Для дальнейшего расчета необходимо определить расчетную толщину стенки патрубка:

$$s_{р_шт1} := \max \left(\frac{P_{рас} \cdot d_1}{2 \cdot \sigma_{д} \cdot \phi - P_{рас}}, \frac{P_{и} \cdot d_1}{2 \cdot \sigma_{и20} \cdot \phi - P_{и}} \right) = 1.185 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина стенки патрубка штуцера:

$$s_{шт1} := s_{р_шт1} + c = 6.085 \text{ мм}$$

Принимаем толщину патрубка штуцера:

$$s_{шт1} := 12 \text{ мм}$$

Укрепление отверстий осуществляется за счет укрепляющего кольца:

$$\sigma_{д} = 130.5 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для материала внешней части штуцер при расчетной температуре:

$$\sigma_{д1} := \sigma_{д} = 130.5 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для материала накладного кольца при расчетной температуре:

$$\sigma_{д2} := \sigma_{д} = 130.5 \text{ МПа}$$

Отношения допускаемых напряжений:

-для внешней части штуцера:

$$\chi_{1} := \min \left(1, \frac{\sigma_{д1}}{\sigma_{д}} \right) = 1$$

для накладного кольца:

$$\chi_{2} := \min \left(1, \frac{\sigma_{д2}}{\sigma_{д}} \right) = 1$$

Толщина укрепляющего кольца: (задаемся конструктивно)

$$s_5 := c_{\text{мм}}$$

Расчетная ширина накладного кольца:

$$l_2 := \text{cei} \left[\sqrt{D_{p2} \cdot |s_1 + s_5 - c|} \right] = 298 \text{ мм}$$

Принимаем ширину накладного кольца:

$$l_2 := 300 \text{ мм}$$

Длина внешней части штуцера:

$$l_1 := 1.25 \cdot \sqrt{|d_1 + 2 \cdot c| \cdot |s_{ш1} - c|} = 75.938 \text{ мм}$$

Принимаем длину патрубка конструктивно для удобства монтажа:

$$l_1 := 180 \text{ мм}$$

Расчетный диаметр отверстия, не требующий дополнительного укрепления,

$$d_{ор} := 0.4 \cdot \sqrt{D_{p1} \cdot |d_1 - c|} = 531.842 \text{ мм}$$

$$A_1 := l_1 \cdot |s_{ш1} - s_{p_{ш1}} - c| \cdot \chi_1 + l_2 \cdot s_5 \cdot \chi_2 = 2.865 \times 10^3 \text{ мм}^2$$

$$A_2 := 0.5 \cdot |d_1 - d_{ор}| \cdot s_{ш1} = -131.052 \text{ мм}^2$$

Условие укрепления штуцера:

$$\text{усл}_{\text{укрепления1}} := \begin{cases} \text{"условие укрепления отверстия выполняется"} & \text{if } A_1 \geq A_2 \\ \text{"условие не выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

усл_{укрепления1} = "условие укрепления отверстия выполняется"

Ширина зоны укрепления в обечайке:

$$L_{\text{люк}} := \sqrt{D_{p1} \cdot |s_1 - c|} = 229.891 \text{ мм}$$

Расчетная ширина зоны укрепления в обечайке:

$$l_p := L_{\text{люк}} = 229.891 \text{ мм}$$

Коэффициент понижение прочности:

$$K_1 := 1$$

$$V := \frac{1 + \frac{l_1 \cdot |s_{ш1} - c| \cdot \chi_1 + l_2 \cdot s_5 \cdot \chi_2}{l_p \cdot |s_1 - c|}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_1 - d_{01}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{500 + 2 \cdot c}{D_{p1}} \cdot \frac{\phi}{\phi} \cdot \frac{l_1}{l_p}} = 1.617$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

Допускаемое давление штуцера при рабочих условиях:

$$P_{д_шт1} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot |s_{шт1} - c| \cdot \phi \cdot \sigma_{Д1} \cdot V}{500 + |s_{шт1} - c| \cdot V} = 5.859 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление штуцера при гидроиспытаниях:

$$P_{д_шт2} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot |s_{шт1} - c| \cdot \phi \cdot \sigma_{и20} \cdot V}{500 + |s_{шт1} - c| \cdot V} = 12.256 \text{ МПа}$$

Проверка условия прочности стенок, штуцера при рабочих условиях:

$$\text{Условие}_{\text{прочности_шт1}} := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } P_{д_шт1} \geq P_{\text{рас}} \\ \text{"Условие НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Условие}_{\text{прочности_шт1}} = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

$$P_{д_шт1} = 5.859 \text{ МПа} \quad P_{\text{рас}} = 0.484 \text{ МПа}$$

Проверка условия прочности стенок, штуцера при гидроиспытаниях:

$$\text{Условие}_{\text{прочности_шт2}} := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } P_{д_шт2} \geq P_{и} \\ \text{"Условие НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Условие}_{\text{прочности_шт2}} = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

$$P_{д_шт2} = 12.256 \text{ МПа} \quad P_{и} = 1.266 \text{ МПа}$$

3.5.5 Расчёт клапанной тарелки

Подбираем тарелку типа ТКП согласно [21]

Тарелки исполнения III, IV, V диаметром 1800-6400 мм.

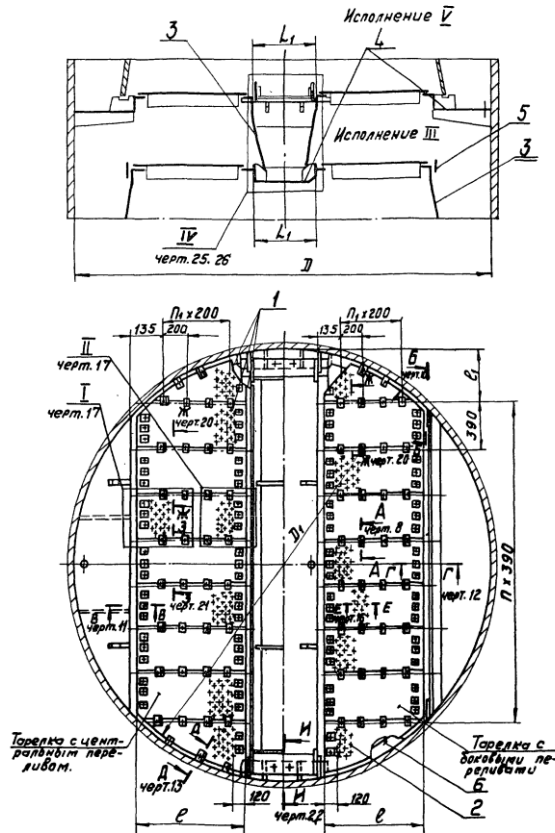


Рисунок 18 - клапанная тарелка.

Материал тарелки: Сталь 09Г2С

Диск тарелки представляет собой круглую пластину, опёртую по контуру и нагруженную равномерной нагрузкой от собственного веса и веса жидкости.

Определение толщины тарелки:

согласно [8]

$K := 0.3$ - Коэффициент, зависящий от способа закрепления стенки.

Коэффициент ослабления тарелки отверстиями:

Расстояние между центрами отверстий на тарелке: $t := 10c_{\text{мм}}$

- Меньшая сторона стенки

$$b_{\text{мм}} := 39c_{\text{мм}}$$

Предел текучести для материала тарелки: в рабочих условиях $t_{\text{раб}} := 380^{\circ}\text{C}$

$$\tau_{\text{тар}} := \text{Floor} \left[\text{interp} \left[\left(\frac{375}{400} \right), \left(\frac{375}{400} \right), t_{\text{раб}}, 0.5 \right], 0.5 \right] = 380 \text{ Па}$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист 84
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Запас прочности:

$$n_T := 1.1$$

Поправочный коэффициент, учитывающий условия эксплуатации аппарата:

$$\eta_T := 0.9$$

Допускаемое напряжение на изгиб для материала тарелки:

$$\sigma_{из} := \frac{\tau_{гар}}{n_T} \cdot \eta_T = 310.909 \text{ МПа}$$

Ускорение свободного падения:

$$g = 9.8 \text{ м/с}^2$$

Высота слоя жидкости на тарелки:

$$h := 0.0 \text{ м}$$

Плотность жидкости на тарелки:

$$\rho_{жид} := 760 \text{ кг/м}^3$$

Масса человека, назначаем конструктивно:

$$W_0 := 100 \text{ кг}$$

Масса тарелки:

$$W_T := 90 \text{ кг}$$

Нагрузка на тарелку:

$$Q := W_0 \cdot g + W_T \cdot g = 9.8 \times 10^3 \text{ Н}$$

Удельная нагрузка на единицу площади тарелки [22, стр. 103]

$$p := \frac{4 \cdot Q}{4.2^2 \cdot \pi} = 707.355 \text{ Па}$$

Диаметр 4.2 мм:

$$p_w := \frac{p}{10^6} = 7.074 \times 10^{-4} \text{ МПа}$$

Давление гидравлического столба, действующее на тарелку:

$$p_r := \frac{g \cdot \rho_{жид} \cdot h}{10^6} = 4.469 \times 10^{-4} \text{ МПа}$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

Расчетная толщина тарелки:

$$s_{\text{тар}} := K \cdot b \cdot \sqrt{\frac{p + p_{\Gamma}}{\sigma_{\text{из}} \cdot \phi}} = 0.271 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина тарелки:

$$S_{\text{итар}} := S_{\text{тар}} + c_1 = 2,271_{\text{мм}}$$

Прибавка на коррозию

$$c_1 = 2 \text{ мм}$$

Принимаем толщину тарелки:

$$s_{\Gamma} := 4 \text{ мм}$$

Расчет на прогиб тарелки

Коэффициент для жестко закрепленной по периметру секции равен:

$$K_c := 0.020$$

Модуль упругости материала тарелки:

$$E_{\text{тар}} := \text{Floor} \left[\text{interp} \left[\begin{pmatrix} 350 \\ 400 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1.64 \cdot 10^5 \\ 1.55 \cdot 10^5 \end{pmatrix}, t_{\text{раб}}, 0.5 \right] \right] = 1.586 \times 10^5 \text{ МПа}$$

Согласно [8]

Относительный прогиб:

$$y := K_c \cdot \frac{b^4 \cdot p}{E_{\text{тар}} \cdot s_{\Gamma}} = 0.213 \text{ мм}$$

Прогиб тарелки не должен быть больше 2 мм, условие выполняется.

$$\text{Проверка}_{\text{тар}} := \begin{cases} \text{"Прогиб нормальный"} & \text{if } y < 2 \\ \text{"Увеличить толщину тарелки"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Прогиб нормальный"}$$

Расчет на поперечный изгиб

Согласно [21]

Периметр слива:

$$P_{\text{пер}} := 3700 \text{ мм}$$

Коэффициент, зависящий от способа закрепления ребра на аппарат, не жесткое закрепление:

$$K_{\text{ребра}} := 8$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

Предельно расчетный момент сопротивления укрепляющего ребра:

$$W_p := \frac{\left(\frac{b}{3}\right)^2 \cdot \left(\frac{\Pi_{\text{пер}}}{3}\right) \cdot p}{2 \cdot K_{\text{ребра}} \cdot \sigma_{\text{из}}} = 4.229 \text{ мм}^3$$

Выбираем уголок согласно [27] "Уголок 35x35 ГОСТ 8509-93" с $W_p=0.93 \text{ см}^3$

Расчет веса аппарата

Диаметр внутренний верха колонны:

$$D_1 := 3.4 \text{ м}$$

Диаметр внутренний низа колонны:

$$D_2 := 4.4 \text{ м}$$

Толщина стенки обечайки верха:

$$s_1 := 0.04 \text{ м}$$

Толщина стенки обечайки низа:

$$s_2 := 0.04 \text{ м}$$

Высота верхней обечайки:

$$H_1 := 8 \text{ м}$$

Высота нижней обечайки:

$$H_2 := 27 \text{ м}$$

Плотность материала сталь 09Г2С

$$\rho_{\text{мет}} := 7850 \text{ кг/м}^3$$

Вес обечайки верха:

$$G_1 := \pi \cdot \left[\frac{(D_1 + 2 \cdot s_1)^2 - D_1^2}{4} \right] \cdot H_1 \cdot \rho_{\text{мет}} \cdot g = 1.36 \times 10^5 \text{ Н}$$

Вес обечайки низа:

$$G_2 := \pi \cdot \left[\frac{(D_2 + 2 \cdot s_2)^2 - D_2^2}{4} \right] \cdot H_2 \cdot \rho_{\text{мет}} \cdot g = 5.528 \times 10^5 \text{ Н}$$

Высота конического перехода:

$$H_3 := 0.4 \text{ м}$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

Объем усеченного конуса 1:

$$V_1 := \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot H_3 \cdot \left[\left(\frac{D_2}{2} \right)^2 + \frac{D_1}{2} \cdot \frac{D_2}{2} + \left(\frac{D_1}{2} \right)^2 \right] = 10.506 \text{ м}^3$$

Объем усеченного конуса 2:

$$V_2 := \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot H_3 \cdot \left[\left(\frac{D_2 + 2 \cdot s_2}{2} \right)^2 + \frac{|D_1 + 2 \cdot s_1|}{2} \cdot \frac{|D_2 + 2 \cdot s_2|}{2} + \left(\frac{D_1 + 2 \cdot s_1}{2} \right)^2 \right] = 10.725 \text{ м}^3$$

Объем металла конического перехода:

$$V_{\text{мет}} := V_2 - V_1 = 0.219 \text{ м}^3$$

Вес усеченного конуса:

$$G_3 := V_{\text{мет}} \cdot \rho_{\text{мет}} \cdot g = 1.684 \times 10^4 \text{ Н}$$

Вес пустого аппарата:

$$G_{\text{ап1}} := G_1 + G_2 + G_3 = 7.057 \times 10^5 \text{ Н}$$

Вес жидкости внутри корпуса при гидроиспытании:

$$G_{\text{жид}} := \left[H_1 \cdot \left(\pi \cdot \frac{D_1^2}{4} \right) + H_2 \cdot \left(\pi \cdot \frac{D_2^2}{4} \right) + V_1 \right] \cdot \rho_{\text{вод}} \cdot g = 4.528 \times 10^6 \text{ Н}$$

Вес аппарата, заполненного жидкостью при гидроиспытании:

$$G_{\text{ап2}} := G_{\text{ап1}} + G_{\text{жид}} = 5.233 \times 10^6 \text{ Н}$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

4. Контроль при ремонте. Испытания

Контроль выполняемых работ при ремонте осуществляется на каждом этапе для обеспечения их надлежащего качества.

Для обеспечения безотказной работы ректификационной колонны должны разрабатываться и вводиться в действие приказом по предприятию инструкции по эксплуатации, регламентирующие безотказную работу оборудования на данном предприятии.

Ректификационная колонна работает под давлением, поэтому она подлежит полному техническому освидетельствованию, включающему в себя внутренний осмотр и гидравлические испытания.

Администрация должна периодически (не реже одного раза в два года) организовывать обследование аппарата силами служб предприятия. Первичное и внеочередное техническое освидетельствование, а также периодическое техническое освидетельствование аппарата проводятся лицом, ответственным по надзору за исправным состоянием и безопасной эксплуатацией сосуда. День проведения технического освидетельствования аппарата устанавливается администрацией предприятия.

Первичное техническое освидетельствование проводится до монтажа перед пуском аппарата в эксплуатацию. Оно включает проведение внутреннего и наружного осмотров аппарата, проверку комплектности и соответствия аппарата сопроводительной документации и паспорту, проверку правильности монтажа и установки, обвязки аппарата технологическими трубопроводами, правильности установки и исправности контрольно-измерительных приборов, а также проведение гидравлических испытаний (при необходимости). При осмотре контролируют качество сварных швов неразрушающими методами, горизонтальность тарелок, герметичность фланцевых соединений.

					ВКР.241000.00.00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	4. Контроль при ремонте. Испытания.	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Никитин						
Провер.		Семакина					89	
Реценз						ТПУ, 3-2К11		
Н. Контр.								
Утверд.								

Первичное гидравлическое испытание ректификационной колонны производится в горизонтальном положении под давлением 1,112МПа.

Гидравлическое испытание аппарата должно проводиться до проведения работ по установке наружной теплоизоляции в соответствии с требованиями п. 8.11 ГОСТ Р 526-2006. Необходимость проведения гидроиспытания перед пуском аппарата в эксплуатацию определяется п. 6.3.13 ПБ 03-576-03.

Перед началом гидравлического испытания аппарата необходимо убедиться в отсутствии внутри сосуда грязи и посторонних предметов.

Гидроиспытание аппарата в вертикальном положении проводится пробным давлением, равным 0,67МПа. Выдерживают при этом давлении 10 минут, а затем сбрасывают давление до рабочего и осматривают колонну. Давление в аппарате следует повышать и снижать плавно. Скорость подъёма и снижения не должна превышать 0,5МПа манометрами класса точности не ниже 2,5. При заполнении

аппарата водой воздух должен быть удалён полностью. Для гидравлического испытания аппарата должна применяться вода с температурой не ниже 5°С и не выше 40°С. Разность температур стенки аппарата и окружающего воздуха во время испытания не должна вызывать выпадение влаги на поверхности стенок сосуда. Использование сжатого воздуха или другого газа для подъёма давления не допускается.

Аппарат считается выдержанным гидравлическое испытание, если не обнаружено:

- течи, трещин, слёзок, потения в сварных соединениях и основном металле;
- течи в разъёмных соединениях;
- видимых остаточных деформаций;
- отсутствие падения давления по манометру.

После испытаний вода из ректификационной колонны сливается, аппарат высушивается.

Результаты проведения гидравлических испытаний оформляются актом и заносятся в паспорт аппарата.

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

5. Такелажные работы

Такелажные работы – это вертикальное, горизонтальное, наклонное перемещения оборудования в пределах монтажной площадки, а также установка, снятие и передвижка такелажных средств.

Для проведения такелажных работ используются такие приспособления как канаты, стропы, блоки, монтажные якоря, краны, лебёдки, полиспасты. Канаты бывают органические, синтетические и стальные. К органическим относятся сезалевые и пеньковые канаты. Они применяются в качестве обтяжек. К синтетическим относятся капроновые, полиэтиленовые и другие канаты. Они используются для оснастки полиспастов. Стальные, проволочные канаты используют для строп при крановом подъеме, при подъеме лебедками, мачтами, шеврами, таями. Стропы – это простейшие грузозахватные устройства в виде стального каната или цепи, с крюками или петлями. Стропы для подвешивания небольших грузов изготавливают из пеньковых или капроновых канатов.

Для монтажа колонны используется стреловой кран, грузоподъёмностью 500 тонн, лебёдки и полиспасты.

Глубина заложения фундамента определяется расчётом на устойчивость от ветровой нагрузки, над уровнем земли фундамент возвышается на высоту 750мм. В плане фундамент представляет собой окружность диаметром 5300мм. По окружности диаметром 4700мм предусмотрены 24 отверстия диаметром 55мм под фундаментные болты. Фундамент выверяют по высотным отметкам при помощи нивелира, плоскостность контролируют при помощи струны и штихмасса. Размеры фундамента контролируют рулеткой, а горизонтальность уровнем.

Колонна К-1 на место монтажа поставляется двумя блоками. Сборку колонны производят в горизонтальном положении так, чтобы верхняя часть аппарата лежала как можно ближе к фундаменту или на фундаменте, а его ось

					ВКР.241000.00.00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	5. Такелажные работы	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Никитин							
Провер.	Семакина						91	
Реценз						ТПУ, 3-2К11		
Н. Контр.								
Утверд.								

совпадала с осью крана. Съёмные элементы тарелок (полотна) поставляются отдельно и устанавливаются в корпус колонны на месте монтажа аппарата.

Перед сборкой необходимо:

- распаковать все транспортные укладки и ящики с деталями;
- проверить комплектность аппарата по комплекточным ведомостям и упаковочным листам;
- расконсервировать (при необходимости) и осмотреть все сборочные единицы и детали, убедиться в отсутствии вмятин, поломок, трещин и т.п.;
- проверить соответствие прокладок условиям эксплуатации.

Собранный аппарат подвергают гидравлическому испытанию в горизонтальном положении на давление 1,112 МПа (рисунок 5.1).

Монтаж аппарата должен осуществляться с соблюдением всех правил безопасности, установленных для отдельных видов работ, общих правил безопасности и пожарной безопасности, действующих на данном предприятии, а также в соответствии с действующими строительными нормами и правилами, на основании проекта производства работ (ППР), разработанного специализированной монтажной организацией, и в соответствии с требованиями ГОСТ 52630-2006.

Строповка колонны должна производиться за специальные строповые устройства, расположенные выше центра масс, в соответствии со схемой строповки приведённой на рисунке 5.2, разработанной предприятием-изготовителем и указанной в рабочей документации, а также согласно схеме, принятой в проекте производства работ.

Запрещается:

- осуществлять строповку за штуцеры, люки, и другие выступающие части изделия, непредназначенные для этой цели;
- сбрасывать с платформ ящики с комплектующими деталями;
- транспортировка волоком, разгрузка скатыванием или опрокидывание аппарата.

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

Монтаж и выверка колонны при её установке производится согласно ОСТ 36-18-77 и инструкции ВСН 351-88 ММСС СССР. Монтаж колонны производится полностью в собранном виде при помощи стрелового крана методом скольжения. К нижней части аппарата крепят 2 оттяжных троса, свободные концы которых наматывают на барабаны лебёдок. Затем нижний конец аппарата укладывают на сани и надёжно крепят к ним при помощи троса, но так, чтобы аппарат мог поворачиваться вокруг точки крепления во время подъёма. К саням крепят трос, второй конец которого закрепляют на лебёдке, тракторе или полиспасте.

Колонный аппарат стропуют за верхнюю часть и начинают поднимать при помощи стрелового крана. Приподняв верхнюю часть колонны на 3-4м, подтаскивают сани в сторону фундамента до тех пор, пока полиспасты не примут вертикального положения. Подобным образом производят подъёмы и подтаскивания до тех пор, пока сани не приблизятся к фундаменту. В этом положении отвязывают сани от аппарата, поднимают его на 15-20см над фундаментом и придают ему вертикальное положение при помощи оттяжных тросов так, чтобы отверстия в опоре находились над анкерными болтами. Затем аппарат опускают на фундамент, проверяя чтобы анкерные болты фундамента вошли в отверстия опоры аппарата.

Установленный на фундамент аппарат подвергают выверке. Выверку колонны производят в плане, по высоте, по горизонтали и вертикали, а также относительно ранее установленного оборудования с контролем отклонения от соосности, перпендикулярности и параллельности в зависимости от требований технической документации завода-изготовителя и проекта производства работ. Выверкой называют процесс установки оборудования в положение, предусмотренное проектом, с помощью специальных выверочных опорных элементов, центровочных приспособлений и грузоподъемных средств. Вертикальность корпуса колонны проверяют теодолитами, которые устанавливают в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, проходящих через ось аппарата. Проверку производят, исключив односторонний нагрев корпуса колонны солнечными лучами. Высоту расположения опорной плоскости

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
						93
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

аппарата проверяют нивелиром от нанесённой на фундаменте нивелирной метки.

Аппарату придают проектное положение, устанавливая под его опорную поверхность стальные подкладки, после чего крепят к фундаменту фундаментными болтами. Затем подливают опору цементным раствором. До окончания затяжки гаек фундаментных болтов нельзя проводить работы, которые могут вызвать смещение аппарата. Для предотвращения свинчивания гаек анкерных болтов необходимо установить контргайки.

Затем приступают к теплоизоляции корпуса колонны, монтируют лестницы и площадки для обслуживания, выполняют трубопроводную обвязку колонны, монтируют средства автоматизации.

Работы по монтажу аппарата, средств автоматизации, теплоизоляции, а также пуско-наладочные работы должны производиться специализированными организациями. Смонтированный аппарат сдают в эксплуатацию по акту.

Для удобства монтажа внутренних устройств в колонну используют кран-укосину, смонтированную на обечайке диаметром 3500мм.

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

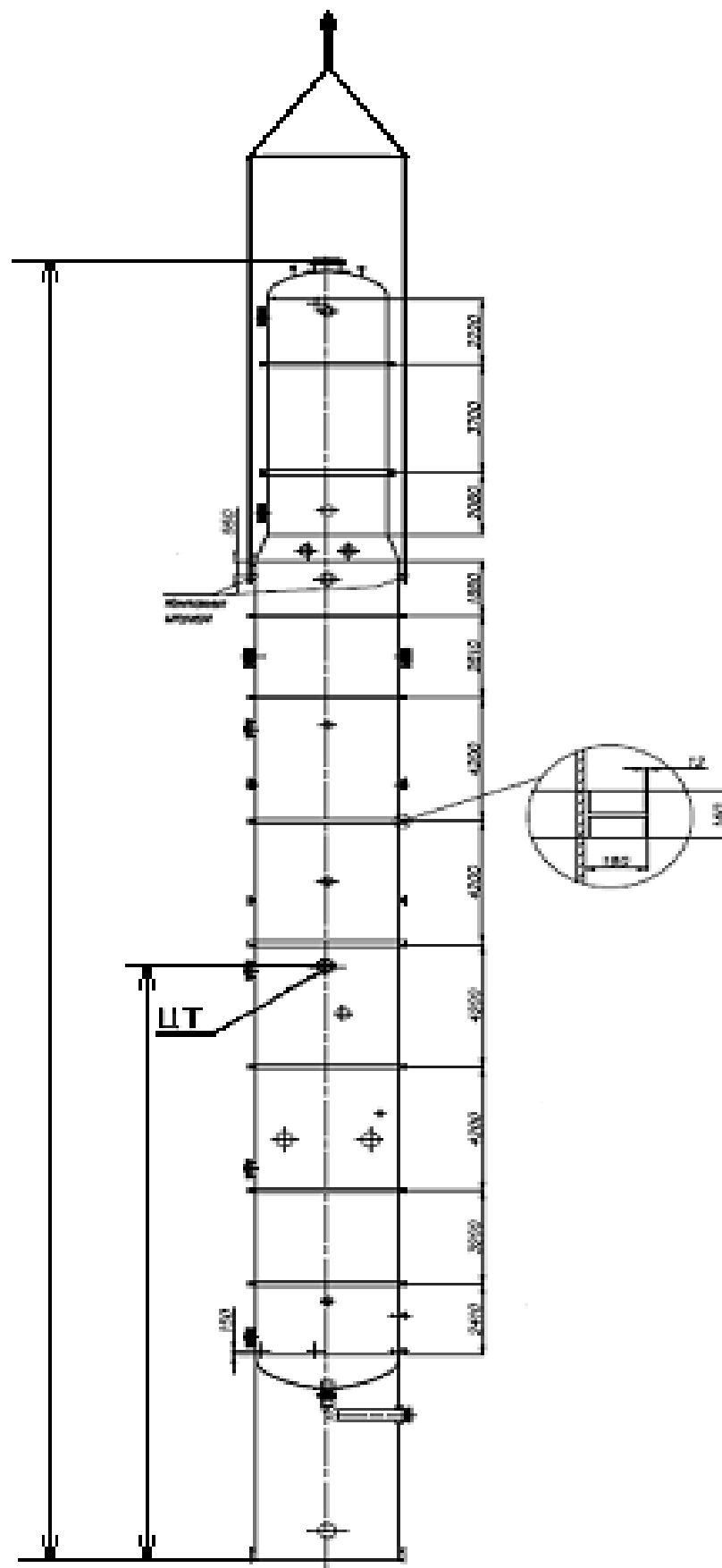


Рисунок 5.1 – Схема строповки ректификационной колонны

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.241000.00.00 ПЗ

Лист

95

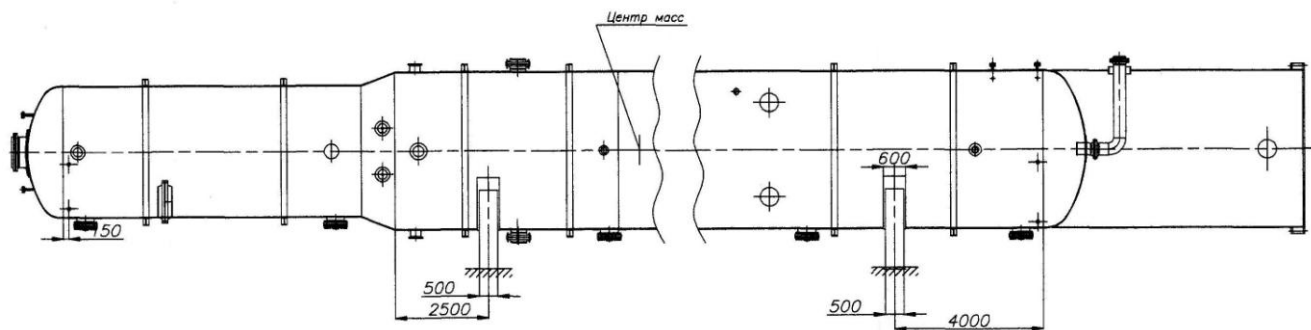


Рисунок 5.2 – Схема опирания ректификационной колонны при гидравлическом испытании в горизонтальном положении

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.241000.00.00 ПЗ

Лист

96

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-2К11	Никитин Кирилл Михайлович

Институт	ИнЭО	Кафедра	ОХТ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	241000 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» Профиль «Машины и аппараты химических производств»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка количества ремонтов оборудования	Рассчитать общее количество ремонтов определенного вида в году, рассчитать определение месяца каждого вида ремонта, рассчитать промежуток времени через которое будут производиться ремонты, рассчитать время годового простоя оборудования в ремонте
2. Оценка фонда рабочего времени во время ремонта оборудования	Рассчитать эффективный фонд рабочего времени, рассчитать трудоемкость ремонтных работ
3. Оценка расходов основных фондов и амортизационных отчислений	Рассчитать стоимость основных фондов и амортизационных отчислений
4. Оценка расходов на оплату труда рабочим	Рассчитать годовой фонд заработной платы, численности рабочих, установление графика сменности работы, расчет баланса эффективного рабочего времени одного рабочего
5. Оценка страховых взносов	Расчет страховых взносов во внебюджетные фонды
6. Оценка накладных расходов	Расчет расходов по эксплуатации оборудования, расчёт цеховых расходов, смета затрат на проведение ремонтов технологической схемы

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Нормативные показатели оборудования в системе Планово-предупредительных ремонтов
2. Структура ремонтного цикла
3. График планово-предупредительных ремонтов
4. Стоимость технологического оборудования
5. Расчёт годовой амортизации
6. Баланс рабочего времени
7. Смета затрат на проведение ремонтов
8. Техничко–экономические показатели

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Сечина Ася Александровна	к.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К11	Никитин Кирилл Михайлович		

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель раздела – рассчитать смету затрат и построить годовой график планово-предупредительных ремонтов оборудования технологической схемы на участке первичной переработки нефти.

6.1 Нормативные показатели

Нормативные показатели сведены в таблицу 6.1

Таблица 6.1

Нормативные показатели оборудования в системе Планово-предупредительных ремонтов

Наименование оборудования	Наименование производства	Длительность работы между ремонтами, час			Длительность простоя в ремонте, час			Трудоёмкость ремонта, чел/час		
		К	Т	РТО	К	Т	РТО	К	Т	РТО
Ректификационная колонна	Первичная переработка нефти	34560	2160	-	160	24	-	690	138	1
Печь для для нагрева сырья атмосферной колонны		25920	2160	720	144	36	5	164	48	8
Печь для нагрева сырья вакуумной колонны		25920	8640	720	120	28	4	144	36	5

					ВКР.241000.00.00 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Никитин				Лит.	Лист	Листов
Провер.	Сечина					99	
Реценз					ТПУ, 3-2К11		
Н. Контр.							
Утверд.							
					6. Технико-экономическое обоснование проекта		

Продолжение таблицы 6.1

Наименование оборудования	Наименование производства	Длительность работы между ремонтами, час			Длительность простоя в ремонте, час			Трудоёмкость ремонта, чел/час		
		К	Т	РТО	К	Т	РТО	К	Т	РТО
Рефлюксная ёмкость Е-5	Первичная переработка нефти	43200	4300	720	13	3	0,5	35	8	0,5
Сепаратор С-1		25920	2160	720	92	24	1,5	245	59	1,5

где К – капитальный ремонт;

Т – текущий ремонт;

РТО – регламентированное техническое обслуживание.

6.2 Структура ремонтного цикла

Структура ремонтного цикла приведена в таблице 6.2

Таблица 6.2

Структура ремонтного цикла

Наименование оборудования	Наименование производства	Структура ремонтного цикла
Ректификационная колонна	Первичная переработка нефти	В-15Т-К
Печь для для нагрева сырья атмосферной колонны		В - 2РТО – Т – 2РТО – Т – 2РТО – Т – 2РТО – Т – 2РТО – Т – 2РТО – Т – 2РТО – Т – 2РТО – Т – 2РТО – Т – 2РТО – К

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
						100

6.5 Расчет количества ремонтов определенного вида в году

Количество ремонтов определенного вида в году для технологического оборудования n_i , шт, рассчитываем по формуле

$$n_i = \frac{O \cdot K \cdot T_{\kappa} \cdot l_i}{\text{Ц}} \quad (6.3)$$

где O – количество единиц однотипного оборудования, шт;

K – коэффициент использования календарного времени, $K=1$;

l_i – количество ремонтов соответствующего вида в ремонтном цикле (из таблицы 6.2);

Ц – ремонтный цикл, час (из таблицы 6.1).

Подставляем значение в формулу :

– для ректификационной колонны

$$n_{\kappa} = \frac{O \cdot K \cdot T_{\kappa} \cdot l_i}{\text{Ц}_{\kappa}} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 8640 \cdot 1}{34560} = 0,25 \text{шт}$$

$$n_T = \frac{O \cdot K \cdot T_{\kappa} \cdot l_i}{\text{Ц}_T} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 8640 \cdot 15}{34560} = 3,75 = 4 \text{шт}$$

– для печи нагрева сырья атмосферной колонны

$$n_{\kappa} = \frac{O \cdot K \cdot T_{\kappa} \cdot l_i}{\text{Ц}} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 8640 \cdot 1}{25920} = 0,33 \text{шт}$$

$$n_T = \frac{O \cdot K \cdot T_{\kappa} \cdot l_i}{\text{Ц}_T} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 8640 \cdot 11}{25920} = 3,6 = 4 \text{шт}$$

$$n_{\text{PTO}} = \frac{O \cdot K \cdot T_{\kappa} \cdot l_i}{\text{Ц}} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 8640 \cdot 24}{25920} = 8 \text{шт}$$

– для печи нагрева сырья вакуумной колонны

$$n_{\kappa} = \frac{O \cdot K \cdot T_{\kappa} \cdot l_i}{\text{Ц}} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 8640 \cdot 1}{25920} = 0,33 \text{шт}$$

$$n_T = \frac{O \cdot K \cdot T_{\kappa} \cdot l_i}{\text{Ц}_T} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 8640 \cdot 2}{25920} = 0,66 \text{шт}$$

$$n_{PTO} = \frac{0 \cdot K \cdot T_{\kappa} \cdot l_i}{Ц_{Pmo}} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 8640 \cdot 33}{25920} = 11шт$$

– для рефлюксной ёмкости

$$n_K = \frac{0 \cdot K \cdot T_{\kappa} \cdot l_i}{Ц} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 8640 \cdot 1}{43200} = 0,2шт$$

$$n_T = \frac{0 \cdot K \cdot T_{\kappa} \cdot l_i}{Ц_T} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 8640 \cdot 9}{43200} = 1,8шт$$

$$n_{PTO} = \frac{0 \cdot K \cdot T_{\kappa} \cdot l_i}{Ц_{Pmo}} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 8640 \cdot 50}{43200} = 10шт$$

– для сепаратора

$$n_K = \frac{0 \cdot K \cdot T_{\kappa} \cdot l_i}{Ц} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 8640 \cdot 1}{25920} = 0,33шт$$

$$n_T = \frac{0 \cdot K \cdot T_{\kappa} \cdot l_i}{Ц_T} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 8640 \cdot 9}{25920} = 3шт$$

$$n_{PTO} = \frac{0 \cdot K \cdot T_{\kappa} \cdot l_i}{Ц_{Pmo}} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 8640 \cdot 24}{25920} = 8шт$$

6.6 Определение месяца проведения каждого вида ремонта

Месяц проведения каждого вида ремонта M_i , мес, рассчитываем по формуле

$$M_i = \frac{Ц_i}{K \cdot T_{cm} \cdot N_{cm}} \quad (6.4)$$

где K - коэффициент использования календарного времени, $K=1$;

l_i - количество ремонтов соответствующего вида в ремонтном цикле

(из таблицы 6.2).

Подставляем значение в формулу:

– для ректификационной колонны

$$M_{\kappa} = \frac{Ц_{\kappa}}{K \cdot T_{cm} \cdot N_{cm}} = \frac{34560}{30 \cdot 8 \cdot 3} = 48 \text{ (1 раз в 4 года)}$$

$$M_T = \frac{Ц_T}{K \cdot T_{cm} \cdot N_{cm}} = \frac{2160}{30 \cdot 8 \cdot 3} = 3 \text{ (март)}$$

– для печи нагрева сырья атмосферной колонны

$$M_{\kappa} = \frac{Ц_{\kappa}}{K \cdot T_{\text{см}} \cdot N_{\text{см}}} = \frac{25920}{30 \cdot 8 \cdot 3} = 36 \text{ (1 раз в 3 года)}$$

$$M_{\Gamma} = \frac{Ц_{\Gamma}}{K \cdot T_{\text{см}} \cdot N_{\text{см}}} = \frac{2160}{30 \cdot 8 \cdot 3} = 3 \text{ (март)}$$

$$M_{\text{РТО}} = \frac{Ц_{\text{РТО}}}{K \cdot T_{\text{см}} \cdot N_{\text{см}}} = \frac{720}{30 \cdot 8 \cdot 3} = 1 \text{ (ежемесячно)}$$

– для печи нагрева сырья вакуумной колонны

$$M_{\kappa} = \frac{Ц_{\kappa}}{K \cdot T_{\text{см}} \cdot N_{\text{см}}} = \frac{25920}{30 \cdot 8 \cdot 3} = 36 \text{ (1 раз в 3 года)}$$

$$M_{\Gamma} = \frac{Ц_{\Gamma}}{K \cdot T_{\text{см}} \cdot N_{\text{см}}} = \frac{8640}{30 \cdot 8 \cdot 3} = 12 \text{ (декабрь)}$$

$$M_{\text{РТО}} = \frac{Ц_{\text{РТО}}}{K \cdot T_{\text{см}} \cdot N_{\text{см}}} = \frac{720}{30 \cdot 8 \cdot 3} = 1 \text{ (ежемесячно)}$$

– для рефлюксной ёмкости

$$M_{\kappa} = \frac{Ц_{\kappa}}{K \cdot T_{\text{см}} \cdot N_{\text{см}}} = \frac{43200}{30 \cdot 8 \cdot 3} = 60 \text{ (1 раз в 5 лет)}$$

$$M_{\Gamma} = \frac{Ц_{\Gamma}}{K \cdot T_{\text{см}} \cdot N_{\text{см}}} = \frac{4300}{30 \cdot 8 \cdot 3} = 5,97 = 6 \text{ (июнь)}$$

$$M_{\text{РТО}} = \frac{Ц_{\text{РТО}}}{K \cdot T_{\text{см}} \cdot N_{\text{см}}} = \frac{720}{30 \cdot 8 \cdot 3} = 1 \text{ (ежемесячно)}$$

– для сепаратора

$$M_{\kappa} = \frac{Ц_{\kappa}}{K \cdot T_{\text{см}} \cdot N_{\text{см}}} = \frac{25920}{30 \cdot 8 \cdot 3} = 36 \text{ (1 раз в 3 года)}$$

$$M_{\Gamma} = \frac{Ц_{\Gamma}}{K \cdot T_{\text{см}} \cdot N_{\text{см}}} = \frac{2160}{30 \cdot 8 \cdot 3} = 3 \text{ (март)}$$

$$M_{\text{РТО}} = \frac{Ц_{\text{РТО}}}{K \cdot T_{\text{см}} \cdot N_{\text{см}}} = \frac{720}{30 \cdot 8 \cdot 3} = 1 \text{ (ежемесячно)}$$

6.7 Расчёт промежутка времени через которое будут производиться ремонты

Время, через которое производятся соответствующие ремонты, M_i , рассчитываем по формуле

$$t_i = M_i \tag{6.5}$$

где M_i - месяц проведения ремонта, мес (из формулы (6.5)).

Подставляем значение в формулу:

– для ректификационной колонны

$$m_k = M_k = 48 \text{ мес}$$

$$m_T = M_T = 3 \text{ мес}$$

– для печи нагрева сырья атмосферной колонны

$$m_k = M_k = 36 \text{ мес}$$

$$m_T = M_T = 3 \text{ мес}$$

$$m_{PTO} = M_{PTO} = 1 \text{ мес}$$

– для печи нагрева сырья вакуумной колонны

$$m_k = M_k = 36 \text{ мес}$$

$$m_T = M_T = 12 \text{ мес}$$

$$m_{PTO} = M_{PTO} = 1 \text{ мес}$$

– для рефлюксной ёмкости

$$m_k = M_k = 60 \text{ мес}$$

$$m_T = M_T = 6 \text{ мес}$$

$$m_{PTO} = M_{PTO} = 1 \text{ мес}$$

– для сепаратора

$$m_k = M_k = 36 \text{ мес}$$

$$m_T = M_T = 3 \text{ мес}$$

$$m_{PTO} = M_{PTO} = 1 \text{ мес}$$

6.8 Расчёт годового простоя оборудования в ремонте

Годовой простой оборудования в ремонте T_{np} , час, рассчитываем по формуле

$$T_{np} = n_k \cdot H_{nрк} + n_m \cdot H_{nрт} + n_{пто} \cdot H_{nрпто} \quad (6.6)$$

где $n_k, n_m, n_{пто}$ - количество ремонтов: капитальных, текущих, РТО;

$H_{nрк}, H_{nрт}, H_{nрпто}$ - норматив простоя, в соответствующих ремонтах, час.

Поставляем значение в формулу:

– для ректификационной колонны

$$T_{np} = 0,25 \cdot 160 + 4 \cdot 24 = 136 \text{ час}$$

– для печи нагрева сырья атмосферной колонны

$$T_{np} = 0,33 \cdot 144 + 4 \cdot 36 + 8 \cdot 5 = 231,52 \text{ час}$$

– для печи нагрева сырья вакуумной колонны

$$T_{np} = 0,33 \cdot 120 + 1 \cdot 28 + 11 \cdot 4 = 111,6 \text{ час}$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		105

– для рефлюксной ёмкости

$$T_{np} = 1 \cdot 13 + 9 \cdot 3 + 50 \cdot 0,5 = 65 \text{ час}$$

– для сепаратора

$$T_{np} = 0,33 \cdot 92 + 3 \cdot 24 + 8 \cdot 1,5 = 114,36 \text{ час}$$

6.9 Расчет эффективного фонда рабочего времени

Эффективный фонд рабочего времени $T_{эф}$, час, рассчитываем по формуле

$$T_{эф} = T_{кал} - T_{np} \quad (6.7)$$

где $T_{кал}$ - календарный фонд рабочего времени, $T_{кал} = 8760$ час;

T_{np} - время простоя оборудования в ремонте, час, рассчитанное по формуле ().

Подставляем значение в формулу:

– для ректификационной колонны

$$T_{эф} = 8760 - 130 = 8630 \text{ час}$$

– для печи нагрева сырья атмосферной колонны

$$T_{эф} = 8760 - 217,12 = 8542,88 \text{ час}$$

– для печи нагрева сырья вакуумной колонны

$$T_{эф} = 8760 - 102,08 = 8657,92 \text{ час}$$

– для рефлюксной ёмкости

$$T_{эф} = 8760 - 65 = 8695 \text{ час}$$

– для печи нагрева сырья атмосферной колонны

$$T_{эф} = 8760 - 114,36 = 8645,64 \text{ час}$$

6.10 Расчет трудоемкости ремонтных работ

Трудоёмкость ремонтных работ T_{mp} , чел/час, рассчитываем по формуле

$$T_{mp} = n_k \cdot H_{mpk} + n_m \cdot H_{mpt} + n_{PTO} \cdot H_{mpPTO} \quad (6.8)$$

где H_{mpi} - норматив трудоёмкости в соответствующем ремонте, чел/час.

Подставляем значение в формулу:

– для ректификационной колонны

$$T_{mp} = 0,25 \cdot 690 + 4 \cdot 138 = 724,5 \text{ чел/час}$$

– для печи нагрева сырья атмосферной колонны

$$T_{mp} = 0,33 \cdot 164 + 4 \cdot 48 + 8 \cdot 8 = 310,12 \text{ чел/час}$$

– для печи нагрева сырья вакуумной колонны

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		106

$$T_{mp} = 0,33 \cdot 144 + 1 \cdot 36 + 11 \cdot 5 = 138,52 \text{ чел/час}$$

– для рефлюксной колонны

$$T_{mp} = 0,2 \cdot 35 + 1,8 \cdot 8 + 10 \cdot 0,5 = 156 \text{ чел/час}$$

– для сепаратора

$$T_{mp} = 0,33 \cdot 164 + 3 \cdot 48 + 8 \cdot 8 = 262,12 \text{ чел/час}$$

Общую трудоемкость всей технологической схемы $T_{троб}$, чел/час, рассчитываем по формуле

$$T_{троб} = \sum T_{mp} = 690 + 290,92 + 126,28 + 156 + 262,12 = 1525,32 \text{ чел/час} \quad (6.9)$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		107

6.11 Годовой график планово–предупредительных ремонтов

Годовой график планово – предупредительных ремонтов приведен в таблице 6.3

Таблица 6.3

График планово-предупредительных ремонтов

Наименование оборудования	Длительность работы между ремонтами			Длительность простоя в ремонте, час.			Месяцы года												Эффективное время, час
	К	Т	Р	К	Т	Р	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ректификационная колонна	34560	2160	-	160	24	-			т			т			т				8630
Печь нагрева сырья атмосферной колонны	25920	2160	720	144	36	5	р	р		р	р		р	р		р	р		8542,88
Печь нагрева сырья вакуумной колонны	25920	8640	720	120	28	4	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	т	8657,92
Рефлюксная колонна Е-5	43200	4300	720	13	3	0,5	р	р	р	р			р	р	р	р	р	т	8695
Сепаратор С-1	25920	2160	720	92	24	1,5	р	р		р	р		р	р		р	р		8645,64

6.12 Расчёт стоимости основных фондов и амортизационных отчислений

Стоимость зданий $C_{зд}$, руб, рассчитываем по формуле

$$C_{зд} = Ц \cdot V \cdot K_{стр} = 5000 \cdot 48 = 240000 \text{ руб} \quad (6.10)$$

где $Ц$ – цена 1м^3 здания, $Ц=5000$ руб;

V – объём здания, м^3 , рассчитываем по формуле

$$V = a \cdot b \cdot c = 4 \cdot 4 \cdot 3 = 48\text{м}^3$$

a, b, c – соответственно ширина, длина и высота здания, $a=4\text{м}$; $b=4\text{м}$;
 $c=3\text{м}$;

$K_{стр}$ – строительный коэффициент, $K_{стр}=1$.

Стоимость сооружений $C_{соор}$, руб, рассчитываем по формуле

$$C_{соор} = 0,2 \cdot C_{зд} = 0,2 \cdot 240000 = 48000 \text{ руб.} \quad (6.11)$$

Расчёт стоимости технологического оборудования сведён в таблицу 6.4

Таблица 6.4

Стоимость технологического оборудования

Наименование технологического оборудования	Число единиц, шт	Стоимость единицы, руб.	Полная стоимость, руб.
Ректификационная колонна	1	41000000	41000000
Печь нагрева сырья атмосферной колонны	1	50150000	50150000
Печь нагрева сырья вакуумной колонны	1	50150000	50150000
Рефлюксная ёмкость Е-5	1	1208660	1208660
Сепаратор С-1	1	3000000	3000000
Итого:	5	145508660	145508660
Транспортно-заготовительные расходы -24% от стоимости технологического оборудования			33910000
Монтаж -30% от стоимости технологического оборудования			42390000
Всего:			221808660

Стоимость инструментов, хозинвентаря $C_{и.х.и.}$, руб, рассчитываем по формуле

$$C_{и.х.и.} = (C_{эд} + C_{соор} + C_{об} + C_{инв.}) \cdot 0,001 \quad (6.12)$$

$$C_{и.х.и.} = (240000 + 48000 + 221808660 + 222124) \cdot 0,001 = 222119 \text{ руб}$$

Годовую амортизацию A , руб, рассчитываем по формуле

$$A = \frac{C_{о.ф.} \cdot H_a}{100} \quad (6.13)$$

где $C_{о.ф.}$ - стоимость основных фондов, руб;

H_a - норма амортизации, %.

Расчет годовой амортизации сведен в таблицу 6.5

Таблица 6.5

Расчёт годовой амортизации

Наименование основных фондов	Стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Годовая амортизация, руб.
Здания	240000	1,2	2880
Сооружения	48000	8,7	4176
Оборудование	221808660	16,7	37042046
Инструмент, инвентарь	222124	9,1	20213
Итого:	$C_{о.ф.} = 222318784$		$A = 37069315$

6.13 Расчёт численности ремонтного персонала

Явочную численность ремонтного персонала $ч_{яв}$, чел рассчитываем по формуле

$$ч_{яв} = \frac{T_{т.р.с.об}}{T_{эф} \cdot K_{в.н.}} = \frac{1525,32}{1824 \cdot 1,2} = 0,7 \text{ чел} \quad (6.14)$$

где $T_{т.р.с.об}$ - трудоёмкость технологической схемы общая, $T_{тр.об} = 1525,32$ чел/час;

$T_{эф}$ - эффективный фонд рабочего времени (см. табл. 6.6 баланс рабочего времени), $T_{эф} = 228 \text{ дней} = 1824 \text{ час}$;

$K_{в.н.}$ - коэффициент выполнения нормы выработки, $K_{в.н.} = 1,2$.

Принимаем, что для технического обслуживания всей технологической схемы требуется 1 слесарь VI разряда.

Баланс рабочего времени сведен в таблицу 6.6

Таблица 6.6

Баланс рабочего времени

Показатели	Число дней
Календарный фонд рабочего времени в т.ч.	365
праздничные	8
выходные	99
Номинальный фонд рабочего времени	258
отпуск	28
болезни	1
гос. обязанности	1
прочие невыхода	0
Эффективный фонд рабочего времени	228

Списочную численности ремонтного персонала $Ч_{сп}$, чел, рассчитываем по формуле

$$ч_{сп} = ч_{яв} \cdot n_{бр.} \cdot K_{пер} = 1 \cdot 4 \cdot 1,13 = 4,52 = 5 \text{ чел.} \quad (6.15)$$

где $n_{бр}$ - количество бригад, $n_{бр} = 4 \text{ шт}$;

$K_{пер}$ - коэффициент перехода от явочной численности к списочной,

рассчитываем по формуле

$$K_{пер} = \frac{T_{ном}}{T_{эф}} = \frac{258}{228} = 1,13 \quad (6.16)$$

$T_{ном}$ - номинальный фонд рабочего времени, $T_{ном} = 258 \text{ час}$;

$T_{эф}$ - эффективный фонд рабочего времени, $T_{эф} = 228 \text{ час}$.

6.14 Расчет годового фонда заработной платы

Тарифный фонд заработной платы $\Phi ЗП_{тар}$, руб, рассчитываем по формуле

$$\Phi ЗП_{тар} = T_{час} \cdot T_{эф} \cdot ч_{сп} = 40 \cdot 1824 \cdot 5 = 364800 \text{ руб} \quad (6.17)$$

где $T_{час}$ - часовая тарифная ставка, $T_{час} = 40 \text{ руб}$;

$T_{эф}$ - эффективный фонд одного среднесписочного рабочего,

$$T_{эф} = 1824 \text{ час.}$$

Основной фонд заработной платы $\Phi ЗП_{осн}$, руб, рассчитываем по формуле

$$\Phi ЗП_{осн} = \Phi ЗП_{тар} + D_{прем} + D_{пд} + D_{нев} \quad (6.18)$$

где $D_{прем}$ - оплата премий, руб, рассчитываем по формуле

$$D_{прем} = \frac{\Phi ЗП_{тар} \cdot p}{100} = \frac{364800 \cdot 20}{100} = 72960 \text{ руб} \quad (6.19)$$

p - процент премий по премиальному положению, $p = 20\%$;

$D_{пд}$ - оплата праздничных дней, руб, рассчитываем по формуле

$$D_{пд} = 2 \cdot T_{час} \cdot T_{см} \cdot T_{пд} \cdot \chi_{яв} = 2 \cdot 40 \cdot 8 \cdot 8 \cdot 1 = 5120 \text{ руб.} \quad (6.20)$$

$T_{см}$ - продолжительность смены, $T_{см} = 8$ час;

$T_{пд}$ - праздничные дни, $T_{пд} = 8$ дн (из таблицы 6.6);

$D_{нев}$ - оплата ночного времени, руб, рассчитываем по формуле.

$$D_{нев} = 0,4 \cdot T_{час} \cdot T_{см} \cdot T_{нев} \cdot \chi_{яв} = 0,4 \cdot 40 \cdot 8 \cdot 88 \cdot 5 = 56320 \text{ руб} \quad (6.21)$$

Подставляем значение в формулу

$$\Phi ЗП_{осн} = 364800 + 72960 + 5120 + 56320 = 499200 \text{ руб}$$

Дополнительную заработную плату $\Phi ЗП_{доп}$, руб, рассчитываем по формуле

$$\Phi ЗП_{доп} = \frac{T_{отп} + T_{б} + T_{зо} + T_{тнн}}{T_{эф}} \cdot \Phi ЗП_{осн} = \frac{28 + 1 + 1 + 0}{228} \cdot 499200 = 65684 \text{ руб} \quad (6.22)$$

где $T_{отп}$, $T_{б}$, $T_{зо}$, $T_{тнн}$ - продолжительность отпуска больничных, гос.

обязанностей и прочих невыходов, $T_{отп} = 28$ дн, $T_{б} = 1$ дн,

$T_{зо} = 1$ дн,

$T_{тнн} = 0$ дн.

Годовой фонд заработной платы ремонтного персонала $\Phi ЗП_{год}$, руб, рассчитываем по формуле

$$\Phi ЗП_{год} = \Phi ЗП_{осн} + \Phi ЗП_{доп} \cdot \left(1 + \frac{K_p}{100} \right) \quad (6.23)$$

где K_p - районный коэффициент,

$K_p = 30\%$ для Кемеровской области.

Подставляем значение в формулу

$$\Phi ЗП_{год} = (499200 + 65684) \cdot \left(1 + \frac{30}{100} \right) = 734349,2 \text{ руб}$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		112

Размер месячной заработной платы ремонтного персонала $\Phi ЗП_{ср.мес}$, руб,
рассчитываем по формуле

$$\Phi ЗП_{ср.мес} = \frac{\Phi ЗП_{год}}{12 \cdot ч_{сн.}} = \frac{734349,2}{12 \cdot 5} = 12239,2 \text{ руб} \quad (6.24)$$

Средне-месячная заработная плата ремонтного персонала выше прожиточного минимума.

6.15 Расчет страховых взносов во внебюджетные фонды

Страховые взносы $C_{ст.вз.}$ руб, рассчитываем по формуле

$$C_{ст.вз.} = 0,34 \cdot \Phi ЗП_{год} = 0,34 \cdot 734349,2 = 249678,73 \text{ руб} \quad (6.25)$$

6.16 Расчет затрат на материалы и запчасти

Затраты на материалы и запчасти $C_{мат}$, руб, рассчитываем по формуле

$$C_{мат} = \Phi ЗП_{осн} \cdot 1,7 = 499200 \cdot 1,7 = 848640 \text{ руб} \quad (6.26)$$

6.17 Расчет накладных расходов

6.17.1 Расчет расходов по эксплуатации оборудования

Содержание оборудования $C_{сод.об.}$, руб, рассчитываем по формуле

$$C_{сод.об.} = 0,001 \cdot C_{об} = 0,001 \cdot 221808660 = 221808 \text{ руб} \quad (6.27)$$

Текущий ремонт оборудования и передаточных устройств рассчитывается по формуле

$$C_{т.р.} = 0,002 \cdot C_{об} = 0,002 \cdot 221808660 = 443617,32 \text{ руб} \quad (6.28)$$

Амортизацию оборудования и приборов контрольно-измерительных приборов, руб, рассчитываем по формуле

$$A' = A_{об} = 37042046 \text{ руб} \quad (6.29)$$

$$\text{Итого: } C_{кс.об.} = C_{сод.об.} + C_{т.р.} + A' = 221808 + 443617 + 37042046 = 37707471 \text{ руб}$$

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		113

6.17.2 Расчёт цеховых расходов

Содержание здания $C_{\text{сод.зд.}}$, руб, рассчитываем как 10% от стоимости здания

$$C_{\text{сод.зд.}} = 0,1 \cdot C_{\text{зд}} = 0,1 \cdot 240000 = 24000 \text{ руб} \quad (6.30)$$

Текущий ремонт $C_{\text{т.р.}}$, руб, здания рассчитываем как 20% от стоимости здания

$$C_{\text{т.р.}} = 0,2 \cdot C_{\text{зд}} = 0,2 \cdot 240000 = 48000 \text{ руб} \quad (6.31)$$

Амортизацию зданий, сооружений, инвентаря A , руб, рассчитываем по формуле

$$A = A_{\text{зд}} + A_{\text{соор.}} + A_{\text{инв}} = 2880 + 4176 + 19827 = 26883 \text{ руб} \quad (6.32)$$

Расходы по охране труда составляют 19% годового фонда заработной платы рабочих

$$C_{\text{ох.тр.}} = 0,19 \cdot \text{ФЗП}_{\text{год}} = 0,19 \cdot 734349,2 = 139526,35 \text{ руб} \quad (6.33)$$

$$\text{Итого: } \Sigma_{\text{ц}} = C_{\text{сод.зд.}} + C_{\text{т.р.}} + A_2 + C_{\text{ох.тр.}}$$

$$\Sigma_{\text{ц}} = 24000 + 48000 + 26883 + 139526,35 = 238409,35 \text{ руб}$$

Стоимость накладных расходов $C_{\text{н.р.}}$, руб, рассчитываем по формуле

$$C_{\text{н.р.}} = C_{\text{к.об.}} + C_{\text{цех.}} = (37707471 + 238409,35) = 3794588 \text{ руб} \quad (6.34)$$

6.18 Смета затрат на проведение ремонтов технологической схемы

Смета затрат на проведение ремонтов сведена в таблицу 6.7

Таблица 6.7

Смета затрат на проведение ремонтов

Статьи затрат	Сумма, руб.
Затраты на материалы и запчасти	848640
Годовая заработная плата	734349,2
Страховые взносы	249678,73
Накладные расходы	3794588
Итого:	5627255

6.19 Техничко–экономические показатели

Техничко–экономические показатели сведены в таблицу 6.8

Таблица 6.8

Техничко–экономические показатели

	Наименование показателя	Единицы измерения	Значение показателя
1	Стоимость основных фондов	тыс.руб.	222318,8
2	Численность рабочих	чел.	5
3	Производительность установки	млн.т/год	2,5

Экономическая часть дипломного проекта подтверждает, что для безаварийной работы оборудования и выполнен годовой график Планово-предупредительных работ необходима смета затрат в сумме 5,6 млн.руб.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-2К11	Никитин Кирилл Михайлович

Институт	ИнЭО	Кафедра	ОХТ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ специальность	241000 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» Профиль «Машины и аппараты химических производств»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Нефтеперерабатывающий завод, ректификационная колонна на линии перегонки нефти.	Рабочая зона оператора, открытая площадка, центральный пульт управления.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность	<p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при увеличении мощности работы ректификационной колонны нефтеперерабатывающего завода в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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. <p>Воздействие нефтепродуктов на организм возможно путем вдыхания их паров, а также через кожу. Нефть и получаемые из нее продукты могут вызывать острые и хронические отравления, а также поражения кожных покровов.</p> <p>В целях усиления защиты атмосферы от загрязнений, улучшения контроля за вредными выбросами ведется работа по установлению для каждого промышленного предприятия предельно допустимых</p>

выбросов вредных веществ (ПДВ). Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными выбросами определены в ГОСТ 17.2.3.02-78.

Средства коллективной защиты работающих, включают, средства нормализации условий

1.2. Анализ выявленных опасных факторов при увеличении мощности работы ректификационной колонны нефтеперерабатывающего завода в следующей последовательности:

- механические опасности (источники, средства защиты);
- термические опасности (источники, средства защиты);
- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);
- пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

- механизмы и подвижные части оборудования, неустойчивые конструкции;

- режущие, колющие предметы;
- повышенный уровень шума, колебаний и вибраций;
- рабочее место на высоте.

- ожоги и ошпаривания;

- опасность от влияния температуры окружающей среды.

- возможно возникновение всех видов электрических и механических опасностей вследствие статического электричества, магнитных, электрических и электромагнитных полей;

- удар током персонала при прикосновении к неизолированным токоведущим частям, находящимся под напряжением, в процессе проведения ремонтных и наладочных работ или при случайном несанкционированном попадании персонала в зону свободного доступа к неизолированным токоведущим частям;

- касание поверхностей и рабочих сред, на которых в процессе работы станка накапливаются заряды статического электричества.

	<p>- по признакам горения пожары подразделяют на наружные, внутренние, одновременно наружные и внутренние, открытые и скрытые. Так же природного характера и техногенного.</p> <p>Профилактические мероприятия: разработку и внедрение системы управления пожарной безопасностью согласно требованиям руководящих документов; обеспечение пожарной безопасности при проведении технологических процессов, эксплуатации оборудования; проведение обучения и инструктажа работников предприятия по пожарной безопасности; обеспечение электробезопасности предприятия.</p> <p>Первичные средства пожаротушения: тонко распыленная вода, пена; при объемном тушении.</p> <p>- углекислый газ, состав СЖБ (бром этиловые составы), перегретый пар, песок, кошма, асбестовые покрывала, огнетушители порошковые переносные ОП-1(Б) и ОП-2(З) и передвижные ОП-50(З) в количестве 10 штук в соответствии с РД 34.49.503-94.</p>
2. Экологическая безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); <p>разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</p>
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при увеличении мощности работы ректификационной колонны нефтеперерабатывающего завода; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; <p>разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</p>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны); – правовые нормы трудового законодательства.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чулков Николай Александрович	к.т.н., Доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К11	Никитин Кирилл Михайлович		

7. Социальная ответственность

«Социальная ответственность» – это ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения.

7.1 Производственная безопасность

7.1.1 Анализ выявленных вредных факторов при увеличении мощности работы ректификационной колонны нефтеперерабатывающего завода.

При первичной переработке нефти на установках АВТ выбрасывается в атмосферу свыше 1050 тыс. т загрязняющих веществ, при этом доля улова на фильтрах составляет только 47,5%. Основной состав выбросов предприятия в атмосферу: 23% - углеводороды; окислы: 16,6% - серы, 7,3% - углерода, 2% - азота. По некоторым данным в российской нефтеперерабатывающей промышленности выбрасывается в атмосферу около 0,45% перерабатываемого сырья. На 1 т перерабатываемой нефти из печей выбрасывается около 600м³ дымового газа.

7.1.2. Анализ выявленных опасных факторов при увеличении мощности работы ректификационной колонны нефтеперерабатывающего завода.

Персонал установки обеспечивается спецодеждой в соответствии с "Инструкцией о порядке обеспечения рабочих и служащих специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты (СИЗ)".

Для защиты органов дыхания от воздействия углеводородных газов и паров нефтепродуктов используют фильтрующие противогазы (марки БКФ), которые

					ВКР.241000.00.00 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		НИКИТИН			<i>7.Социальная ответственность</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		ЧУЛКОВ					120	
<i>Реценз</i>						<i>ТПУ, 3-2К11</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Утверд.</i>								

применяют при выполнении неотложных кратковременных работ, когда концентрация вредных веществ в воздухе не велика - в основном при отборе проб, авариях, внезапных выделениях газа, во время эвакуации пострадавших.

Шланговые противогазы (марки ПШ-1 и ПШ-2) применяют в случаях, когда в воздушной среде недостаточно кислорода, главным образом при ремонтных работах внутри аппаратов, в резервуарах, колодцах. Работа с применением шлангового противогаза должна обязательно производиться с дублером.

Для защиты головы от возможных травм используется защитная каска.

Для защиты глаз от излучения, пыли, отлетающих частиц твердых материалов, работники обеспечены защитными очками.

Персонал, обслуживающий трубчатые печи, для защиты от шума должен применять противозумные наушники типа "Антифоны".

Защита персонала от термических ожогов обеспечивается теплоизоляцией оборудования и трубопроводов.

Для обеспечения безопасности персонала, обслуживающего электрооборудование, предусмотрено защитное заземление оборудования, коммуникаций и металлических конструкций установки, исключающее случайные электротравмы и опасные проявления статического электричества. В электропомещениях предусмотрены средства защиты от поражения электрическим током (резиновые коврики, перчатки, штанги и др.).

Для защиты от пыли персонал в соответствии с отраслевыми нормами обеспечивается специальной одеждой, специальной обувью, а также рукавицами, резиновыми перчатками, защитными очками, средствами индивидуальной защиты органов дыхания (противогазы и респираторы). Для защиты от пыли применяются респираторы типа «Лепесток».

Защита обслуживающего персонала от опасных и вредных производственных факторов обеспечивается техническими мероприятиями и использованием средств индивидуальной и коллективной защиты.

В целях защиты персонала от производственных вредностей планируется организация постоянного контроля за состоянием атмосферы посредством

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись			121

остановки газоанализаторов НПВ либо ПДК в производственных помещениях и на наружной установке. В качестве одного из коллективных средств защиты персонала от вредных воздействий предусмотрена вентиляция производственных помещений, уровень освещенности рабочих мест соответствует отраслевым нормативам, включая аварийное освещение. Постоянное присутствие персонала на рабочих местах в производственных помещениях и на территории ограничено временем не более двух часов, местом постоянного пребывания персонала (постоянное рабочее место) является помещение операторной.

Для тушения возможных пожаров на установке ЭЛОУ- АВТ проектом предусмотрена организация пожарной охраны объекта. Основой пожарной охраны будет являться пожарное депо на 6 автомобилей, в том числе 2 резервных.

Численность персонала пожарного депо составляет 57 человек.

Пожарная охрана выполняет задачи по предупреждению и тушению пожара [25].

7.2 Экологическая безопасность.

Установление размеров санитарно-защитных зон осуществляется согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03.

Предусмотрены меры по благоустройству и озеленению территории предприятия. Территория санитарно-защитной зоны благоустроена и озеленена по проекту благоустройства, который предусматривает выбор пород зеленых насаждений и их зоны посадки. По периметру предприятия осуществляется посадка деревьев и кустарников. Ширина полос зеленых насаждений до 5 м, согласно СП 2.07.01-01.

Основными вредными веществами, выбрасываемыми в атмосферу на НПЗ, являются углеводороды, сернистый газ, сероводород, окись углерода, аммиак, фенол, окислы азота и т. д. При использовании в качестве топлива нефтезаводских печей и заводских ТЭЦ неочищенного газа и сернистого мазута в атмосферу выделяются сернистый ангидрид и окислы азота. Поскольку зимой увеличивается количество сжигаемого топлива, в этот период заметно возрастает загрязнение атмосферы сернистым ангидридом и окислами азота.

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		122

В процессе переработки нефти и нефтепродуктов, промежуточных и побочных продуктов происходит неизбежное загрязнение используемой воды углеводородами, твердыми частицами металлов и другими компонентами. Основными источниками загрязнения воды нефтепродуктами на заводе являются не плотности в различных соединениях технологических цепочек, утечки из сальников насосов, технологические конденсаты, атмосферные осадки, контактирующие с проливами на технологических площадках.

Загрязнение почв и грунтов нефтью и продуктами ее переработки вызывают сильные, иногда необратимые, повреждения природных экосистем; углеводороды, попадая в зоны низкой плотности и аэрации, фильтруются вплоть до водоносных горизонтов. Из всех видов загрязнений почвенной среды нефтепродуктами, загрязнение горизонта грунтовых вод является наиболее опасным, так как токсичные вещества могут мигрировать на большие расстояния и, в конечном счете, проникать в поверхностные водоемы. Среди основных причин загрязнения почвенной среды упомянутых территорий можно отметить:

8. не герметичность технологических установок,
9. повреждения магистральной и запорной арматуры недостаточное уплотнение канализационных систем проливы сливноналивного оборудования

Вредное воздействие веществ на окружающую среду, обращающихся в процессе перегонки нефти, ограничивается следующими документами:

– гигиенические нормативы «Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» - ГН 2.1.6.1339-03, с дополнениями № 1 (ГН 2.1.6.1764-03), дополнениями и изменениями № 2 (ГН 2.1.6. 1984-05);

– гигиенические нормативы «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» - ГН 2.1.6.1338-03, с дополнениями № 1 (ГН 2.1.6.1765-03), дополнениями и изменениями № 2 (ГН 2.1.6. 1983-05).

Для того чтобы не допустить загрязнения водоемов, необходим постоянный контроль за качеством в них воды. В осуществлении контроля главную роль

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись			123

играют электронные системы предприятия. Они передают на центральную станцию сведения о качестве воды по основным показателям: количество растворенного кислорода, значения рН и температуры, содержание хлоридов, величина ВПК и др. Для защиты водоемов от загрязнения сточными водами на предприятии необходимо выполнять сочетание водооборота с локальными методами очистки сбрасываемых вод. С сокращением потерь нефтепродуктов в сточные воды, одновременно будет достигаться и защита водоемов от загрязнения.

С целью соблюдения нормативов ПДС осуществлять производственный и государственный контроль за сбросом сточных вод.

При производственном контроле, проводить наблюдения за расходом и химическим составом сточных вод в местах собственных выпусков, фоновых и контрольных створах водных объектов, принимающих сточные воды (СП 2.1.5.1059-01).

Для защиты почвы и поверхностных вод от попадания нефтепродуктов сливо-наливные площадки должны иметь бетонные покрытия, ограждены по периметру бортиками высотой 200 мм в соответствии с ГОСТ 1.15.004-2009 «Общие требования при проектировании сливоналивных эстакад».

На предприятии устанавливается контейнер для металлических отходов. Отходы металлов, обтирочная ветошь, отходы от уборки территории, бой кирпичной кладки при ремонте, пищевые отходы утилизируются на специальном полигоне.

Сливные отходы, прошедшие необходимую фильтрацию, спускают в канализацию.

7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

На сегодняшний день одной из важнейших государственных задач является защита населения в чрезвычайных ситуациях, возникающих вследствие различных стихийных бедствий, а также имеющих происхождение техногенного характера. В нашей стране для решения данной задачи действует закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись			124

техногенного характера», от 11.11.94г. в ред. ФЗ от 28.12.13 г. №404-ФЗ. В статье №14 данного закона сказано, что организации обязаны:

– планировать и проводить мероприятия по повышению устойчивости функционирования организаций и обеспечению жизнедеятельности работников организаций в чрезвычайных ситуациях;

– обеспечивать создание, подготовку и поддержание в готовности к применению сил и средств предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, осуществлять обучение работников организаций способам защиты и действиям в чрезвычайных ситуациях;

– обеспечивать организацию и проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ на подведомственных объектах производственного и социального назначения и на прилегающих к ним территориям в соответствии с планами предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций;

– финансировать мероприятия по защите работников организаций и подведомственных объектов производственного и социального назначения от чрезвычайных ситуаций;

– предоставлять в установленном порядке информацию в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, а также оповещать работников организаций об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайных ситуаций.

Предприятие ЗАО филиал НефтеХимСервис ЯНПЗ относится к химически и пожаровзрывоопасным объектам, поэтому на нём должны быть предприняты максимальные меры для обеспечения устойчивой работы предприятия и безопасности жизнедеятельности работников предприятия в условиях чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, в мирное и военное время [25].

Методическое руководство, координацию и контроль за подготовкой работающего персонала в области защиты от чрезвычайных ситуаций осуществляет руководитель отдела предприятия по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и пожарной безопасности.

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		125

Готовность аварийно-спасательных служб и аварийно-спасательных формирований к реагированию на чрезвычайные ситуации и проведению работ по их ликвидации определяется в ходе аттестации, а также во время проверок, осуществляемых на предприятии органами государственного надзора, органами по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям.

К внутренним источникам риска относятся:

- разлив горючих жидкостей: нефти, бензина, дизельного топлива, мазута;
- воздействие на человека нагретых до высокой температуры стенок сосудов и аппаратов;
- аварии водопроводной сети;
- химическое заражение вследствие утечки транспортируемых углеводородов;
- возникновение очагов пожара, при разгерметизации оборудования, вызывающее ожоги и отравление людей угарным газом, а также приводящее к перебоям в подаче электроэнергии, нарушению связи. Наиболее вероятными очагами возникновения пожара следует считать склад готовой продукции, различные ёмкости с нефтепродуктами, нефтепроводы;
- аварии на внутренних железнодорожных путях при транспортировке опасных веществ.

Внешние источники ЧС.

1. Возникновение аварий и ЧС при транспортировке опасных грузов (бензины, дизтопливо, керосин, АХОВ) могут привести к взрывам, пожарам и химическим загрязнениям, что может повлиять на работу предприятия.

2. Учитывая, что предприятие относится к 1 категории по ГО [23] возможно применение оружия массового поражения (ядерный удар) при котором территория и сооружения предприятия могут оказаться в зонах разрушения.

При попадании в зону полного и сильного разрушения предприятие прекратит производственную деятельность, потери персонала могут достигнуть

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		126

В случае возникновения ЧС структуры ГОЧС объекта должны действовать согласно Постановлению №794 «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» и выполнять следующие мероприятия: [24]

При угрозе химического заражения:

- постоянный анализ обстановки и прогнозирование масштабов опасности, площади возможного заражения;
- подготовка к выдаче и выдача всем рабочим и служащим противогазов;
- подготовка эвакогруппы, транспорта, маршрутов для проведения эвакуации.

При угрозе возникновения (распространения) пожара:

- привести в готовность звено пожаротушения, все средства для тушения пожара;
- об опасности оповестить весь личный состав предприятия;
- доложить начальнику штаба ГО района, сообщить пожарной охране на предприятии;
- при необходимости организовать остановку производственного процесса, вынос оборудования, документов, материальных ценностей, оказавшихся под угрозой;
- привести в готовность спасательные формирования, поставить им конкретные задачи;
- нести постоянный анализ, прогнозирование обстановки с целью определения необходимых мероприятий;
- оказание медицинской помощи пострадавшим и эвакуация их в лечебные учреждения.

При угрозе урагана:

- оповестить весь персонал предприятия;
- уточнить порядок приведения в готовность формирований пожаротушения, спасательного, связи и охраны общественного порядка;
- приготовить дублирующие средства электроснабжения;

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
						128
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- осуществить работу по укреплению малоустойчивых, уязвимых конструкций;
- вести постоянное дежурство обслуживающего персонала на уязвимых местах, средствах связи и оповещения.

При сильном снегопаде и снежных заносах:

- организовать интенсивные работы по очистке дорог, подъездов, проездов;
- обеспечить систематическую очистку воздушных электролиний и линий связи, контроль за электроснабжением;
- создать запасы топлива, сырья, продовольствия.

При резком понижении температуры воздуха:

- провести работы по дополнительному утеплению водо- и теплопроводов, канализационных магистралей на наружных участках, лестничных маршах, коридоров и других уязвимых местах;
- закрыть оконные и дверные проемы, а так же выходы из зданий;
- установить строгий контроль за соблюдением режима работы обогревательных устройств и расходы электроэнергии;
- провести профилактические меры по предупреждению обморожения, установить дежурство сан. Дружин для своевременного оказания помощи пострадавшим.

3. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Задачи, стоящие в области производственной безопасности, в современных условиях труда, это:

- обеспечение приоритета сохранения жизни и здоровья работников;
- расследование несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- координация деятельности в области охраны труда, охраны окружающей природной среды и других видов экономической и социальной деятельности.

Служба по охране труда на предприятии занимается проведением инструктажей по охране труда, обучением работников безопасным методам труда, проверкой знаний специалистов в области охраны труда, расследованием

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>			129

несчастных случаев, организацией работ по обеспечению работниками требований охраны труда, контролем над соблюдением работниками, законов и иных нормативных правовых актов об охране труда, организацией профилактической работы по предупреждению производственного травматизма, профессиональных заболеваний и заболеваний, обусловленных производственными факторами, а также работами по улучшению условий труда [25].

Обучение и инструктаж по охране труда рабочего персонала

На предприятии проводят следующие виды инструктажа:

а) Вводный инструктаж.

Его проходят:

- работники, вновь принимаемые на завод;
- учащиеся, направляемые на предприятие для прохождения

производственной практики.

Вводный инструктаж проводится инженером по охране труда и включает в себя:

- правила по охране труда;
- безопасные условия работы на участках;
- правила электробезопасности;
- инструкции по обслуживанию оборудования;
- правила внутреннего распорядка;
- основные причины несчастных случаев и мероприятия по их предупреждению и предотвращению;
- порядок оказания первой медицинской помощи при несчастных случаях.

б) Первичный инструктаж на рабочем месте.

Его проходят:

- все вновь поступающие работники;
- работники, переводимые из одного структурного подразделения в другое;
- учащиеся, направляемые на предприятия, для прохождения

производственной практики.

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
						130
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись			

Данный вид инструктажа содержит следующие пункты:

- устройство обслуживаемого оборудования;
- назначение и правила пользования ограждениями и предохранительными приспособлениями;
- правильная организация рабочего места;
- безопасные приёмы работы;
- индивидуальные средства защиты.

Инструктаж сопровождается показом на месте правильных приемов работы, с повторением работниками этих приемов и проводится мастером участка, руководитель структурного подразделения.

После первичного инструктажа, все работники проходят обязательную стажировку в течение 14 рабочих смен.

в) Повторный инструктаж.

Данный инструктаж проводится при обучении и для проверки знаний работниками правил и инструкций по охране труда и умения работников практически применять навыки, полученные ими при проведении вводного и первичного инструктажа.

Все работники, независимо от их квалификации и стажа работы, в установленное время проходят повторный инструктаж по охране труда на рабочем месте - не реже одного раза в три месяца. Данный инструктаж проводят инженер по охране труда, мастер участка, руководитель структурного подразделения.

г) Внеплановый инструктаж.

Данный инструктаж по охране труда проводят на рабочем месте в следующих случаях:

- при изменении технологического процесса;
- при несчастных случаях, имевших место быть из-за нарушения работниками требований охраны труда;
- при введении в действие новых стандартов, правил, инструкций по охране труда;

- по требованию органов надзора и контроля.

Внеплановый инструктаж проводят инженер по охране труда, мастер участка.

д) Целевой инструктаж.

Данный инструктаж проводят:

- при выполнении разовых работ, не связанных с обязанностями по специальности;
- при ликвидации последствий аварий, стихийных бедствий и катастроф;
- при производстве работ, на которые оформляется наряд-допуск или другой разрешающий документ на выполнение работ.

Целевой инструктаж проводит непосредственно руководитель работ.

Проведение каждого вида инструктажа заканчивается записью в журнале с обязательной подписью инструктирующего и инструктируемого.

Работники предприятия на установке переработки нефти обеспечены средствами индивидуальной защиты, одеждой и обувью в соответствии со следующими документами. Межотраслевые правила обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, утвержденные приказом Министерства здравоохранения и соцразвития Российской Федерации от 1 июня 2009г. № 290 Н. Приказ от 16 июля 2007 г. №477 Министерства здравоохранения и соцразвития Российской Федерации «Об утверждении типовых норм бесплатной выдачи сертифицированных специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работниками, занятыми на строительных, строительномонтажных и ремонтно-строительных работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением».

Режим труда и отдыха

ЗАО филиал НефтеХимСервис ЯНПЗ работает 24 часа в сутки. На предприятии рабочий процесс осуществляют попеременно две смены по

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		132

двенадцать часов: с 8 до 20 часов – дневная смена, с 20 до 8 часов – ночная смена. После 4 часов работы с начала смены работнику предоставляется часовой обеденный перерыв. В целом же режим труда и отдыха на заводе выглядит следующим образом:

- продолжительность рабочей смены ремонтного, операторского и управляющего персонала - 12 часов;
- обеденный перерыв - 60 минут;
- междусменный отдых – после ночной смены: 48 часов, после дневной смены: 24 часа;
- выходные - 91 день;
- регламентируемые перерывы - по 15 минут через каждые 2 часа;
-
- ежегодный оплачиваемый отпуск - 28 дней.

Производственная санитария

Работники на установке переработки нефти 80% рабочего времени проводят в помещении операторской. Практически все управление технологическим процессом производится автоматически, с помощью автоматизированных систем управления. Остальное время операторы проводят непосредственно выполняя работы с колонной.

Производимые нефтепродукты на предприятии отвечают требованиям ГОСТ Р 51105-97, ГОСТ 305-02, ГОСТ 10585-99, ТУ 0251-002-77630645-2006 и ТУ 0251-003-77630645-2006. Поэтому на предприятии разработаны санитарные требования к территории, водоснабжению, канализации, зданиям, помещениям, оборудованию, инвентарю, таре, сырью и технологическому процессу.

Высота производственных помещений от пола до потолка не менее 3,5 м. Стены помещений оштукатурены, побелены или окрашены влагоустойчивыми красками. Пол железобетонный, в административно-хозяйственных помещениях и лаборатории – из керамических плит.

Весь металлический инвентарь, аппаратура и тара, соприкасающиеся с

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись			133

нефтепродуктами, изготовлены из антикоррозионной стали.

В соответствии с СанПиН 2.2.4.548-96 для категории работ средней тяжести Па (для холодного периода) температура в операторной: допустимая 17 – 23 °С; относительная влажность воздуха допустимая 75 %. В действительности относительная влажность воздуха на участке находится в пределах допустимой (норма в холодный период: 15-75 %) и составляет 70 – 75 %.

Теплоснабжение участка осуществляется от котельной, имеющейся на предприятии. В качестве теплоносителя для системы отопления используется горячая вода и пар. Отопление участка центральное, водяное и паровое. Теплоносителем является горячая вода (поступает с установки, нагретая горячими насосами) и перегретый пар (производится в котельной, расположенной на территории завода).

Санитарно-бытовые помещения

В операторном здании, предусмотрены следующие санитарно-бытовые помещения: гардеробные, умывальные, душевые, уборные в соответствии с СП 44.13330.2011. Гардеробные снабжены шкафчиками для одежды. Санитарно-бытовые помещения на предприятии располагаются на кратчайшем пути от проходной до рабочего места. Предсанузловые комнаты оборудованы раковинами и электросушилками в соответствии с СП 44.13330.2011.

В операторской имеются аптечки для оказания первой медицинской помощи. Также имеется медицинский пункт в административном корпусе, так как при списочной численности работников от 50 до 300 человек необходим медицинский пункт СНиП 2.09.04-87*.

Так же работникам предприятия выдаются личные средства гигиены.

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись			134

Заключение

В данном дипломном проекте были рассчитаны основные параметры установки клапанной ректификационной колонны, эксплуатируемой в Кемеровской области на АО «НефтеХимСервис» Яйском НПЗ и входящей в состав комбинированной установки ЭЛОУ-АВТ, предназначенной для атмосферной переработки сырой нефти с целью получения продуктов первичной перегонки (углеводородных фракций) – сырья установок гидроочистки бензина, дизельного топлива и вакуумного газойля.

Проведенный расчет включает в себя технологическую часть, где был посчитан материальный и тепловой балансы, а также определены основные габаритные размеры. В конструктивном разделе определены расчетные и исполнительные толщины элементов аппарата, размеры фланцевых соединений, укрепление отверстий, а также выполнен подбор и расчет опор аппарата. Проведены расчеты на устойчивость и прочность.

Рассмотрены вопросы социальной ответственности на рабочем месте и безопасности в ЧС. Проведены основные технико-экономические расчёты проектируемого оборудования.

Согласно заданию и с учетом методических указаний спроектирован аппарат колонного типа для ректификации.

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись			135

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дытнерский. Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. Часть вторая. М.: Химия, 1995г. -368с.
2. Рамм В. М. Абсорбция газов. М.: Химия, 1976. 655с.
3. Вихман Г.Л., Круглов С.А. Основы конструирования и расчета аппаратов и машин нефтеперерабатывающих заводов. М.: Машиностроение, 1978. 328 с.
4. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.:Химия,1981.812 с.
5. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи \ Под общ.ред. М.Ф.Михалева. Л.: Машиностроение, 1984. 301 с.
6. Конструирование и расчет колонных аппаратов. Учебное пособие. Пенза, 2003. 114 с.
7. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической промышленности. Изд. 9–е. М.: Химия, 1973. 750с.
8. Лацинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник. Л.: Машиностроение, 1981. 382 с.
9. ГОСТ Р 52857.1 - 2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования.
10. ГОСТ Р 52857.2 - 2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек.
11. ГОСТ Р 52857.3 - 2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Укрепление отверстий в обечайках и днищах при внутреннем и внешнем давлениях. Расчет на прочность обечаек и днищ при внешних статических нагрузках на штуцер.
12. ГОСТ Р 52857.4 - 2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений.

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись			136

13. ГОСТ12815-80 Фланцы арматуры, соединительных частей и трубопроводов на p_y от 0,1 до 20,0 мпа (от 1 до 200 кгс/см²). Типы. Присоединительные размеры и размеры уплотнительных поверхностей.

14. ГОСТ 12820-80 Фланцы стальные плоские приварные на p_y от 0,1 до 2,5 мпа (от 1 до 25 кгс/см²). Конструкция и размеры.

15. ГОСТ 15180 - 86 Прокладки плоские эластичные. Основные параметры и размеры.

16. ГОСТ 481-80 Паронит и прокладки из него. Технические условия. Д 26-15-88 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность и герметичность фланцевых соединений.

17. ГОСТ 24756-81 Сосуды и аппараты. Определение расчетных усилий для аппаратов колонного типа от ветровых и сейсмических воздействий.

18. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Л.: ООО ТИД «Альянс», 2013. 560 с.

19. АТК 24.218.06-90 Штуцера для сосудов и аппаратов стальных сварных. РАЗРАБОТАН Акционерным обществом «Центральное конструкторское бюро нефтеаппаратуры» (АО «ЦКБН»).

20. ГОСТ 28759.3-90 «ФЛАНЦЫ СОСУДОВ И АППАРАТОВ СТАЛЬНЫЕ ПРИВАРНЫЕ ВСТЫК. КОНСТРУКЦИЯ И РАЗМЕРЫ» - Москва, Дата введения 01.01.92.

21. Отраслевой стандарт. Тарелки клапанные прямоточные для колонных аппаратов. ОСТ 26-02-1401-76. Министерство химического и нефтяного машиностроения.

22. О.К. Семакина. Машины и аппараты химических, нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств. Издательство Томского политехнического университета 2015. Машины и аппараты химических, нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств: учебное пособие / О.К. Семакина; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 164 с.

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		137

23. Российская Федерация. Законы. «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»[Федеральный закон №68-ФЗ].

24. Российская федерация. Законы. «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации ЧС». [Постановление правительства РФ №794 от 30.12.2003]. - М.: Инфа-М, 2003 - 12с.

25. Технологический регламент установки переработки нефти ЭЛОУ-АВТ. ЗАО филиал НефтеХимСервис ЯНПЗ – 2010. – 23 с.

26. Александров И.А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. М.:Химия, 1965. 310 с.

27. В. И. Анурьев. Справочник конструктора машиностроителя. – Москва «Машиностроение» 2001 г.

					ВКР.241000.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		138