

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

Институт физики высоких технологий
Направление подготовки «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»
Кафедра «Общей химии и химической технологии»

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка основного технологического оборудования сепарационной установки цеха подготовки и перекачки нефти м/р «Пионерный»

УДК 622.692.4.05(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К22	Эрдынеев Саян Биликтуевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Балмашнов Михаил Александрович	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Сечина Ася Александровна	к.х.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор кафедры ЭБЖ	Ахмеджанов Рафик Равильевич	д.б.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОХХТ	Тихонов Виктор Владимирович	к.т.н., доцент		

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



Институт физики высоких технологий
 Направление подготовки «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»
 Кафедра «Общей химии и химической технологии»

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

 (Подпись) (Дата) Тихонов В.В.
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврская работа

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

Студенту:

Группа	ФИО
2К22	Эрдынееву Саяну Биликтуевичу

Тема работы:

Разработка основного технологического оборудования сепарационной установки цеха подготовки и перекачки нефти м/р «Пионерный»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	22.03.2016, 1631/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследования – Трехфазный сепаратор. Сырьем сепаратора является нефть с температурой +5-+39 °С. Режим работы – непрерывный Трехфазный сепаратор используется для подготовки природного и попутного нефтяного газов в период их добычи и последующих переработки и потребления, а также разделения жидкостной фракции по плотности – на легкую (газовый конденсат, нефть) и тяжелую (вода).
---	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <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>	1 Реферат 2 Оглавление 3 Введение 4 Обзор литературы 5 1. Описание технологической схемы 6 2. Трехфазный сепаратор 7 2.1 Технологический расчет 8 2.2 Механический расчет 9 3. Безопасность и экологичность проекта 10 4. Финансовый менеджмент 11 Заключение 12 Список литературы
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Технологическая схема. (A1) 2. Трехфазный сепаратор. Чертеж общий вид. (A0)

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	29.02.16г.
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Балмашнов М.А.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К22	Эрдынеев Саян Биликтуевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2К22	Эрдынеев Саян Биликтуевич

Институт		Кафедра	
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	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 ОАО «Томскнефть» ВНК, 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 затрат на покупку, монтаж, и установку трехфазного сепаратора	Расчет основных фондов. Расчёт амортизационных отчислений. Расчет на монтаж и установку.
2. Определение затрат на оборотные средства	Расчет затрат на сырье и материалы
3. Определение затрат на заработную плату основного рабочего персонала	График сменности баланс рабочего времени, расчет заработной платы

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., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К22	Эрдынеев Саян Биликтуевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2К22	Эрдынеев Саян Биликтуевич

Институт	ИФВТ	Кафедра	ОХХТ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Машины и аппараты химических производств

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования – Трехфазный сепаратор предварительного сброса воды Рабочая зона – УПН «Пионерный» Рабочее место – Компьютерный класс Область применения - Химическая промышленность.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).	1.1 Выявление вредных факторов при технологическом процессе подготовки нефти: - вредные вещества (метанол, этан, пропан, изо-бутан, сероводород, изопентан, оксид углерода, диоксид углерода, деэмульгаторы, ГОСТ Р 51858-2002. «Нефть»), производственный шум (ГОСТ 12.1.003-88 «Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности»); - микроклиматические условия (СанПин 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»); - действие вредных веществ на организм; - предлагаемые средства защиты для работы на производстве: 1. коллективная защита - заземление электрооборудования, сепараторов, РВС, зданий и сооружений, ограждение вращающихся частей оборудования и других потенциально опасных мест, лестницы и площадки с перильным ограждением, молниезащита и др.; 2. индивидуальные средства защиты - шланговые противогазы, антифоны, спецодежда, спецобувь, защитная каска, защитные очки, рукавицы, фильтрующие противогазы, диэлектрические перчатки и коврики, антивибрационные коврики, при работе с метанолом дополнительно используют прорезиненные фартуки, резиновые сапоги. 1.2 Выявление опасных факторов при технологическом процессе подготовки нефти: - взрывоопасность (ГОСТ 12.1.011-78 «Смеси Взрывоопасные. Классификация и методы испытаний»);
---	--

	-электробезопасность («ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»); - пожаровзрывоопасность (ГОСТ 12.1.044-89 – «Пожароопасность веществ и материалов»); -молниезащита производственных зданий и сооружений (СО 153-34.21.122-2003 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций»); 1.3 Выявление вредных факторов при работе на рабочем месте: - освещение(СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий»); шум (СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» - микроклиматические условия(ГОСТ 30494-2011. «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях»); 1.4 Выявление опасных факторов при работе на рабочем месте: -электробезопасность(ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ. «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»); - пожаровзрывоопасность(ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. «Пожарная безопасность. Общие требования»);
2. Экологическая безопасность: -защита селитебной зоны -анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); -анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); -анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); -разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.(ГОСТ 17.23.02-78)	-вредные вещества, выбрасываемые источниками загрязнения(метанол, диоксид углерода, оксид углерода ГОСТ Р 51858-2002. «Нефть»); - производственно-дождевые сточные воды, содержащие нефтяные и взвешенные вещества, подтоварная вода(нефтепродукты, масла, фенол, ароматические углеводороды, сульфаты ГОСТ Р 51858-2002. «Нефть»); - отходы в виде иламов, скапливающихся в резервуарах, (окисленные углеводороды (смолы, парафины), различные химические реагенты, использованные в процессе добычи, сбора и подготовки нефти ГОСТ Р 51858-2002. «Нефть»); -разработаны решения по обеспечению экологической безопасности(Стандарты системы стандартов безопасности труда(ССБТ), Санитарные правила и нормы(СанПиН), Правила безопасности(ПБ), Строительные нормы и правил(СНиП),
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС;	- перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения-пожар, взрыв -разгерметизация

– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	- «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 30.12.2015) - Федеральный закон от 10.01.2002г. N7-ФЗ «Об охране окружающей среды». - Федеральный закон от 21.07.1997 г. №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». -Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12 марта 2013 г. N 101 "Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности» -организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны: технический перерыв, полная изоляция от производственных источников шума и вибрации.

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К22	Эрдынеев Саян Биликтуевич		

Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять базовые математические, естественнонаучные, социально-экономические и специальные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-1,2,3,19,20), Критерий 5 АИОР (п.1.1)
P2	Применять знания в области энерго-и ресурсосберегающих процессов и оборудования химической технологии, нефтехимии и биотехнологии для решения производственных задач	Требования ФГОС (ПК-4,5,9,15 ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2)
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.	Требования ФГОС (ПК-4,5,8,11, ОК-2,4), Критерий 5 АИОР (пп.1.2
P4	Проектировать и использовать новое энерго-и ресурсосберегающее оборудование химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ПК-8,11,23,24), Критерий 5 АИОР (п.1.3)
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области энерго-и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ПК-1,4,5,19-22, ОК-7,10), Критерий 5 АИОР (п.1.4)
P6	Осваивать и эксплуатировать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность и надежность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-6,12,13,14,17, ОК-3,4,8), Критерий 5 АИОР (п.1.5)
P7	Применять знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС (ПК-3, 8, 9, 10, 11, 12, 13), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Использовать современные компьютерные методы вычисления, основанные на применении современных эффективных программных продуктов при расчете свойств материалов, процессов, аппаратов и систем, характерных для	Требования ФГОС (ПК-4, 5, 9, 10, 11, 14)

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
	профессиональной области деятельности; находить необходимую литературу, использовать компьютерные базы данных и другие источники информации	
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P9	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,2,6-10), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5)
P10	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-6,7,8), Критерий 5 АИОР (2.6)
P11	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-11) , Критерий 5 АИОР (п.2.2)
P12	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-3,4,5,12) , Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3)

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 110 страниц машинописного текста, 13 рисунков, 12 таблиц, 2 листа графических материалов.

Ключевые слова: Трехфазный сепаратор, нефть, сепарация нефть и газа, разделение нефти,

Объектом исследования является (ются): Трехфазный сепаратор предварительного сброса воды, установка подготовки и перекачки, разгазирование и обезвоживание нефти

Цель работы является разработка основного оборудования установки подготовки нефти «Пионерный»

В процессе исследования проводились исследования цеха подготовки и перекачки нефти №4, установки подготовки нефти «Пионерный», производился конструктивный расчет трехфазного сепаратора предварительного сброса воды.

В результате исследования был произведен конструктивно-механический расчет трехфазного сепаратора предварительного сброса воды,

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: производительность, основные геометрические размеры оборудования

Область применения: нефтегазовая промышленность

Экономическая эффективность/значимость работы заключалась в расчёте экономических показателей данного проекта

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

PAPER

Graduate qualification work contains 110 pages of typewritten text, 13 figures, 12 tables, 2 sheets of graphic material.

Keywords: three-phase separator, oil separation of oil and gas, separation of oil

The object of this study is (are): Three-phase separator , oil treatment plant, liberation and dehydration of oil

The aim is to develop the main equipment of oil treatment plant "Pionerny"

The study conducted research oil processing and pumping shop №4, oil treatment plant "Pionerny" produced a rational design of three-phase separator preliminary water removal.

The study was carried out structural and mechanical calculation of the three-phase separator preliminary water removal,

The basic constructive, technological and technical and operational characteristics: performance, basic geometrical sizes of equipment

Applications: Oil and Gas Industry

Cost-effectiveness / value of the work consisted in the calculation of the economic indicators of the project

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

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	14
1.ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	16
2. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ.....	24
3. ТРЕХФАЗНЫЙ СЕПАРАТОР.....	27
3.1 Технологический расчет.....	27
3.2. Механический расчет	28
3.1 Расчет толщины стенки цилиндрической обечайки.....	29
3.1.1 Расчетные параметры	29
3.1.2 Расчет толщины стенки при гидравлическом испытании и при рабочем давлении	30
3.2 Расчет выпуклой (эллиптической) крышки.....	31
3.2.1 Расчет толщины стенки крышки при гидравлическом испытании и при рабочем давлении.....	32
3.3 Расчет штуцеров	33
3.3.1 Технологический расчет штуцеров.....	33
3.3.2 Расчет укрепления отверстия при внутреннем давлении	33
3.4 Расчет фланцевого соединения	49
3.4.1 Определение расчетных параметров.....	50
3.4.2 Расчет фланцевого соединения	Ошибка! Закладка не определена.
3.5 Расчет массы аппарата.....	62
3.6 Расчет седловых опор.....	63
4.БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА.....	66
4.1 Выявление вредных факторов при технологическом процессе подготовки нефти.....	66
4.2 Выявление опасных факторов при технологическом процессе подготовки нефти:.....	74
4.3 Экологическая безопасность.....	78
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	82
4.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	84
5.ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ	87
5.1 Расчёт плана производства.....	87
5.2 Расчёт капитальных вложений и стоимости основных и оборотных средств	89
5.3 Организация и планирование труда и заработной платы	90
5.4 Расчёт затрат на производство и калькуляция себестоимости	94
5.5 Экономическая оценка проекта и выводы.....	96

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	107
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	108

Введение

Сепарацией газа от нефти называют процесс отделения от жидкой фазы (нефти) газообразной фазы. Сепарация происходит при снижении давления и повышении температуры, а также вследствие молекулярной диффузии углеводородных и других компонентов, содержащихся в нефти, в пространство с их меньшей концентрацией, находящееся над нефтью. Вывод отсепарированного газа осуществляют в сепараторах, в которых поддерживаются определенное давление и температура. Каждый такой пункт вывода отсепарированного газа называется ступенью сепарации газа. С учетом того, что выделяемый газ и жидкость обладают избыточным давлением, сепарацию фаз необходимо осуществлять в сосудах, работающих под давлением (сепараторах).

Одним из наиболее распространенных видов аппаратуры в объектах промыслового сбора, подготовки нефти и газа к транспорту являются сепараторы. Предназначаются эти аппараты для отделения газа от жидкости, жидкости от газа, а в некоторых случаях оба процесса могут сопровождаться разделением жидких фаз, отличающихся своими плотностями (нефть — вода, бензин — вода).

В системах подготовки нефти и газа сепараторы используются:

- на ступенях концевой, горячей и вакуумной сепарации, а также в качестве специальных секции или встроенных узлов в аппаратах, совмещающих нагрев, обезвоживание и обессоливание нефти с сепарацией;
- перед компрессорными машинами в после них для уменьшения содержания капельной жидкости механических примесей в поступающем и выходящем газах;

- после узлов низкотемпературной конденсации для отделения газа от образовавшегося конденсата, а при положительных температурах и от углеводородного конденсата, и от воды;
- после колонн различного назначения для отделения верхнего продукта;
- внутри колонн для предотвращения механического уноса жидкой фазы (отстойники).

В зависимости от места расположения и назначения к сепараторам предъявляются следующие основные требования:

- достижение равновесия фаз жидкость — газ;
- максимальное отделение от нефти газовой фазы и механических примесей;
- очистка уходящего газа от капельной жидкости;
- предотвращение образования пены или разрушение ее;
- снижение влияния пульсации газонефтяного потока;
- четкое разделение жидких фаз (многофазные разделители).

Целью работы является разработка основного оборудования установки подготовки нефти м/р «Пионерный»

1. Обзор литературы

Двухфазный сепаратор – самое простое оборудование (из разрешенных к применению) для отделения газовой фазы от жидкой. Сепараторы бывают горизонтальными и вертикальными.

По характеру действующих сил сепараторы делятся на:

1. Гравитационные, разделение фаз в которых происходит за счет разности плотностей жидкости газа или твердых частиц газа.
2. Насадочные сепараторы, в которых фазы разделяются за счет сил тяжести и инерции.
3. Центробежные, разделение в которых происходит за счет центробежных и инерционных сил.

По форме и положению в пространстве сепараторы делятся на: цилиндрические горизонтальные с одной или двумя емкостями; цилиндрические вертикальные; сферические.

Существует множество сепараторов различных конструкций, но все они, как правило, состоят из следующих секций.

Основная сепарационная секция. Предназначается для отделения основной части жидкости (нефти, газового конденсата, воды) от входящего газожидкостного потока. Для обеспечения высокоэффективной предварительной сепарации и равномерного распределения потока по сечению аппарата применяют конструктивные устройства:

- тангенциальный ввод потока, при котором жидкость под действием центробежной силы отбрасывается к стенке сосуда и стекает по ней, а газ распределяется по сечению аппарата и выводится;
- отражательные устройства (пластины прямоугольной или круглой формы, полусферы), устанавливаемые на входе в сепаратор;
- встроенный циклон, устанавливаемый на входе в горизонтальный

сепаратор;

— конструкции, позволяющие осуществить отдельный ввод газа и жидкости в сепаратор.

Осадительная секция. В этой секции в газонефтяных сепараторах происходит дополнительное выделение пузырьков газа из жидкости. В газовых сепараторах жидкость в данной секции отделяется под действием гравитационных сил, а газ движется в сосуде с относительно низкой скоростью. В газовых сепараторах некоторых конструкций для снижения турбулентности применяют различные устройства — пластины, цилиндрические и полуцилиндрические поверхности.

Секция сбора жидкости. Служит для сбора жидкости, из которой почти полностью в предыдущих секциях выделился газ при температуре и давлении в сепараторе. Однако некоторое количество газа в ней имеется. Для сепараторов объем данной секции выбирают так, чтобы он позволил удержать отсепарированную жидкость в течение времени, необходимого для выхода пузырька газа на поверхность и вторичного попадания в газовый поток.

Секция каплеулавливания. Предназначена для улавливания частиц жидкости в уходящем из сепаратора газе. Секция состоит обычно из отбойных устройств (насадок) различного вида — керамических колец, жалюзи, пакетов из плетеной проволоочной сетки и т. д. Критерием эффективности отделения капельной жидкости от газа является величина удельного уноса жидкости, которая должна находиться в пределах от 10 до 50 мг/м³ газа.

Эффективность работы отбойных насадок зависит от нескольких факторов, основными из которых являются: допустимая скорость набегания газа, определенное количество жидкости, поступающей с газом, равномерная загрузка насадки по площади ее поперечного сечения.

Кроме функций, выполняемых описанными секциями, в конструкциях сепараторов должны предусматриваться элементы, предотвращающие образование пены и гасящие ее, а также снижающие вредное влияние пульсации газожидкостного потока на сепарацию жидкости и газа. [4]

Трехфазная сепарация

Трёхфазные сепараторы позволяют разделить три несмешивающихся фазы (газ/нефть/вода) на составляющие компоненты. Искусственно смоделируем процессы, происходящие в данном оборудовании рисунок 1.

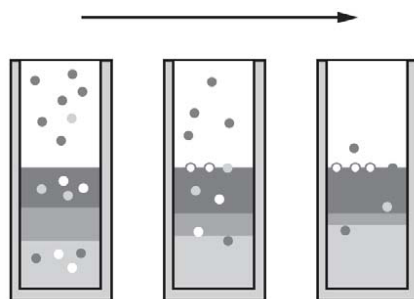


Рисунок 1 - Модель сепарации в системе нефть/газ/вода

Самое большое различие между процессами двух и трёхфазной сепарации заключается в образовании дисперсной зоны между слоями нефти и воды. Данная зона состоит из очень маленьких капелек одной фазы, диспергированной в другой фазе; она не является чисто нефтяной или же водной, а занимает промежуточное положение между ними (*Цилиндр 1*). Дисперсная зона является нестабильной и в течение определённого времени за счёт процессов коалесценции происходит постепенный переход диспергированных капелек жидкости в непрерывную фазу (*Цилиндр 2*). За счёт этого происходит частичное «размывание» дисперсной зоны, что, в конечном счете, приводит к полному разделению фаз в системе нефть-вода (*Цилиндр 3*). Таким образом, дисперсная зона играет роль «переправы» между двумя несмешивающимися жидкостями: осаждающиеся капли воды переходят в водную фазу, а капли нефти поднимаются через слой воды в

нефтяную фазу. Пузырьки газа, находящиеся как в нефтяной, так и в водной фазах, поднимаются вверх. Таким образом, пузырёк газа, поднимаясь из жидкой фазы с большей плотностью, должен последовательно преодолеть зону воды, дисперсную зону и слой нефти.

Таким образом, в процессе трёхфазной сепарации одновременно должны осуществляться четыре процесса:

- Пузырьки газа поднимаются в слое воды и нефти
- Капли воды осаждаются в слое нефти
- Капли нефти поднимаются в слое воды
- В дисперсной зоне происходит коалесценция капель дисперсной фазы с соответствующей непрерывной зоной.

И только через достаточно долгий период времени (цилиндр 3) происходит практически полное разделение фаз и система приходит в состояние термодинамического равновесия. Следует подчеркнуть, что присутствие дисперсной зоны приводит к значительному увеличению сложности расчёта размера оборудования. Во многих случаях использование времён удерживания нефти и газа в сепараторе позволяет значительно упростить данные расчёты, хотя принципиально возможно описание системы с помощью вычисления скоростей осаждения/всплытия капелек дисперсной фазы в непрерывной фазе.

На рисунке 2 представлено принципиальное устройство и технологические особенности работы трёхфазного сепаратора, в частности, показано, что на входе в сепаратор происходит постепенное разделение смеси на газовую и дисперсную зону, которая затем постепенно размывается.

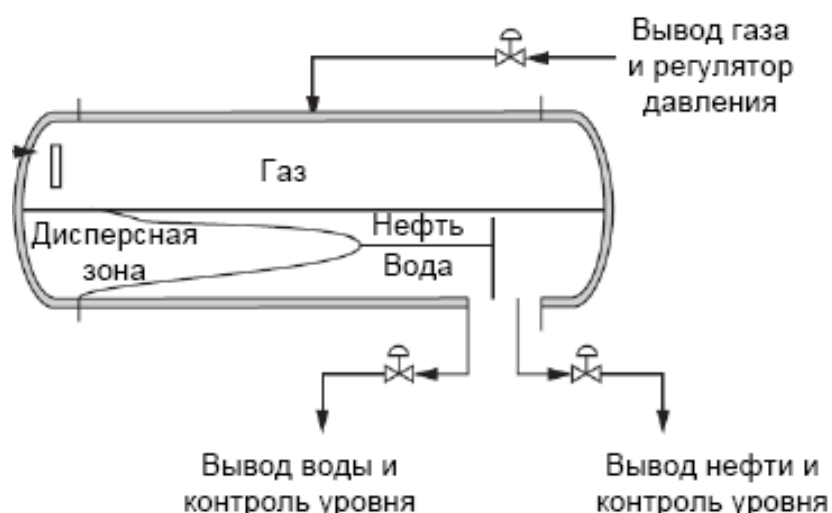


Рисунок 2 - Принцип работы трехфазного сепаратора

Использование сепараторов в установках подготовки нефти и газа

В установках подготовки нефти (УПН) наиболее распространены горизонтальные сепараторы. Их устанавливают как на первых, так и на конечных ступенях сепарации. Известно, что в газонефтяной смеси, поступающей на центральный пункт сбора, содержится значительное количество механических примесей. В этих условиях наиболее рационально применение вертикальных сепараторов, имеющих хороший естественный сток. Однако, как было показано выше, горизонтальные сепараторы имеют более высокую единичную производительность. Это преимущество оказалось решающим, и горизонтальные нефтегазосепараторы применяются наиболее широко. Кроме того, вертикальные сепараторы неудобны в обслуживании при необходимости их установки на постаменты высотой 6—12 м. Применяются одно- и двухкорпусные горизонтальные цилиндрические сепараторы. Двухкорпусные сепараторы менее распространены на промыслах, так как они обычно имеют меньшую площадь газового потока и меньшую поверхность контакта по сравнению с однокорпусными сепараторами сопоставимой стоимости. Время отстоя жидкости в двухкорпусных сепараторах также меньше, чем в однокорпусных.

При необходимости очистки газа от капельной жидкости в газонефтяных сепараторах применяют отбойники различных конструкций и устанавливают их в сепараторах. Два отбойника часто устанавливают последовательно, если требования к уходящему из сепаратора газу по наличию капельной жидкости очень высоки. Это бывает в тех случаях, когда газ направляют на компрессорные станции. Два отбойника можно установить и для параллельной работы, если производительность по газу особенно велика.

В шестидесятые годы в нефтяной промышленности широко использовались горизонтальные газонефтесепараторы с гидроциклонными приставками, позволяющими интенсифицировать работу сепаратора. Однако гидроциклонные сепараторы неодинаково эффективно работают на месторождениях с различными газовыми факторами. Так, при газовых факторах 300—400 м³/м³ отмечается их неустойчивая работа. Кроме того, резкое изменение объема поступающей смеси также снижает эффективность их работы. Поэтому применять их следует только после тщательного анализа всех условий.

Вертикальные сепараторы более широко применяются в установках подготовки газа. При невысоких и средних производительностях им следует отдавать предпочтение при необходимости разделения трех фаз: газа, конденсата и воды. По сравнению с горизонтальными сепараторами условия отделения жидких фаз от воды в вертикальном аппарате наиболее благоприятны. Кроме того, в условиях множества разнообразных аппаратов на газоочистных и газобензиновых производствах, небольшая площадь, занимаемая вертикальными сепараторами. — важное преимущество.

Выбор сепаратора того или иного типа должен осуществляться на основе технико-экономического анализа с минимизацией приведенных затрат при сопоставимости качества продукции.

Вопросы сепарации и предварительного сброса воды особенно остро встают в тех случаях, когда обводненность продукции скважин начинает превышать 25–30%, так как существующие комплексы подготовки нефти УПН в начальный период разработки нефтяных месторождений рассчитывались для приема сырья, содержащего не более 30% пластовой воды, и имели очистные сооружения соответствующей производительности. Поэтому задача повышения производительности установок подготовки нефти и объектов очистки воды на поздней стадии разработки нефтяных месторождений решается путем организации предварительного сброса воды в системе сбора или УПН. Поскольку предварительный сброс воды на УПН, предусматривает одновременно выделение из нефти газа, правильный выбор параметров и режимов предварительного сброса воды и сепарации газа является актуальной проблемой. В практике сброс попутно добываемой воды до 10% остаточной воды в нефти осуществляется, как правило, при естественной температуре жидкости и при добавлении деэмульгатора (при обводненности добываемой продукции 40–70%). При обводненности более 70% происходит обращение фаз, при котором внешней фазой становится вода, и в этом случае производится сброс так называемой свободной воды.

Организация предварительного сброса воды должна предусматривать как мероприятия по повышению качества сепарации и обезвоживания нефти, так и по получению качественной пластовой воды без использования значительных дополнительных средств, т.к. при высокой обводненности продукции скважин (80-90%) значительный объем капитальных вложений приходится на сооружения по очистке воды (порядка 40-50% от стоимости УПН).

Наиболее эффективно сброс и утилизация свободной пластовой воды в условиях добычи нефти и газа могут быть решены в процессе сепарации нефти от газа с использованием трехфазных сепараторов и концевых делителей фаз.

Качество частично обезвоженной нефти колеблется в широких и зависит от соблюдения тепло химических условий разрушения бронирующих оболочек на каплях эмульгированной воды. Данные аппараты позволяют получить незначительно загрязненную воду непосредственно в процессе её сброса.

Использование трехфазных сепараторов позволяет значительно повысить качество сепарации за счет гашения пульсаций поступающего потока, гашения образовавшейся пены, отбору и обработке при данных условиях всего объема газа, поступающего на сепарационный узел совместно с жидкостью, при этом достигается значительное снижение обводненности нефти. На качество отдельных фаз при совмещении процессов сепарации и предварительного сброса в различных узлах технологической цепочки первичной подготовки обводненной нефти значительно влияют газосодержание продукции скважин на входе в аппарат, гидродинамические условия, так и нагрузка по жидкости. [4]

2. Описание технологической схемы [34]

Сырая нефть с давлением 0,3-0,8МПа, поступает на оперативные узлы учета нефти с направлений: Первомайского, Западно – Катыльгинского, Оленьего, Ломового, Южно-Черемшанского и Крапивинского месторождений. Газожидкостная смесь от Катыльгинского и Онтонигайского месторождений поступает напрямую на вход установки подготовки нефти.

Газожидкостная смесь с давлением 0,2-0,8МПа из коллектора после узлов учета нефти поступает в трехфазные сепараторы ТФС-1, ТФС-2 через задвижки Аз1, 2н, 1н.

С целью увеличения интенсивности обезвоживания, перед входом в сепараторы предварительного сброса воды ТФС-1,ТФС-2 в трубопровод предусмотрена подача деэмульгатора от БРХ с давлением 0,3-0,8МПа через задвижку 1а.

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

Трехфазный сепаратор представляет собой горизонтальный отстойный аппарат объемом 200м³. Внутри аппарата на уровне 225см расположена перегородка, которая делит аппарат на два отсека (технологический и буферный). Нефтеводогазовая смесь поступает в сепараторы через устройство ввода, где плавно подается на верхний уровень жидкой фазы с малым образованием пены и равномерно распределяется по сечению сепаратора перегородкой из просечно-вытяжного листа. Далее нефть проходит пакеты Л-образных пластин, освобождаясь от газа и поступает в секцию сбора нефти. .

Попутный нефтяной газ из аппаратов ТФС-1(ТФС-2) через задвижки №121г(125г) подается на установку осушки газа, либо через задвижки №3г, 4г, 5г(№8г, 9г, 10г) утилизируется на факеле высокого или через задвижки №2г(7г) на факеле низкого давления.

Подтоварная вода по межфазному уровню под собственным давлением подается из сепараторов ТФС-1 (через задвижки №1в, 3в, 4в, 5в, клапан LCV4111) и ТФС-2 (через задвижки №2в, 6в, 7в, 8в, 10в, 11в, через узел замера поз. FQIR-3111а задвижки 10в,11в(FQIR-3111б задвижки 30в,31в) на очистные сооружения.

Для обеспечения контроля качества выхода нефти на трубопроводе нефти после ТФС-1,2 расположен ручной пробоотборник.

Нефть прошедшая предварительное обезвоживание в сепараторах ТФС-1, ТФС-2 поступает в подогреватели нефти, представляющие собой печи трубчатые блочные (ПТБ-10). Тепловая мощность печи 10 Гкал/час(11,6МВт). Нефть в печах подогревается до температуры 40-50⁰С за счет сжигания попутного нефтяного газа. В теплообменной камере осуществляется процесс теплообмена между продуктами сгорания топливного газа, омывающими наружные поверхности труб секций змеевика, и нагреваемым продуктом, перемещающимся внутри труб змеевика. Сжигание осуществляется с принудительной подачей воздуха радиальным вентилятором с электрическим приводом. Имеется возможность поддержания оптимального соотношения воздух-газ с помощью заслонок, находящихся на коллекторе и линиях подачи воздуха к форсункам и частотного регулирования электрического привода вентилятора.

Горячая нефть после печей ПТБ через задвижки 9н,10н поступает в сепараторы концевой ступени сепарации КСУ-1, КСУ-2, где происходит ее полное разгазирование при давлении 2,0-5,0КПа. Выделившийся попутный нефтяной газ утилизируется на факеле низкого давления.

Нефть из сепараторов КСУ-1, КСУ-2 за счет разности высотных отметок сливается через задвижки 11н,12н,14н,15н в электродегидраторы ЭГ-1, ЭГ-2, где происходит дальнейшее обезвоживание нефти.

Электродегидратор представляет собой горизонтальный отстойный аппарат, в котором на подвесных изоляторах закреплены электроды решетчатой

конструкции, подсоединенные к высоковольтной обмотке трансформатора. Питание трансформатора осуществляется от сети с напряжением $V=380$ В. Нефть подается в электродегидратор через маточник, обеспечивающий равномерное поступление ее по всему сечению аппарата. Для более эффективной работы электродегидратора, необходимо поддерживать уровень воды на высоте 200-300 мм выше маточника. В этом случае эмульсия нефти проходит слой отстоявшейся воды, где происходит водная промывка эмульсии и отделение пластовой воды. Затем эмульсия подвергается обработке в зоне слабой напряженности электрического поля (уровень воды – нижние электроды) и в зоне сильной напряженности междуэлектродного пространства. Нормальная работа электродегидратора возможна только при полном заполнении его нефтью и отсутствия газовой «подушки». С этой целью регулирование уровня производится в КСУ-1,2 расположенным на отметке выше ЭГ-1,2 и обеспечивающем полное их заполнение нефтью, а также отвод газовой фазы из ЭГ-1, 2 в КСУ-1,2

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

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

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

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

3. Трехфазный сепаратор

3.1 Технологический расчет

Исходные данные:

$Q_{эм} := 10600$	$\frac{м^3}{сут}$	Нагрузка по эмульсии	[34]
$P := 0.8$	$МПа$	Давление в сепараторе	[34]
$t := 5$	$^{\circ}C$	Температура эмульсии	[34]
$d := 0.0003$	$М$	Диаметр капель воды	
$M_{г} := 32.06$	$кг/моль$	Средняя молекулярная масса	[34]
$\rho_{н} := 843$	$\frac{кг}{м^3}$	Плотность нефти	[34]
$y := 104.7$	$\frac{м^3}{т}$	Газонасыщенность	[2]
$\rho_{г} := 1.4$	$\frac{кг}{м^3}$	Плотность газа	[34]
$g := 9.81$	$\frac{м}{с^2}$	Ускорение свободного падения	

Средняя молекулярная масса нефти [1] :

$$M_{н} := 44.3 \cdot \frac{\rho_{н} + \rho_{г} \cdot y}{1030 - \rho_{н} + 1.845 \cdot y} = 115.312 \quad кг/моль \quad (1)$$

Молярная доля газообразной фазы в ТФС [1] :

$$N_V := \frac{n_{г}}{n_{н} + n_{г}} \quad (2)$$

$$N_V := 0.356 \quad (3)$$

Отсюда следует:

$$n_{г} = 0.403 \cdot n_{н} \quad (4)$$

Так как масса вещества равна произведению числа молей вещества на его молекулярную массу, то масса нефти в сепараторе равна [1]:

$$m_n = n_r \cdot M_r \quad (5)$$

$$O_t := 0.803 \cdot \frac{M_r}{M_n} = 0.223 \quad (6)$$

Так как максимальная нагрузка сепаратора 10600 м³/сут по жидкости, обводненной до 10%, то нефти в ней [4] :

$$N_n := Q_{эм} \cdot 0.9 = 9.54 \times 10^3 \text{ м}^3/\text{сут} \quad (7)$$

Масса которой равна [4] :

$$G_n := N_n \cdot \frac{\rho_n}{10^3} = 8.042 \times 10^3 \text{ кг/сут} \quad (8)$$

Массовая нагрузка на ТФС по газу [4] :

$$G_r := G_n \cdot O_t \cdot 10^3 = 1.795 \times 10^6 \text{ т/сут} \quad (9)$$

Объемная нагрузка на ТФС [4] :

$$Q_r := 22.4 \cdot \frac{G_r}{M_r} = 1.254 \times 10^6 \text{ м}^3/\text{сут} \quad (10)$$

Принимаем по ТУ 8351-076-002117298-96 трехфазный сепаратор типа НГСВ-1,6-3400

Длина сепаратора 23460 мм

Диаметр 3400 мм

3.2. Механический расчет

Исходные данные:

$D_{внут} := 3400$	мм	Внутренний диаметр аппарата
$P_{раб} := 0.8$	МПа	Рабочее давление аппарата
$v := 0.75$		Степень заполнения аппарата рабочей средой
$T_{рабч} := 15$	оС	Максимальная температура среды
$T_{эксп} := 20$	лет	Срок эксплуатации аппарата
$\Pi := 0.1$	мм/год	Скорость коррозии сталей 09Г2С
$\rho_{среды} := 856.5$	кг/м ³	Плотность рабочей среды

[34]

$\rho_{\text{воды}} := 998$	кг/м ³	Плотность воды при гидравлическом испытании	
$\varphi := 1$		Коэффициент прочности сварного шва	[5]
$\sigma_{20} := 196$	МПа	Допускаемое напряжение при 20 °С	[5]
$\sigma_t = 197$	МПа	Допускаемое напряжение при рабочей температуре	[5]
$R_{e,20} := 300$	МПа	Минимальное значение предела текучести при температуре 20 °С	[5]
$n_T := 1.1$		Коэффициент запаса прочности по пределу текучести	[5]
$\eta := 0.9$		Коэффициент номинального уменьшения допускаемого напряжения	[5]
$L := 21000 \cdot 10^{-3}$	м	Длина обечайки	

3.1 Расчет толщины стенки цилиндрической обечайки, нагруженной внутренним избыточным давлением

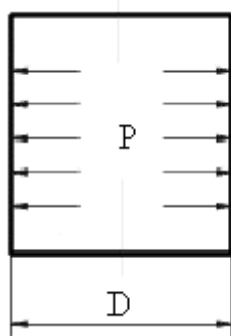


Рисунок. 3 Расчетная схема цилиндрической обечайки

3.1.1 Расчетные параметры:

Расчетное значение внутреннего избыточного давления:

$$P_{\text{расч}} := P_{\text{раб}} + \frac{(\rho_{\text{среды}} \cdot g \cdot v \cdot D_{\text{внут}})}{10^9} = 0.821 \quad \text{МПа} \quad (11)$$

т.к расчетная температура меньше 20 °С, то допускаемое напряжение принимаем такими же, как и при 20°С

$$\sigma_t = \sigma_{20} = 196 \text{ МПа} \quad (12)$$

Давление при испытании на прочность:

$$P_{\text{исп}} := 1.25 \cdot P_{\text{расч}} \cdot \frac{\sigma_{20}}{\sigma_t} = 1 \text{ МПа} \quad (13)$$

Давление при гидравлическом испытании:

$$P_{\text{исп. расч}} := P_{\text{исп}} + \frac{(\rho_{\text{воды}} \cdot g \cdot D_{\text{внут}})}{10^9} = 1.033 \text{ МПа} \quad (14)$$

Допускаемое напряжение для стали 09Г2С при гидравлических испытаниях:

$$\sigma_n := \text{Floor}\left(\frac{R_{e,20}}{n_T}, 0.5\right) = 272.5 \text{ МПа} \quad (15)$$

3.1.2 Расчет толщины стенки при гидравлическом испытании и при рабочем давлении:

Расчет толщины стенки цилиндрической обечайки:

- при рабочих условиях:

$$s_{\text{расч}} := \frac{P_{\text{расч}} \cdot D_{\text{внут}}}{2 \cdot \sigma_t \cdot \varphi - P_{\text{расч}}} = 7.14 \text{ мм} \quad (16)$$

- при гидравлических испытаниях:

$$s_{\text{исп. расч}} := \frac{P_{\text{исп. расч}} \cdot D_{\text{внут}}}{2 \cdot \sigma_n \cdot \varphi - P_{\text{исп. расч}}} = 5.82 \text{ мм} \quad (17)$$

Прибавка на коррозию:

$$c_1 := T \cdot \Pi = 2 \text{ мм} \quad (18)$$

Принимаем исполнительную толщину цилиндрической обечайки:

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

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

Принимаем из стандартного ряда[7]:

$$s_{\text{обечайки. действ}} := 12 \text{ мм}$$

*(с прибавками на компенсацию минусового допуска и компенсации утонения стенки при технологических операциях)

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

$$Prov := \begin{cases} \text{"Условие применения формул выполняются"} & \text{if } \frac{S_{\text{обечайки.действ}} - c_1}{D_{\text{внут}}} \leq 0.1 \\ \text{"Условие НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Prov = \text{"Условие применения формул выполняются"}$$

Расчет допускаемого давления

Расчет допускаемого внутреннего избыточного давления:

- при рабочих условиях:

$$P_{\text{доп.рабоч.об}} := \frac{2 \cdot \sigma_t \cdot \varphi \cdot (S_{\text{обечайки.действ}} - c_1)}{D_{\text{внут}} + (S_{\text{обечайки.действ}} - c_1)} = 1.15 \text{ МПа} \quad (18)$$

- при условиях испытания:

$$P_{\text{доп.испыт.об}} := \frac{2 \cdot \sigma_{\text{и}} \cdot \varphi \cdot (S_{\text{обечайки.действ}} - c_1)}{D_{\text{внут}} + (S_{\text{обечайки.действ}} - c_1)} = 1.598 \text{ МПа} \quad (19)$$

Проверка выполнения условия прочности цилиндрической обечайки

Проверка выполнения условия прочности цилиндрической обечайки под действием внутреннего давления в рабочих условиях.

$$U_{\text{проч.раб.}} := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } P_{\text{доп.рабоч.об}} \geq P_{\text{расч}} \\ \text{"Условие прочности не выполняется"} & \text{if } P_{\text{доп.рабоч.об}} < P_{\text{расч}} \end{cases}$$

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

Проверка выполнения условия прочности цилиндрической обечайки под действием внутреннего давления в условиях испытания

$$U_{\text{проч.исп.}} := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } P_{\text{доп.испыт.об}} \geq P_{\text{расч}} \\ \text{"Условие прочности не выполняется"} & \text{if } P_{\text{доп.испыт.об}} < P_{\text{исп.расч}} \end{cases}$$

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

3.2 Расчет выпуклой (эллиптической) крышки

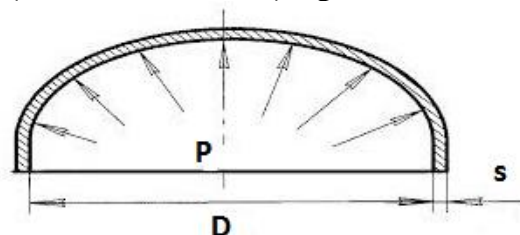


Рисунок. 4 Расчетная схема эллиптической крышки

3.2.1 Расчет толщины стенки крышки при гидравлическом испытании и при рабочем давлении:

$$S_{\text{р.эллип.крышки}} := \max \left(\frac{P_{\text{расч}} \cdot D_{\text{внут}}}{2 \cdot \sigma_t \cdot \varphi - 0.5 P_{\text{расч}}}, \frac{P_{\text{исп.расч}} \cdot D_{\text{внут}}}{2 \cdot \sigma_{\text{и}} \cdot \varphi - 0.5 P_{\text{исп.расч}}} \right) = 7.132 \text{ мм} \quad (20)$$

$$S_{\text{эллипт.крышки}} := \text{ceil}(S_{\text{р.эллип.крышки}} + c_1) = 10 \text{ мм} \quad (21)$$

Принимаем исполнительную толщину из стандартного ряда

$$S_{\text{эллипт.крышки}} := 12 \text{ мм}$$

Проверка условия применения формул для эллиптических крышек:

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

$$Prov = \text{"Условия применения формул выполняются"}$$

Расчет допускаемого давления

Расчет допускаемого внутреннего избыточного давления:

- при рабочих условиях:

$$P_{\text{доп.рабоч.кр}} := \frac{2 \cdot \sigma_t \cdot \varphi \cdot (S_{\text{эллипт.крышки}} - c_1)}{D_{\text{внут}} + 0.5(S_{\text{эллипт.крышки}} - c_1)} = 1.151 \text{ МПа} \quad (22)$$

- при условиях испытания:

$$P_{\text{доп.испыт.кр}} := \frac{2 \cdot \sigma_{\text{и}} \cdot \varphi \cdot (S_{\text{эллипт.крышки}} - c_1)}{D_{\text{внут}} + 0.5(S_{\text{эллипт.крышки}} - c_1)} = 1.601 \text{ МПа} \quad (23)$$

Проверка выполнения условия прочности эллиптической крышки

Проверка выполнения условия прочности эллиптической крышки под действием внутреннего давления в рабочих условиях.

$$U_{\text{проч.раб.кр}} := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } P_{\text{доп.рабоч.кр}} \geq P_{\text{расч}} \\ \text{"Условие прочности не выполняется"} & \text{if } P_{\text{доп.рабоч.кр}} < P_{\text{расч}} \end{cases}$$

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

Проверка выполнения условия прочности эллиптической крышки под действием внутреннего давления в рабочих условиях.

$$U_{\text{проч.испыт.кр}} := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } P_{\text{доп.испыт.кр}} \geq P_{\text{расч}} \\ \text{"Условие прочности не выполняется"} & \text{if } P_{\text{доп.испыт.кр}} < P_{\text{испыт.расч}} \end{cases}$$

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

Принимаем исполнительную толщину стенки эллиптической крышки 12 мм.

3.3 Расчет штуцеров

3.3.1 Технологический расчет штуцеров

$Q_{эм} := 443 \text{ м}^3/\text{ч}$ - объемная производительность эмульсии; [34]

$Q_n := 237 \text{ м}^3/\text{ч}$ - объемная производительность нефти; [34]

Расчет диаметров штуцеров проводим по формуле[8]:

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

где ω - скорость движения эмульсии, принимаем скорость движения равную
 $\omega := 1 \text{ м/с}$

Штуцер для ввода эмульсии:

$$d_y := \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{эм}}{\pi \cdot \omega \cdot 3600}} = 0.396 \text{ м} \quad (24)$$

Принимаем штуцер с $Dy=400 \text{ мм}$

Штуцер для выхода нефти:

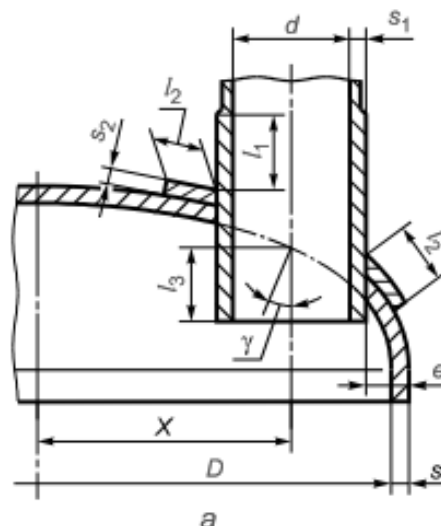
$$d_y := \sqrt{\frac{4 \cdot Q_n}{\pi \cdot \omega \cdot 3600}} = 0.29 \text{ м} \quad (25)$$

м

Принимаем штуцер с $Dy=300 \text{ мм}$

Остальные диаметры штуцеров принимаем конструктивно, исходя из функционального назначения.

3.3.2 Расчет укрепления отверстия при внутреннем давлении:



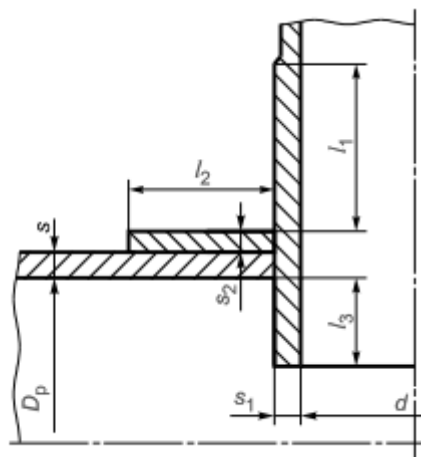


Рисунок.5 Схема укрепления отверстия

Внутренние диаметры штуцеров:

$$d_1 := 800 \text{ мм}$$

$$d_2 := 500 \text{ мм}$$

$$d_3 := 400 \text{ мм}$$

$$d_4 := 300 \text{ мм}$$

$$d_5 := 250 \text{ мм}$$

$$d_6 := 200 \text{ мм}$$

$$d_7 := 150 \text{ мм}$$

$$d_8 := 100 \text{ мм}$$

$$d_9 := 50 \text{ мм}$$

Расстояния от центра укрепляемого отверстия до центра эллиптической крышки

$$x_1 := 0 \text{ мм}$$

$$x_2 := 900 \text{ мм}$$

$$x_3 := 1000 \text{ мм}$$

$$x_4 := 1100 \text{ мм}$$

Основные формулы расчета:

Расчетные диаметры

-для цилиндрической обечайки:

$$D_{\text{р.обеч}} := D_{\text{внут}} = 3.4 \times 10^3 \text{ мм} \quad (26)$$

-для эллиптической крышки:

$$D_{\text{р.д.1}} := 2 \cdot D_{\text{внут}} \cdot \sqrt{1 - 3 \cdot \left(\frac{x_1}{D_{\text{внут}}} \right)^2} = 6.8 \times 10^3 \text{ мм} \quad (27)$$

$$D_{\text{р.д.2}} := 2 \cdot D_{\text{внут}} \cdot \sqrt{1 - 3 \cdot \left(\frac{x_2}{D_{\text{внут}}} \right)^2} = 6.043 \times 10^3 \text{ мм} \quad (28)$$

$$D_{p.д.3} := 2 \cdot D_{внут} \cdot \sqrt{1 - 3 \cdot \left(\frac{x_3}{D_{внут}} \right)^2} = 5.851 \times 10^3 \text{ мм} \quad (29)$$

$$D_{p.д.4} := 2 \cdot D_{внут} \cdot \sqrt{1 - 3 \cdot \left(\frac{x_4}{D_{внут}} \right)^2} = 5.632 \times 10^3 \text{ мм} \quad (30)$$

Расчетный диаметр отверстия для штуцеров:

-для цилиндрической обечайки:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

-для эллиптической крышки:

$$d_{p10} := \frac{(d_2 + 2c_1)}{\sqrt{1 - 2 \cdot \left(\frac{x_1}{D_{p.д.1}} \right)^2}} = 504 \text{ мм} \quad (31)$$

$$d_{p11} := \frac{(d_3 + 2c_1)}{\sqrt{1 - 2 \cdot \left(\frac{x_2}{D_{p.д.2}} \right)^2}} = 413.27 \text{ мм} \quad (32)$$

$$d_{p12} := \frac{(d_9 + 2c_1)}{\sqrt{1 - 2 \cdot \left(\frac{x_3}{D_{p.д.3}} \right)^2}} = 55.65 \text{ мм} \quad (33)$$

$$d_{p13} := \frac{(d_9 + 2c_1)}{\sqrt{1 - 2 \cdot \left(\frac{x_4}{D_{p.д.4}} \right)^2}} = 56.186 \text{ мм} \quad (34)$$

Расчет толщины стенок

Для штуцеров d=800 мм

$$s_{штуц.Ду800.p} := \max \left[\frac{P_{расч} \cdot (d_1 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_t - P_{расч})}, \frac{P_{исп.расч} \cdot (d_1 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{и} - P_{исп.расч})} \right] = 1.688 \text{ мм} \quad (35)$$

Для штуцеров d=500 мм

$$s_{штуц.Ду500.p} := \max \left[\frac{P_{расч} \cdot (d_2 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_t - P_{расч})}, \frac{P_{исп.расч} \cdot (d_2 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{и} - P_{исп.расч})} \right] = 1.058 \text{ мм} \quad (36)$$

Для шутцеров d=400 мм

$$s_{\text{штуц.Ду400.р}} := \max \left[\frac{P_{\text{расч}} \cdot (d_3 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_t - P_{\text{расч}})}, \frac{P_{\text{исп.расч}} \cdot (d_3 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{и}} - P_{\text{исп.расч}})} \right] = 0.848 \text{ мм} \quad (37)$$

Для шутцеров d=300 мм

$$s_{\text{штуц.Ду300.р}} := \max \left[\frac{P_{\text{расч}} \cdot (d_4 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_t - P_{\text{расч}})}, \frac{P_{\text{исп.расч}} \cdot (d_4 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{и}} - P_{\text{исп.расч}})} \right] = 0.638 \text{ мм} \quad (38)$$

Для шутцеров d=250 мм

$$s_{\text{штуц.Ду250.р}} := \max \left[\frac{P_{\text{расч}} \cdot (d_5 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_t - P_{\text{расч}})}, \frac{P_{\text{исп.расч}} \cdot (d_5 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{и}} - P_{\text{исп.расч}})} \right] = 0.533 \text{ мм} \quad (39)$$

Для шутцеров d=200 мм

$$s_{\text{штуц.Ду200.р}} := \max \left[\frac{P_{\text{расч}} \cdot (d_6 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_t - P_{\text{расч}})}, \frac{P_{\text{исп.расч}} \cdot (d_6 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{и}} - P_{\text{исп.расч}})} \right] = 0.428 \text{ мм} \quad (40)$$

Для шутцеров d=150 мм

$$s_{\text{штуц.Ду150.р}} := \max \left[\frac{P_{\text{расч}} \cdot (d_7 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_t - P_{\text{расч}})}, \frac{P_{\text{исп.расч}} \cdot (d_7 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{и}} - P_{\text{исп.расч}})} \right] = 0.323 \text{ мм} \quad (41)$$

Для шутцеров d=100 мм

$$s_{\text{штуц.Ду100.р}} := \max \left[\frac{P_{\text{расч}} \cdot (d_8 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_t - P_{\text{расч}})}, \frac{P_{\text{исп.расч}} \cdot (d_8 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{и}} - P_{\text{исп.расч}})} \right] = 0.218 \text{ мм} \quad (42)$$

Для шутцеров d=50 мм

$$s_{\text{штуц.Ду50.р}} := \max \left[\frac{P_{\text{расч}} \cdot (d_9 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_t - P_{\text{расч}})}, \frac{P_{\text{исп.расч}} \cdot (d_9 + 2c_1)}{(2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{и}} - P_{\text{исп.расч}})} \right] = 0.113 \text{ мм} \quad (43)$$

Принимаем штуцера по [6] ,

Труба 820х10-09Г2С

Толщина стенки штуцера 10 мм.

Труба 530х10-09Г2С

Толщина стенки штуцера 10 мм.

Труба 426х10-09Г2С

Толщина стенки штуцера 10 мм.

Труба 325х10-09Г2С

Толщина стенки штуцера 10 мм.

Труба 273х7-09Г2С

Толщина стенки штуцера 7 мм.

Труба 219х7-09Г2С

Толщина стенки штуцера 7 мм.

Труба 159х4.5-09Г2С

Толщина стенки штуцера 4.5 мм

Труба 108х4-09Г2С

Толщина стенки штуцера 4 мм

Труба 57х3.5-09Г2С

Толщина стенки штуцера 3.5 мм

$$s_{штуц, Ду800} := 10 \text{ мм}$$

$$s_{штуц, Ду500} := 10 \text{ мм}$$

$$s_{штуц, Ду400} := 10 \text{ мм}$$

$$s_{штуц, Ду300} := 10 \text{ мм}$$

$$s_{штуц, Ду250} := 7 \text{ мм}$$

$$s_{штуц, Ду200} := 7 \text{ мм}$$

$$s_{штуц, Ду150} := 4.5 \text{ мм}$$

$$s_{штуц, Ду100} := 4 \text{ мм}$$

$$s_{штуц, Ду50} := 3.5 \text{ мм}$$

Расчетные длины штуцеров

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

$l_1 := 350 \text{ мм}$ - принимаем исполнительную длину внешней части штуцера

$l_2 := 100 \text{ мм}$ - принимаем исполнительную длину внутренней части штуцера

-для штуцера Ду800:

$$l_{1р.штуц, Ду800} := \min \left[l_1, 1.25 \cdot \sqrt{(d_1 + 2c_1) \cdot (s_{штуц, Ду800} - c_1)} \right] = 100.25 \text{ мм} \quad (44)$$

$$l_{2р.штуц, Ду800} := \min \left[l_2, 0.5 \cdot \sqrt{(d_1 + 2c_1) \cdot (s_{штуц, Ду800} - c_1)} \right] = 40.1 \text{ мм} \quad (45)$$

Принимаем:

$$l_{1.штуц, Ду800} := \text{ceil}(\max(l_{1р.штуц, Ду800}, l_1)) = 350 \text{ мм}. \quad (46)$$

$$l_{2.штуц, Ду800} := \text{ceil}(\max(l_{2р.штуц, Ду800}, l_2)) = 100 \text{ мм}. \quad (47)$$

-для штуцера Ду500:

$$l_{1р.штуц, Ду500} := \min \left[l_1, 1.25 \cdot \sqrt{(d_2 + 2c_1) \cdot (s_{штуц, Ду500} - c_1)} \right] = 79.373 \text{ мм} \quad (48)$$

$$l_{2р.штуц, Ду500} := \min \left[l_2, 0.5 \cdot \sqrt{(d_2 + 2c_1) \cdot (s_{штуц, Ду500} - c_1)} \right] = 31.749 \text{ мм} \quad (49)$$

Принимаем:

$$l_{1.штуц, Ду500} := \text{ceil}(\max(l_{1р.штуц, Ду500}, l_1)) = 350 \text{ мм}. \quad (50)$$

$$l_{2.штуц, Ду500} := \text{ceil}(\max(l_{2р.штуц, Ду500}, l_2)) = 100 \text{ мм}. \quad (51)$$

-для штуцера Ду400:

$$l_{1р.штуц, Ду400} := \min \left[l_1, 1.25 \cdot \sqrt{(d_3 + 2c_1) \cdot (s_{штуц, Ду400} - c_1)} \right] = 71.063 \text{ мм} \quad (52)$$

$$l_{2р.штуц, Ду400} := \min \left[l_2, 0.5 \cdot \sqrt{(d_3 + 2c_1) \cdot (s_{штуц, Ду400} - c_1)} \right] = 28.425 \text{ мм} \quad (53)$$

Принимаем:

$$l_{1.штуц, Ду400} := \text{ceil}(\max(l_{1р.штуц, Ду400}, l_1)) = 350 \text{ мм.} \quad (54)$$

$$l_{2.штуц, Ду400} := \text{ceil}(\max(l_{2р.штуц, Ду400}, l_2)) = 100 \text{ мм.} \quad (55)$$

-для штуцера Ду300:

$$l_{1р.штуц, Ду300} := \min\left[l_1, 1.25 \cdot \sqrt{(d_4 + 2c_1) \cdot (s_{штуц, Ду300} - c_1)}\right] = 61.644 \text{ мм} \quad (56)$$

$$l_{2р.штуц, Ду300} := \min\left[l_2, 0.5 \cdot \sqrt{(d_4 + 2c_1) \cdot (s_{штуц, Ду300} - c_1)}\right] = 24.658 \text{ мм} \quad (57)$$

Принимаем:

$$l_{1.штуц, Ду300} := \text{ceil}(\max(l_{1р.штуц, Ду300}, l_1)) = 350 \text{ мм.} \quad (58)$$

$$l_{2.штуц, Ду300} := \text{ceil}(\max(l_{2р.штуц, Ду300}, l_2)) = 100 \text{ мм.} \quad (59)$$

-для штуцера Ду250:

$$l_{1р.штуц, Ду250} := \min\left[l_1, 1.25 \cdot \sqrt{(d_5 + 2c_1) \cdot (s_{штуц, Ду250} - c_1)}\right] = 44.546 \text{ мм} \quad (60)$$

$$l_{2р.штуц, Ду250} := \min\left[l_2, 0.5 \cdot \sqrt{(d_5 + 2c_1) \cdot (s_{штуц, Ду250} - c_1)}\right] = 17.819 \text{ мм} \quad (61)$$

Принимаем:

$$l_{1.штуц, Ду250} := \text{ceil}(\max(l_{1р.штуц, Ду250}, l_1)) = 350 \text{ мм} \quad (62)$$

$$l_{2.штуц, Ду250} := \text{ceil}(\max(l_{2р.штуц, Ду250}, l_2)) = 100 \text{ мм} \quad (63)$$

-для штуцера Ду200:

$$l_{1р.штуц, Ду200} := \min\left[l_1, 1.25 \cdot \sqrt{(d_6 + 2c_1) \cdot (s_{штуц, Ду200} - c_1)}\right] = 39.922 \text{ мм} \quad (64)$$

$$l_{2р.штуц, Ду200} := \min\left[l_2, 0.5 \cdot \sqrt{(d_6 + 2c_1) \cdot (s_{штуц, Ду200} - c_1)}\right] = 15.969 \text{ мм} \quad (65)$$

Принимаем:

$$l_{1.штуц, Ду200} := \text{ceil}(\max(l_{1р.штуц, Ду200}, l_1)) = 350 \text{ мм} \quad (66)$$

$$l_{2.штуц, Ду200} := \text{ceil}(\max(l_{2р.штуц, Ду200}, l_2)) = 100 \text{ мм} \quad (67)$$

-для штуцера Ду150:

$$l_{1р.штуц, Ду150} := \min\left[l_1, 1.25 \cdot \sqrt{(d_7 + 2c_1) \cdot (s_{штуц, Ду150} - c_1)}\right] = 24.527 \text{ мм} \quad (68)$$

$$l_{2р.штуц, Ду150} := \min\left[l_2, 0.5 \cdot \sqrt{(d_7 + 2c_1) \cdot (s_{штуц, Ду150} - c_1)}\right] = 9.811 \text{ мм} \quad (69)$$

Принимаем:

$$l_{1.штуц, Ду150} := \text{ceil}(\max(l_{1р.штуц, Ду150}, l_1)) = 350 \text{ мм} \quad (70)$$

$$l_{2.штуц, Ду150} := \text{ceil}(\max(l_{2р.штуц, Ду150}, l_2)) = 100 \text{ мм} \quad (71)$$

-для штуцера Ду100:

$$l_{1р.штуц, Ду100} := \min\left[l_1, 1.25 \cdot \sqrt{(d_8 + 2c_1) \cdot (s_{штуц, Ду100} - c_1)}\right] = 18.028 \text{ мм} \quad (72)$$

$$l_{2р.штуц, Ду100} := \min\left[l_2, 0.5 \cdot \sqrt{(d_8 + 2c_1) \cdot (s_{штуц, Ду100} - c_1)}\right] = 7.211 \text{ мм} \quad (73)$$

Принимаем:

$$l_{1, \text{штуц. Ду}100} := \text{ceil}(\max(l_{1, \text{штуц. Ду}100}, l_1)) = 350 \text{ мм} \quad (74)$$

$$l_{2, \text{штуц. Ду}100} := \text{ceil}(\max(l_{2, \text{штуц. Ду}100}, l_2)) = 100 \text{ мм} \quad (75)$$

-для штуцера Ду50:

$$l_{1, \text{штуц. Ду}50} := \min[l_1, 1.25 \cdot \sqrt{(d_9 + 2c_1) \cdot (s_{\text{штуц. Ду}50} - c_1)}] = 11.25 \text{ мм} \quad (76)$$

$$l_{2, \text{штуц. Ду}50} := \min[l_2, 0.5 \cdot \sqrt{(d_9 + 2c_1) \cdot (s_{\text{штуц. Ду}50} - c_1)}] = 4.5 \text{ мм} \quad (77)$$

Принимаем:

$$l_{1, \text{штуц. Ду}50} := \text{ceil}(\max(l_{1, \text{штуц. Ду}50}, l_1)) = 350 \text{ мм.} \quad (78)$$

$$l_{2, \text{штуц. Ду}50} := \text{ceil}(\max(l_{2, \text{штуц. Ду}50}, l_2)) = 100 \text{ мм.} \quad (79)$$

Расчетная ширина

Ширина зоны укрепления в обечайках:

-для цилиндрической обечайки:

$$L_{0, \text{цилиндр}} := \sqrt{D_{\text{р. обеч.}} \cdot (s_{\text{обечайки. действ}} - c_1)} = 184.391 \text{ мм} \quad (80)$$

-для эллиптической крышки:

$$L_{0, \text{эллипт. 1}} := \sqrt{D_{\text{р. д. 1}} \cdot (s_{\text{эллипт. крышки}} - c_1)} = 260.768 \text{ мм} \quad (81)$$

$$L_{0, \text{эллипт. 2}} := \sqrt{D_{\text{р. д. 2}} \cdot (s_{\text{эллипт. крышки}} - c_1)} = 245.829 \text{ мм} \quad (82)$$

$$L_{0, \text{эллипт. 3}} := \sqrt{D_{\text{р. д. 3}} \cdot (s_{\text{эллипт. крышки}} - c_1)} = 241.899 \text{ мм} \quad (83)$$

$$L_{0, \text{эллипт. 4}} := \sqrt{D_{\text{р. д. 4}} \cdot (s_{\text{эллипт. крышки}} - c_1)} = 237.319 \text{ мм} \quad (84)$$

В случае укрепления накладным кольцом, ширина зоны укрепления принимается:

-для цилиндрической рубашки:

$$l_{\text{р. цилиндр}} := L_{0, \text{цилиндр}} = 184.391 \text{ мм} \quad (85)$$

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

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

$$l_{2, \text{р. цилиндр}} := \sqrt{D_{\text{р. обеч.}} \cdot (s_{2, \text{цилиндр. обеч.}} + s_{\text{обечайки. действ}} - c_1)} = 273.496 \text{ мм} \quad (86)$$

$$l_{2, \text{р. эллипт. 1}} := \sqrt{D_{\text{р. д. 1}} \cdot (s_{\text{эллипт. крышки}} + s_{\text{р. эллипт. крышки}} - c_1)} = 341.319 \text{ мм} \quad (87)$$

$$l_{2, \text{р. эллипт. 2}} := \sqrt{D_{\text{р. д. 2}} \cdot (s_{\text{эллипт. крышки}} + s_{\text{р. эллипт. крышки}} - c_1)} = 321.765 \text{ мм} \quad (88)$$

$$l_{2p.эллит.3} := \sqrt{D_{p.д.3} \cdot (S_{эллит.крышки} + S_{р.эллит.крышки} - c_1)} = 316.621 \text{ мм} \quad (89)$$

$$l_{2p.эллит.4} := \sqrt{D_{p.д.4} \cdot (S_{эллит.крышки} + S_{р.эллит.крышки} - c_1)} = 310.627 \text{ мм} \quad (90)$$

Принимаем:

$$l_{2.цилиндр} := 275 \text{ мм.}$$

$$l_{2.эллит.} := 360 \text{ мм.}$$

Отношения допускаемых напряжений

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

Принимаем:

$$\sigma_1 := \sigma_t$$

$$\sigma_2 := \sigma_t$$

$$\sigma_3 := \sigma_t$$

-для внешней части штуцера

$$\chi_1 := \min\left(1, \frac{\sigma_1}{\sigma_t}\right) = 1 \quad (91)$$

-для накладного кольца

$$\chi_2 := \min\left(1, \frac{\sigma_2}{\sigma_t}\right) = 1 \quad (92)$$

-для внутренней части штуцера

$$\chi_3 := \min\left(1, \frac{\sigma_3}{\sigma_t}\right) = 1 \quad (93)$$

Расчет диаметра отверстия не требующего укрепления

-для цилиндрической обечайки:

$$d_{ор.цилиндр} := 0.4 \cdot \sqrt{D_{р.обеч} \cdot (S_{обечайки.действ} - c_1)} = 73.756 \text{ мм} \quad (94)$$

-для эллиптической крышки:

$$d_{ор.эллит.1} := 0.4 \cdot \sqrt{D_{р.д.1} \cdot (S_{эллит.крышки} - c_1)} = 104.307 \text{ мм.} \quad (95)$$

$$d_{ор.эллит.2} := 0.4 \cdot \sqrt{D_{р.д.2} \cdot (S_{эллит.крышки} - c_1)} = 98.332 \text{ мм.} \quad (96)$$

$$d_{ор.эллит.3} := 0.4 \cdot \sqrt{D_{р.д.3} \cdot (S_{эллит.крышки} - c_1)} = 96.759 \text{ мм.} \quad (97)$$

$$d_{ор.эллит.4} := 0.4 \cdot \sqrt{D_{р.д.4} \cdot (S_{эллит.крышки} - c_1)} = 94.928 \text{ мм.} \quad (98)$$

Расчетный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления

$$d_{о.цилиндр} := 2 \cdot \left(\frac{S_{обечайки.действ} - c_1}{S_{расч.обечайки}} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_{р.обеч} \cdot (S_{обечайки.действ} - c_1)} = 221.5 \text{ мм} \quad (99)$$

$$d_{о.эллит.1} := 2 \cdot \left(\frac{S_{эллит.крышки} - c_1}{S_{р.эллит.крышки}} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_{р.д.1} \cdot (S_{эллит.крышки} - c_1)} = 314.016 \text{ мм} \quad (100)$$

$$d_{о.эллит.2} := 2 \cdot \left(\frac{S_{эллит.крышки} - c_1}{S_{р.эллит.крышки}} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_{р.д.2} \cdot (S_{эллит.крышки} - c_1)} = 296.026 \text{ мм} \quad (101)$$

$$d_{o, \text{эллит.3}} := 2 \cdot \left(\frac{S_{\text{эллит.крышки}} - c_1}{S_{p, \text{эллит.крышки}}} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_{p, \text{д.3}} \cdot (S_{\text{эллит.крышки}} - c_1)} = 291.293 \text{ мм} \quad (102)$$

$$d_{o, \text{эллит.4}} := 2 \cdot \left(\frac{S_{\text{эллит.крышки}} - c_1}{S_{p, \text{эллит.крышки}}} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_{p, \text{д.4}} \cdot (S_{\text{эллит.крышки}} - c_1)} = 285.779 \text{ мм} \quad (103)$$

$$Usl_{uk1} := \left[\begin{array}{l} \text{"Укрепление отверстия не требуется"} \quad \text{if } (d_{p1} \leq d_{o, \text{цилиндр}}) \\ \text{"Требуется укрепление отверстия"} \quad \text{otherwise} \end{array} \right]$$

$$Usl_{uk1} = \text{"Требуется укрепление отверстия"}$$

$$Usl_{uk2} := \left[\begin{array}{l} \text{"Укрепление отверстия не требуется"} \quad \text{if } (d_{p2} \leq d_{o, \text{цилиндр}}) \\ \text{"Требуется укрепление отверстия"} \quad \text{otherwise} \end{array} \right]$$

$$Usl_{uk2} = \text{"Требуется укрепление отверстия"}$$

$$Usl_{uk3} := \left[\begin{array}{l} \text{"Укрепление отверстия не требуется"} \quad \text{if } (d_{p3} \leq d_{o, \text{цилиндр}}) \\ \text{"Требуется укрепление отверстия"} \quad \text{otherwise} \end{array} \right]$$

$$Usl_{uk3} = \text{"Требуется укрепление отверстия"}$$

$$Usl_{uk4} := \left[\begin{array}{l} \text{"Укрепление отверстия не требуется"} \quad \text{if } (d_{p4} \leq d_{o, \text{цилиндр}}) \\ \text{"Требуется укрепление отверстия"} \quad \text{otherwise} \end{array} \right]$$

$$Usl_{uk4} = \text{"Требуется укрепление отверстия"}$$

$$Usl_{uk5} := \left[\begin{array}{l} \text{"Укрепление отверстия не требуется"} \quad \text{if } (d_{p5} \leq d_{o, \text{цилиндр}}) \\ \text{"Требуется укрепление отверстия"} \quad \text{otherwise} \end{array} \right]$$

$$Usl_{uk5} = \text{"Требуется укрепление отверстия"}$$

$$Usl_{uk6} := \left[\begin{array}{l} \text{"Укрепление отверстия не требуется"} \quad \text{if } (d_{p6} \leq d_{o, \text{цилиндр}}) \\ \text{"Требуется укрепление отверстия"} \quad \text{otherwise} \end{array} \right]$$

$$Usl_{uk6} = \text{"Укрепление отверстия не требуется"}$$

$$Usl_{uk7} := \left[\begin{array}{l} \text{"Укрепление отверстия не требуется"} \quad \text{if } (d_{p7} \leq d_{o, \text{цилиндр}}) \\ \text{"Требуется укрепление отверстия"} \quad \text{otherwise} \end{array} \right]$$

$$Usl_{uk7} = \text{"Укрепление отверстия не требуется"}$$

$$Usl_{uk8} := \left[\begin{array}{l} \text{"Укрепление отверстия не требуется"} \quad \text{if } (d_{p8} \leq d_{o, \text{цилиндр}}) \\ \text{"Требуется укрепление отверстия"} \quad \text{otherwise} \end{array} \right]$$

$$Usl_{uk8} = \text{"Укрепление отверстия не требуется"}$$

$$Usl_{uk9} := \left[\begin{array}{l} \text{"Укрепление отверстия не требуется"} \quad \text{if } (d_{p9} \leq d_{o, \text{цилиндр}}) \\ \text{"Требуется укрепление отверстия"} \quad \text{otherwise} \end{array} \right]$$

$$Usl_{uk9} = \text{"Укрепление отверстия не требуется"}$$

$$Usl_{uk10} := \left[\begin{array}{l} \text{"Укрепление отверстия не требуется"} \quad \text{if } (d_{p10} \leq d_{o, \text{эллит.1}}) \\ \text{"Требуется укрепление отверстия"} \quad \text{otherwise} \end{array} \right]$$

$$Usl_{uk10} = \text{"Требуется укрепление отверстия"}$$

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

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

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

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

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

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

Таким образом, укрепление отверстий не требуется для штуцеров Ду100, Ду50

Условие укрепления одиночных отверстий

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

Принимаем укрепление штуцеров накладным кольцом.

-для штуцера Ду800:

$$A_{1_800} := l_{p.штуц.Ду800} \cdot (s_{штуц.Ду800} - s_{штуц.Ду800.p} - c_1) \cdot \chi_1 = 632.744 \text{ мм} \quad (104)$$

$$A_{2_800} := l_{p.цилиндр} \cdot s_{2.цилиндр.обеч} \cdot \chi_2 = 3.282 \times 10^3 \text{ мм} \quad (105)$$

$$A_{3_800} := l_{p.штуц.Ду800} \cdot (s_{штуц.Ду800} - s_{штуц.Ду800.p} - c_1) \cdot \chi_3 = 253.098 \text{ мм} \quad (106)$$

$$A_{4_800} := l_{p.цилиндр} \cdot (s_{обечайки.действ} - s_{расч.обечайки} - c_1) = 527.421 \text{ мм} \quad (107)$$

$$A_{5_800} := 0.5(d_{p1} - d_{ор.цилиндр}) \cdot s_{обечайки.действ} = 4.381 \times 10^3 \text{ мм} \quad (108)$$

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

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

-для штуцера Ду500 на эллиптической крышке:

$$A_{1_500} := l_{p.штуц.Ду500} \cdot (s_{штуц.Ду500} - s_{штуц.Ду500.p} - c_1) \cdot \chi_1 = 550.976 \text{ мм} \quad (109)$$

$$A_{2_500} := l_{p.эллипт.1} \cdot s_{2.цилиндр.обеч} \cdot \chi_2 = 4.096 \times 10^3 \text{ мм} \quad (110)$$

$$A_{3_500} := l_{p.штуц.Ду500} \cdot (s_{штуц.Ду500} - s_{штуц.Ду500.p} - c_1) \cdot \chi_3 = 220.391 \text{ мм} \quad (111)$$

$$A_{4_500} := l_{p.цилиндр} \cdot (s_{обечайки.действ} - s_{расч.обечайки} - c_1) = 527.421 \text{ мм} \quad (112)$$

$$A_{5_500} := 0.5(d_{p10} - d_{o.эллипт.1}) \cdot s_{обечайки.действ} = 1.14 \times 10^3 \text{ мм} \quad (113)$$

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

-для штуцера Ду500:

$$A_{1_500} := l_{\text{р.штуц.Ду500}} \cdot (s_{\text{штуц.Ду500}} - s_{\text{штуц.Ду500.р}} \cdot c_1) \cdot \chi_1 = 550.976 \text{ мм} \quad (114)$$

$$A_{2_500} := l_{\text{р.эллип.1}} \cdot s_{\text{цилиндр.обеч.}} \cdot \chi_2 = 4.096 \times 10^3 \text{ мм} \quad (115)$$

$$A_{3_500} := l_{\text{р.штуц.Ду500}} \cdot (s_{\text{штуц.Ду500}} - s_{\text{штуц.Ду500.р}} \cdot c_1) \cdot \chi_3 = 220.391 \text{ мм} \quad (116)$$

$$A_{4_500} := l_{\text{р.цилиндр}} \cdot (s_{\text{обечайки.действ}} - s_{\text{расч.обечайки}} \cdot c_1) = 527.421 \text{ мм} \quad (117)$$

$$A_{5_500} := 0.5 \cdot (d_{\text{р2}} - d_{\text{ор.цилиндр}}) \cdot s_{\text{обечайки.действ}} = 2.581 \times 10^3 \text{ мм} \quad (118)$$

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

-для штуцера Ду400:

$$A_{1_400} := l_{\text{р.штуц.Ду400}} \cdot (s_{\text{штуц.Ду400}} - s_{\text{штуц.Ду400.р}} \cdot c_1) \cdot \chi_1 = 508.22 \text{ мм} \quad (119)$$

$$A_{2_400} := l_{\text{р.цилиндр}} \cdot s_{\text{цилиндр.обеч.}} \cdot \chi_2 = 3.282 \times 10^3 \text{ мм} \quad (120)$$

$$A_{3_400} := l_{\text{р.штуц.Ду400}} \cdot (s_{\text{штуц.Ду400}} - s_{\text{штуц.Ду400.р}} \cdot c_1) \cdot \chi_3 = 203.288 \text{ мм} \quad (121)$$

$$A_{4_400} := l_{\text{р.цилиндр}} \cdot (s_{\text{обечайки.действ}} - s_{\text{расч.обечайки}} \cdot c_1) = 527.421 \text{ мм} \quad (122)$$

$$A_{5_400} := 0.5 \cdot (d_{\text{р11}} - d_{\text{о.эллип.2}}) \cdot s_{\text{обечайки.действ}} = 703.466 \text{ мм} \quad (123)$$

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

-для штуцера Ду300:

$$A_{1_300} := l_{\text{р.штуц.Ду300}} \cdot (s_{\text{штуц.Ду300}} - s_{\text{штуц.Ду300.р}} \cdot c_1) \cdot \chi_1 = 453.801 \text{ мм} \quad (124)$$

$$A_{2_300} := l_{\text{р.цилиндр}} \cdot s_{\text{цилиндр.обеч.}} \cdot \chi_2 = 3.282 \times 10^3 \text{ мм} \quad (125)$$

$$A_{3_300} := l_{\text{р.штуц.Ду300}} \cdot (s_{\text{штуц.Ду300}} - s_{\text{штуц.Ду300.р}} \cdot c_1) \cdot \chi_3 = 181.521 \text{ мм} \quad (126)$$

$$A_{4_300} := l_{\text{р.цилиндр}} \cdot (s_{\text{обечайки.действ}} - s_{\text{расч.обечайки}} \cdot c_1) = 527.421 \text{ мм} \quad (127)$$

$$A_{5_300} := 0.5 \cdot (d_{\text{р4}} - d_{\text{ор.цилиндр}}) \cdot s_{\text{обечайки.действ}} = 1.381 \times 10^3 \text{ мм} \quad (128)$$

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

-для штуцера Ду250:

$$A_{1_250} := l_{\text{р.штуц.Ду250}} \cdot (s_{\text{штуц.Ду250}} - s_{\text{штуц.Ду250.р}} \cdot c_1) \cdot \chi_1 = 198.972 \text{ мм} \quad (129)$$

$$A_{2_250} := l_{\text{р.цилиндр}} \cdot s_{\text{цилиндр.обеч.}} \cdot \chi_2 = 3.282 \times 10^3 \text{ мм} \quad (130)$$

$$A_{3_250} := l_{\text{р.штуц.Ду250}} \cdot (s_{\text{штуц.Ду250}} - s_{\text{штуц.Ду250.р}} \cdot c_1) \cdot \chi_3 = 79.589 \text{ мм} \quad (131)$$

$$A_{4_250} := l_{\text{р.цилиндр}} \cdot (s_{\text{обеча йки.де йст в}} - s_{\text{ра сч.обеча йки}} - c_1) = 527.421 \text{ мм} \quad (132)$$

$$A_{5_250} := 0.5(d_{p5} - d_{\text{ор.цилиндр}}) \cdot s_{\text{обеча йки.де йст в}} = 1.081 \times 10^3 \text{ мм} \quad (133)$$

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

Усл_{у кр5} = "Условие выполняется"

-для штуцера Ду200:

$$A_{1_200} := l_{\text{р.шту ц.Ду200}} (s_{\text{шту ц.Ду200}} - s_{\text{шту ц.Ду200.р}} - c_1) \cdot \chi_1 = 182.507 \text{ мм} \quad (134)$$

$$A_{2_200} := l_{\text{р.цилиндр}} \cdot s_{2.\text{цилиндр.обеч}} \cdot \chi_2 = 3.282 \times 10^3 \text{ мм} \quad (135)$$

$$A_{3_200} := l_{\text{р.шту ц.Ду200}} (s_{\text{шту ц.Ду200}} - s_{\text{шту ц.Ду200.р}} - c_1) \cdot \chi_3 = 73.003 \text{ мм} \quad (136)$$

$$A_{4_200} := l_{\text{р.цилиндр}} \cdot (s_{\text{обеча йки.де йст в}} - s_{\text{ра сч.обеча йки}} - c_1) = 527.421 \text{ мм} \quad (137)$$

$$A_{5_200} := 0.5(d_{p6} - d_{\text{ор.цилиндр}}) \cdot s_{\text{обеча йки.де йст в}} = 781.462 \text{ мм} \quad (138)$$

$$\text{Усл}_{\text{укр}6} := \begin{cases} \text{"Условие выполняется"} & \text{if } A_{1_200} + A_{2_200} + A_{3_200} + A_{4_200} \geq A_{5_200} \\ \text{"Требуется увеличить толщину стенки сосуда, штуцера, накладного кольца"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Усл_{у кр6} = "Условие выполняется"

-для штуцера Ду150:

$$A_{1_150} := l_{\text{р.шту ц.Ду150}} (s_{\text{шту ц.Ду150}} - s_{\text{шту ц.Ду150.р}} - c_1) \cdot \chi_1 = 53.385 \text{ мм} \quad (139)$$

$$A_{2_150} := l_{\text{р.цилиндр}} \cdot s_{2.\text{цилиндр.обеч}} \cdot \chi_2 = 3.282 \times 10^3 \text{ мм} \quad (140)$$

$$A_{3_150} := l_{\text{р.шту ц.Ду150}} (s_{\text{шту ц.Ду150}} - s_{\text{шту ц.Ду150.р}} - c_1) \cdot \chi_3 = 21.354 \text{ мм} \quad (141)$$

$$A_{4_150} := l_{\text{р.цилиндр}} \cdot (s_{\text{обеча йки.де йст в}} - s_{\text{ра сч.обеча йки}} - c_1) = 527.421 \text{ мм} \quad (142)$$

$$A_{5_150} := 0.5(d_{p7} - d_{\text{ор.цилиндр}}) \cdot s_{\text{обеча йки.де йст в}} = 481.462 \text{ мм} \quad (143)$$

$$\text{Усл}_{\text{укр}7} := \begin{cases} \text{"Условие выполняется"} & \text{if } A_{1_150} + A_{2_150} + A_{3_150} + A_{4_150} \geq A_{5_150} \\ \text{"Требуется увеличить толщину стенки сосуда, штуцера, накладного кольца"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Усл_{у кр7} = "Условие выполняется"

Допускаемое избыточное давление штуцеров

Допускаемое внутреннее избыточное давление для штуцеров, рассчитываются по формулам:

Где К=1 - для цилиндрических и конических обечаек

К=2 - для эллиптических крышек

$$K_1 := 1$$

$$K_{1\varnothing} := 2$$

-для штуцера Ду800:

$$w_{800} := \frac{A_{1_800} + A_{2_800} + A_{3_800}}{l_{\text{р.цилиндр}} \cdot (s_{\text{шту ц.Ду800}} - c_1)} + 1 \quad (144)$$

Коэффициент понижения прочности:

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

-при рабочих условиях

$$P_{штуц.раб_800} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{обечайки.действ} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_t}{D_{р.обеч} + (s_{обечайки.действ} - c_1) \cdot V_{1_800}} \cdot V_{1_800} = 1.15 \text{ МПа} \quad (145)$$

$$Усл_{пров.давл} := \begin{cases} \text{"Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{if } (P_{расч}) \leq P_{штуц.раб_800} \\ \text{"Штуцер НЕ выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

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

-при условиях испытания

$$P_{штуц.исп_800} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{обечайки.действ} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_{и}}{D_{р.обеч} + (s_{обечайки.действ} - c_1) \cdot V_{1_800}} \cdot V_{1_800} = 1.598 \text{ МПа} \quad (146)$$

$$Усл_{пров.давл} := \begin{cases} \text{"Штуцер, выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{if } (P_{исп.расч}) \leq P_{штуц.исп_800} \\ \text{"Штуцер, НЕ выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

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

-для штуцеров Ду500:

$$w_{500} := \frac{A_{1_500} + A_{2_500} + A_{3_500}}{l_{р.цилиндр} \cdot (s_{штуц.Ду500} - c_1)} + 1 \quad (147)$$

Коэффициент понижения прочности:

$$V_{1_500} := \min \left(1, \frac{w_{500}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_{p2} - d_{ор.цилиндр}}{l_{р.цилиндр}} + K_1 \cdot \frac{d_2 + 2 \cdot c_1}{D_{р.д.1}} \cdot \frac{\varphi}{\varphi} \cdot \frac{l_{л.штуц.Ду500}}{l_{р.цилиндр}}} \right) = 1 \quad (148)$$

-при рабочих условиях

$$P_{штуц.раб_500} := \frac{2 \cdot K_{1Э} \cdot (s_{обечайки.действ} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_t}{D_{р.д.1} + (s_{обечайки.действ} - c_1) \cdot V_{1_500}} \cdot V_{1_500} = 1.151 \text{ МПа} \quad (149)$$

$$Усл_{пров.давл} := \begin{cases} \text{"Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{if } (P_{расч}) \leq P_{штуц.раб_500} \\ \text{"Штуцер НЕ выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

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

-при условиях испытания

$$P_{штуц.исп_500} := \frac{2 \cdot K_{1Э} \cdot (s_{обечайки.действ} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_{и}}{D_{р.д.1} + (s_{обечайки.действ} - c_1) \cdot V_{1_500}} \cdot V_{1_500} = 1.601 \text{ МПа} \quad (150)$$

$$Усл_{пр.ов.давл} := \begin{cases} \text{"Штуцер, выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{if } (P_{исп.расч}) \leq P_{штуц.исп_500} \\ \text{"Штуцер, НЕ выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

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

-для штуцеров Ду400:

$$w_{400} := \frac{A_{1_400} + A_{2_400} + A_{3_400}}{l_{р.цилиндр} \cdot (s_{штуц.Ду400} - c_1)} + 1 \quad (151)$$

Коэффициент понижения прочности:

$$V_{1_400} := \min \left(1, \frac{w_{400}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_{p3} - d_{ор.цилиндр}}{l_{р.цилиндр}} + K_1 \cdot \frac{d_3 + 2 \cdot c_1}{D_{р.обеч}} \cdot \frac{\varphi}{\varphi} \cdot \frac{l_{1.штуц.Ду400}}{l_{р.цилиндр}}} \right) = 1 \quad (152)$$

-при рабочих условиях

$$P_{штуц.раб_400} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{обечайки.действ} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_t}{D_{р.обеч} + (s_{обечайки.действ} - c_1) \cdot V_{1_400}} \cdot V_{1_400} = 1.15 \text{ МПа} \quad (153)$$

$$Усл_{пр.ов.давл} := \begin{cases} \text{"Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{if } (P_{расч}) \leq P_{штуц.раб_400} \\ \text{"Штуцер НЕ выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Усл_{пр.ов.давл} = \text{"Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"}$$

-при условиях испытания

$$P_{штуц.исп_400} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{обечайки.действ} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_{и}}{D_{р.обеч} + (s_{обечайки.действ} - c_1) \cdot V_{1_400}} \cdot V_{1_400} = 1.598 \text{ МПа} \quad (154)$$

$$Усл_{пр.ов.давл} := \begin{cases} \text{"Штуцер, выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{if } (P_{исп.расч}) \leq P_{штуц.исп_400} \\ \text{"Штуцер, НЕ выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

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

-для штуцеров Ду300:

$$w_{300} := \frac{A_{1_300} + A_{2_300} + A_{3_300}}{l_{р.цилиндр} \cdot (s_{штуц.Ду300} - c_1)} + 1 \quad (155)$$

Коэффициент понижения прочности:

$$V_{1_300} := \min \left(1, \frac{w_{300}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_{p4} - d_{ор.цилиндр}}{l_{р.цилиндр}} + K_1 \cdot \frac{d_4 + 2 \cdot c_1}{D_{р.обеч}} \cdot \frac{\varphi}{\varphi} \cdot \frac{l_{1.штуц.Ду300}}{l_{р.цилиндр}}} \right) = 1 \quad (156)$$

-при рабочих условиях

$$P_{\text{штуц.раб_300}} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{\text{обечайки.действ}} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_t}{D_{\text{р.обеч}} + (s_{\text{обечайки.действ}} - c_1) \cdot V_{1_300}} \cdot V_{1_300} = 1.15 \text{ МПа} \quad (157)$$

$$\text{Усл}_{\text{пров.давл}} := \begin{cases} \text{"Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{if } (P_{\text{расч}}) \leq P_{\text{штуц.раб_300}} \\ \text{"Штуцер НЕ выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

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

-при условиях испытания

$$P_{\text{штуц.исп_300}} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{\text{обечайки.действ}} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{и}}}{D_{\text{р.обеч}} + (s_{\text{обечайки.действ}} - c_1) \cdot V_{1_300}} \cdot V_{1_300} = 1.598 \text{ МПа} \quad (158)$$

$$\text{Усл}_{\text{пров.давл}} := \begin{cases} \text{"Штуцер, выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{if } (P_{\text{исп.расч}}) \leq P_{\text{штуц.исп_300}} \\ \text{"Штуцер, НЕ выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

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

-для штуцеров Ду250:

$$w_{250} := \frac{A_{1_250} + A_{2_250} + A_{3_250}}{l_{\text{р.цилиндр}} \cdot (s_{\text{штуц.Ду250}} - c_1)} + 1 \quad (159)$$

Коэффициент понижения прочности:

$$V_{1_250} := \min \left(1, \frac{w_{250}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_{\text{р5}} - d_{\text{ор.цилиндр}}}{l_{\text{р.цилиндр}}} + K_1 \cdot \frac{d_5 + 2 \cdot c_1}{D_{\text{р.обеч}}} \cdot \frac{\varphi}{\varphi} \cdot \frac{l_{1.\text{штуц.Ду250}}}{l_{\text{р.цилиндр}}}} \right) = 1 \quad (160)$$

-при рабочих условиях

$$P_{\text{штуц.раб_250}} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{\text{обечайки.действ}} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_t}{D_{\text{р.обеч}} + (s_{\text{обечайки.действ}} - c_1) \cdot V_{1_250}} \cdot V_{1_250} = 1.15 \text{ МПа} \quad (161)$$

$$\text{Усл}_{\text{пров.давл}} := \begin{cases} \text{"Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{if } (P_{\text{расч}}) \leq P_{\text{штуц.раб_250}} \\ \text{"Штуцер НЕ выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

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

-при условиях испытания

$$P_{\text{штуц.исп_250}} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{\text{обечайки.действ}} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{и}}}{D_{\text{р.обеч}} + (s_{\text{обечайки.действ}} - c_1) \cdot V_{1_250}} \cdot V_{1_250} = 1.598 \text{ МПа} \quad (162)$$

$$\text{Усл}_{\text{пров.давл}} := \begin{cases} \text{"Штуцер, выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{if } (P_{\text{исп.расч}}) \leq P_{\text{штуц.исп_250}} \\ \text{"Штуцер, НЕ выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

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

-для штуцеров Ду200:

$$w_{200} := \frac{A_{1_200} + A_{2_200} + A_{3_200}}{l_{\text{р.цилиндр}} \cdot (s_{\text{штуц.Ду200}} - c_1)} + 1 \quad (163)$$

Коэффициент понижения прочности:

$$V_{1_200} := \min \left(1, \frac{w_{200}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_{p6} - d_{ор.цилиндр}}{l_{р.цилиндр}} + K_1 \cdot \frac{d_6 + 2 \cdot c_1}{D_{р.обеч}} \cdot \frac{\varphi}{\varphi} \cdot \frac{l_{1.штуц.Ду200}}{l_{р.цилиндр}}} \right) = 1 \quad (164)$$

-при рабочих условиях

$$P_{штуц.раб_200} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{обечайки.действ} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_t}{D_{р.обеч} + (s_{обечайки.действ} - c_1) \cdot V_{1_200}} \cdot V_{1_200} = 1.15 \text{ МПа} \quad (165)$$

$$Усл_{пров.давл} := \begin{cases} \text{"Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{if } (P_{расч}) \leq P_{штуц.раб_200} \\ \text{"Штуцер НЕ выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

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

-при условиях испытания

$$P_{штуц.исп_200} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{обечайки.действ} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_{и}}{D_{р.обеч} + (s_{обечайки.действ} - c_1) \cdot V_{1_200}} \cdot V_{1_200} = 1.598 \text{ МПа} \quad (166)$$

$$Усл_{пров.давл} := \begin{cases} \text{"Штуцер, выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{if } (P_{исп.расч}) \leq P_{штуц.исп_200} \\ \text{"Штуцер, НЕ выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

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

-для штуцеров Ду150:

$$w_{150} := \frac{A_{1_150} + A_{2_150} + A_{3_150}}{l_{р.цилиндр} \cdot (s_{штуц.Ду150} - c_1)} + 1 \quad (167)$$

Коэффициент понижения прочности:

$$V_{1_150} := \min \left(1, \frac{w_{150}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_{p7} - d_{ор.цилиндр}}{l_{р.цилиндр}} + K_1 \cdot \frac{d_7 + 2 \cdot c_1}{D_{р.обеч}} \cdot \frac{\varphi}{\varphi} \cdot \frac{l_{1.штуц.Ду150}}{l_{р.цилиндр}}} \right) = 1 \quad (168)$$

-при рабочих условиях

$$P_{штуц.раб_150} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{обечайки.действ} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_t}{D_{р.обеч} + (s_{обечайки.действ} - c_1) \cdot V_{1_150}} \cdot V_{1_150} = 1.15 \text{ МПа} \quad (169)$$

$$Усл_{пров.давл} := \begin{cases} \text{"Штуцер выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{if } (P_{расч}) \leq P_{штуц.раб_150} \\ \text{"Штуцер НЕ выдерживает рабочее давление в аппарате"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

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

-при условиях испытания

$$P_{штуц.исп_150} := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_{обечайки.действ} - c_1) \cdot \varphi \cdot \sigma_{и}}{D_{р.обеч} + (s_{обечайки.действ} - c_1) \cdot V_{1_150}} \cdot V_{1_150} = 1.598 \text{ МПа} \quad (170)$$

$$Усл_{пров.давл} := \begin{cases} \text{"Штуцер, выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{if } (P_{исп.расч}) \leq P_{штуц.исп_150} \\ \text{"Штуцер, НЕ выдерживает давление при условии испытаний"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

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

3.4 Расчет фланцевого соединения.

Исходные данные:

Материал обечаек и фланцев - сталь 09Г2С

Материал шпилек - сталь 40Х

Материал прокладки - паронит ПОН.

$$D := 600 \text{ мм}$$

$$D_n := 740 \text{ мм} \quad [11]$$

$t := 150^\circ \text{C}$ Рабочая температура
материал для шпилек: Сталь 40Х

Допускаемое напряжение материала при рабочей температуре для шпилек:

$$\sigma_{д.б} := 230 \text{ МПа}$$

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

$$d := 20 \text{ мм} \quad \text{Диаметр шпильки (рекомендуемый)} \quad [11]$$

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

$$S_0 := 8 \text{ мм} \quad \text{Толщина втулки} \quad [11]$$

$$h := 35 \text{ мм} \quad \text{Толщина тарелки фланца} \quad [11]$$

$$D_6 := 700 \text{ мм} \quad \text{Диаметр окружности расположения болтов} \quad [11]$$

$$D_{сн} := 630 \text{ мм} \quad \text{Расчетный диаметр прокладки} \quad [11]$$

$$n := 28 \text{ мм} \quad \text{Количество болтов} \quad [11]$$

$$S_1 := 20 \text{ мм} \quad \text{Толщина втулки фланца в месте присоединения к тарелке} \quad [11]$$

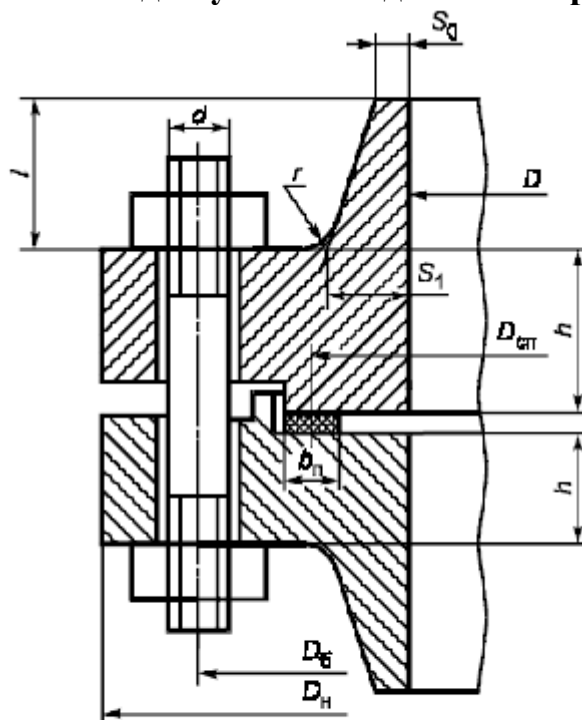
$$l := 35 \text{ мм} \quad \text{Длина конической втулки фланца} \quad [11]$$

$$P := 0.8 \text{ МПа} \quad \text{Расчетное давление} \quad [11]$$

$$c_o := 2 \text{ мм} \quad \text{Прибавка на коррозию} \quad [11]$$

$$M := C \quad \text{Н*мм}$$

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



б — фланцевое соединение с уплотнительной поверхностью типа выступ — впадина

Рисунок.6 Фланцевое соединение с уплотнительной поверхностью типа выступ- впадина

3.4.1 Определение расчетных параметров

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

$$t_{\phi} := 0,96 \cdot t \quad t_{\phi} = 14,4 \quad (171)$$

Расчетная температура болтов (шпилек):

$$t_{\phi} := 0,85 \cdot t \quad t_{\phi} = 12,75 \quad (172)$$

Модуль упругости для стали 40Х при рабочей температуре:

$$E_{\phi} := 2,15 \cdot 10^5 \text{ МПа} \quad E := 2,15 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

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

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

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

$$E_{20\phi} := 2,18 \cdot 10^5 \text{ МПа} \quad E_{20} := 2,15 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Коэффициент линейного расширения стали 40Х при $t = 20 - 100$ °С:

Для шпилек.

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

$$\sigma_t := 177 \text{ МПа}$$

Для фланца.

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

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

Так как фланцы изготавливается из листового проката

$$\eta := 1$$

$$\sigma_{\text{д.ф}} := \eta \cdot \sigma_t \quad \sigma_{\text{д.ф}} = 14.4 \text{ МПа}$$

Эффективная ширина плоской прокладки

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

$$b_0 = 17 \text{ мм}$$

Табл.1 характеристики основных типов прокладок

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

По таблице 1 выбираем характеристики прокладки изготовленной из паронита по ГОСТ 481:

$$m := 2.5 \quad \text{- прокладочный коэффициент}$$

$$q_{\text{обж}} := 20 \text{ МПа} \quad \text{- удельное давление обжати прокладки}$$

$$q_d := 130 \text{ МПа} \quad \text{- допускаемое удельное давление}$$

$$K_{\text{обж}} := 0.9 \quad \text{- коэффициент обжатия}$$

$$E_n := 0.02 \cdot 10^5 \text{ МПа} \quad \text{- условный модуль сжатия прокладки}$$

Усилие, необходимое для смятия прокладки при затяжке:

$$P_{обж} := 0.5\pi \cdot D_{сн} \cdot b_0 \cdot q_{обж} \quad P_{обж} = 336500 \quad \text{Н} \quad (173)$$

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

$$R_{п} := \begin{cases} \pi \cdot D_{сн} \cdot b_0 \cdot m \cdot P & \text{if } P \geq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (174)$$

$$R_{п} = 67290 \quad \text{Н}$$

Площадь поперечного сечений шпилек[17] :

$$f_{\phi} := 245 \quad \text{мм}^2$$

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

$$A_{\phi} := n \cdot f_{\phi} \quad A_{\phi} = 6860 \quad \text{мм}^2 \quad (175)$$

Равнодействующая нагрузка от давления:

$$Q_d := \frac{\pi}{4} \cdot (D_{сн})^2 \cdot P \quad Q_d = 24940 \quad \text{Н} \quad (176)$$

Осевое сжимающие усилие

$$F := - \left[0.6 \cdot \left[\frac{\pi \cdot \left(\frac{D}{1000} \right)^2}{4} \right] \cdot 10^6 \right] = -169600 \quad \text{Н} \quad (177)$$

Приведенная нагрузка, вызванная воздействием внешней силы и изгибающего момента:

$$Q_{FM} := \max \left(\left| F + \frac{4 \cdot |M|}{D_{сн}} \right|, \left| F - \frac{4 \cdot |M|}{D_{сн}} \right| \right) = 169600 \quad \text{Н} \quad (178)$$

Податливость прокладки:

$$y_{\Pi} := \frac{h_{\Pi} \cdot K_{\text{обж}}}{E_{\Pi} \cdot \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_{\Pi}} \quad y_{\Pi} = 3.41 \cdot 10^{-8} \quad \text{мм/Н} \quad (179)$$

Расстояние между опорными поверхностями гаек:

$$L_{60} := 68 \quad \text{мм}$$

Эффективная длина болта (шпильки) при определении податливости:

$$L_6 := (L_{60} + 0.56 \cdot d) \quad L_6 = 79.2 \quad \text{мм} \quad (180)$$

Податливость шпилек:

$$y_6 := \frac{L_6}{E_{206} \cdot A_6} \quad y_6 = 5.296 \cdot 10^{-8} \quad \text{мм/Н} \quad (181)$$

Расчетные параметры фланцев

параметр длины обечайки:

$$l_0 := \sqrt{D \cdot S_0} \quad l_0 = 69.282 \quad \text{мм} \quad (182)$$

Отношение наружного диаметра тарелки фланца к внутреннему диаметру:

$$K := \frac{D_H}{D} \quad K = 1.233 \quad (183)$$

Коэффициенты, зависящие от соотношения размеров тарелки фланца:

$$\beta_T := \frac{K^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K)) - 1}{(1.05 + 1.945 \cdot K^2) \cdot (K - 1)} \quad \beta_T = 1.824 \quad (184)$$

$$\beta_U := \frac{K^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K)) - 1}{1.36(K^2 - 1) \cdot (K - 1)} \quad \beta_U = 10.314 \quad (185)$$

$$\beta_Y := \frac{1}{(K - 1)} \cdot \left[0.69 + 5.72 \cdot \frac{K^2 \cdot \log(K)}{(K^2 - 1)} \right] \quad \beta_Y = 9.475 \quad (186)$$

$$\beta_Z := \frac{K^2 + 1}{K^2 - 1} \quad \beta_Z = 4.838 \quad (187)$$

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

В зависимости от отношений:

$$\beta := \frac{S_1}{S_0} = 2.5 \quad (188)$$

$$x := \frac{1}{\sqrt{D \cdot S_0}} = 0.505 \quad (189)$$

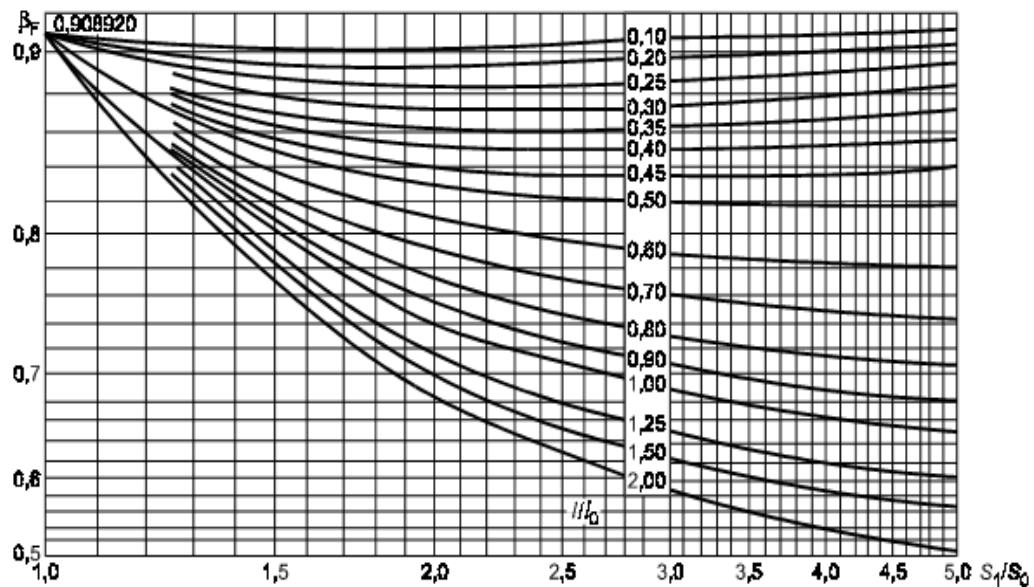


Рисунок. 7 к определению коэффициента β_F .

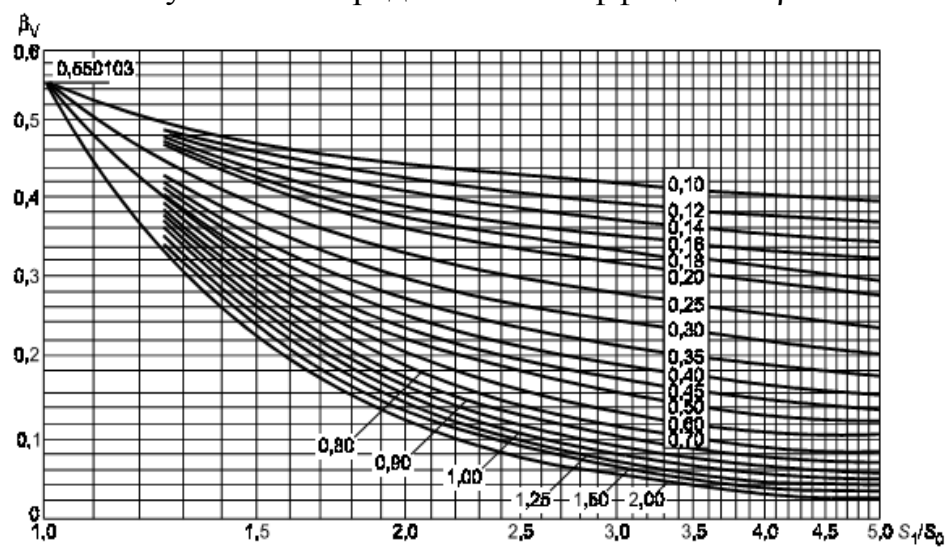


Рисунок. 8 к определению коэффициента β_V .

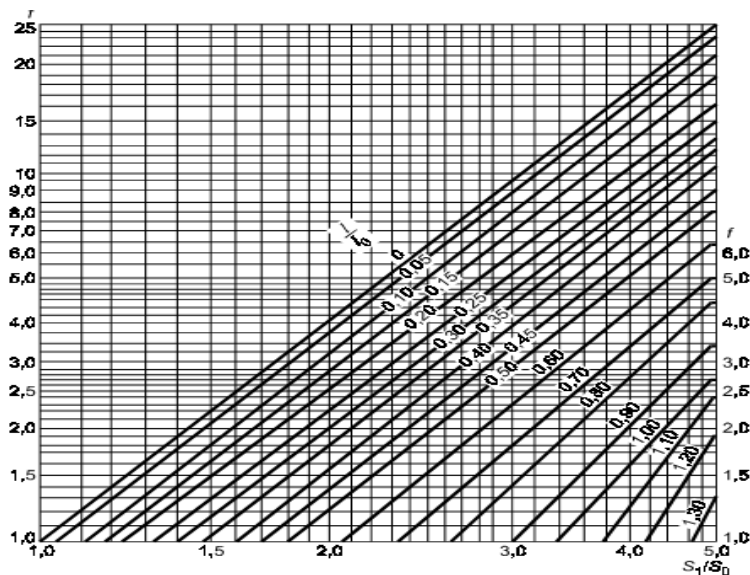


Рисунок.9 Поправочный коэффициент для напряжений во втулке фланца .

Из рисунков определяем коэффициенты β_F и β_V и поправочный коэффициент f :

$$\beta_F := 0.82 \quad \beta_V := 0.22 \quad f := 2$$

Коэффициент λ :

$$\lambda := \frac{\beta_F \cdot h + l_0}{\beta_T \cdot l_0} + \frac{\beta_V \cdot h^3}{\beta_U \cdot l_0 \cdot (S_0)^2} = 0.982 \quad (190)$$

Угловая податливость фланцев

Угловая податливость фланца при затяжке:

$$y_\phi := \frac{0.91 \cdot \beta_V}{E_{20} \cdot \lambda \cdot l_0 \cdot (S_0)^2} \quad y_\phi = 2.139 \cdot 10^{-10} \quad (191)$$

Угловая податливость фланца, нагруженного внешним изгибающим моментом:

$$y_{\phi H} := \left(\frac{\pi}{4} \right)^3 \cdot \frac{D_6}{E_{20} \cdot h^3 \cdot D_H} \quad y_{\phi H} = 4.972 \cdot 10^{-11} \quad (192)$$

Угловую податливость плоской крышки вычисляют по формуле:

Где $K_{кр} := \frac{D_H}{D_{сп}} = 1.175$ $h_{кр} := 5\epsilon$ $\delta_{кр} := 3\epsilon$

$$X_{кр} := 0.67 \cdot \frac{\left[K_{кр}^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K_{кр})) - 1 \right]}{(K_{кр} - 1) \cdot \left[K_{кр}^2 - 1 + (1.857 \cdot K_{кр}^2 + 1) \cdot \frac{h_{кр}^3}{\delta_{кр}} \right]} = 4.047 \times 10^{-4} \quad (191)$$

$$y_{кр} := \frac{X_{кр}}{\delta_{кр}^3 \cdot E_{20}} = 3.173 \times 10^{-14} \quad (192)$$

Коэффициент, учитывающий изгиб тарелки фланца между шпильками:

$$C_F := \max \left[1, \sqrt{\frac{\pi \cdot D_6}{n \cdot \left(2 \cdot d + \frac{6 \cdot h}{m + 0.5} \right)}} \right] \quad C_F = 1 \quad (193)$$

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

Плечо действия усилий в шпильках для приварных встык фланцев:

$$b := 0.5(D_6 - D_{сп}) \quad b = 35 \quad (194)$$

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

$$e := 0.5 \cdot (D_{сп} - D - S_0) \quad e = 11 \quad (195)$$

Эквивалентная толщина плоских фланцев:

$$\xi := 1 + (\beta - 1) \cdot \frac{x}{x + \frac{1 + \beta}{4}} = 1.549 \quad (196)$$

$$S_3 := \xi \cdot S_0 = 12.392 \quad (197)$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения для соединения фланца с крышкой:

$$\gamma := \frac{1}{y_{\Pi} + y_{\delta} \cdot \frac{E_{20\delta}}{E_{\delta}} + b^2 \cdot \left(y_{\phi} \cdot \frac{E_{20}}{E} + y_{кр} \cdot \frac{E_{20}}{E} \right)} \quad (198)$$

$$\gamma = 2.858 \cdot 10^6$$

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

$$\alpha := 1 - \frac{y_{\Pi} - (e \cdot y_{\phi} + y_{кр} \cdot b)b}{y_{\Pi} + y_{\delta} + b^2 \cdot (y_{\phi} + y_{кр})} \quad (199)$$

$$\alpha = 1.138$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения, нагруженного внешним изгибающим моментом:

$$\alpha_M := \frac{y_{\delta} + 2 \cdot y_{\phi n} \cdot b \cdot \left(b + e - \frac{e^2}{D_{сп}} \right)}{y_{\delta} + y_{\Pi} \cdot \left(\frac{D_{\delta}}{D_{сп}} \right)^2 + 2 \cdot y_{\phi n} \cdot b^2} \quad (200)$$

$$\alpha_M = 0.979$$

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

$$t_{кр} := t = 15$$

$$Q_t := \gamma \cdot \left[2\alpha_{\phi} \cdot h \cdot (t_{\phi} - 20) + \alpha_{кр} \cdot h_{кр} \cdot (t_{кр} - 20) - \alpha_{\delta} \cdot (h + h_{кр}) \cdot (t_{\delta} - 20) \right] \quad (201)$$

$$Q = -986.22 \text{ Н}$$

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

$$P_{61} := \max \left[\begin{array}{l} \alpha \cdot (Q_d + F) + R_{\Pi} + \frac{4 \cdot \alpha_M \cdot |M|}{D_{сп}} \\ \alpha \cdot (Q_d + F) + R_{\Pi} + \frac{4 \cdot \alpha_M \cdot |M|}{D_{сп}} - Q_t \end{array} \right] \quad (202)$$

$$P_{61} = 1.59 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

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

$$P_{62} := \max(P_{обж}, 0.4 \cdot A_6 \cdot \sigma_{206}) \quad (203)$$

$$P_{62} = 3.365 \cdot 10^5 \text{ Н} \quad P_{обж} = 6.311 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

Расчетная нагрузка на шпильки фланцевых соединений при затяжке фланцевого соединения:

$$P_{6м} := \max(P_{61}, P_{62}) \quad P_{6м} = 6.311 \cdot 10^5 \text{ Н} \quad (204)$$

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

$$P_{6р} := P_{6м} + (1 - \alpha) \cdot (Q_d + F) + Q_t + \frac{4 \cdot (1 - \alpha_M) \cdot |M|}{D_{сп}} \quad (205)$$

$$P_{6р} = 6.191 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

Проверка прочности болтов (шпилек) и прокладки
Расчетные напряжения в болтах (шпильках):
при затяжке:

$$\sigma_{61} := \frac{P_{6м}}{A_6} \quad (206)$$

$$\sigma_{61} = 92 \text{ МПа}$$

в рабочих условиях:

$$\sigma_{62} := \frac{P_{6р}}{A_6} \quad (207)$$

$$\sigma_{62} = 90.249 \text{ МПа}$$

Проверка условий прочности шпилек при затяжке и в рабочих условиях:

$$Us1_1 := \begin{cases} \text{"Условия прочности в при затяжке НЕ выполняются"} & \text{if } \sigma_{61} > \sigma_{206} \\ \text{"Условия прочности в рабочих условиях НЕ выполняются"} & \text{if } \sigma_{62} > \sigma_{д.6} \\ \text{"Условия прочности выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Us1_1 = \text{"Условия прочности выполняются"}$$

$$\sigma_{62} = 90.249 \text{ МПа}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{61} &= 92 & \text{МПа} \\ \sigma_{д.6} &= 230 & \text{МПа} \\ \sigma_{206} &= 230 & \text{МПа}\end{aligned}$$

Удельное давление на прокладку:

$$q := \frac{\max(P_{6M}, P_{6P})}{\pi \cdot D_{сп} \cdot b_{п}} \quad (208)$$

$$q = 15.944 \text{ МПа}$$

Условие прочности прокладки (проверяется для мягких прокладок):

$$\begin{aligned}Usl_2 &:= \begin{cases} \text{"Условие прочности прокладки НЕ выполняется"} & \text{if } q > q_d \\ \text{"Условие прочности прокладки выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases} \\ Usl_2 &= \text{"Условие прочности прокладки выполняется"}\end{aligned}$$

Расчет фланцев на статическую прочность
Расчетный изгибающий момент, действующий на приварной встык фланца при затяжке:

$$M_M := C_F \cdot P_{6M} \cdot b \quad (209)$$

$$M_M = 2.209 \times 10^7 \text{ Н*мм}$$

Расчетный изгибающий момент, действующий на фланец в рабочих условиях:

$$M_P := C_F \cdot \max[P_{6P} \cdot b + (Q_d + Q_{FM}) \cdot e, |Q_d + Q_{FM}| \cdot e] \quad (210)$$

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

Расчетные напряжения во фланце при затяжке:

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

$$\sigma_{0M} := \frac{f \cdot M_M}{\lambda \cdot (S_1 - c_o)^2 \cdot D'} \quad (211)$$

$$\sigma_{0M} = 231.474 \text{ МПа}$$

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

радиальное напряжение:

$$\sigma_{RM} := \frac{1.33 \cdot \beta_F \cdot h + l_0}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_N \quad (212)$$

$$\sigma_{RM} = 47.477 \text{ МПа}$$

окружное напряжение:

$$\sigma_{TM} := \frac{\beta_Y \cdot M_M}{h^2 \cdot D} - \beta_Z \cdot \sigma_{RM} \quad (213)$$

$$\sigma_{TM} = 55.053 \text{ МПа}$$

Расчетные напряжения во фланце в рабочих условиях:

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

$$\sigma_{0p} := \frac{f \cdot M_p}{\lambda \cdot (S_1 - c_0)^2 \cdot D'} \quad (214)$$

$$\sigma_{0p} = 275.369 \text{ МПа}$$

Максимальные меридиональные мембранные напряжения в обечайке плоского фланца:

$$\sigma_{0MMP} := \max \left[\frac{Q_d + F + \frac{4|M|}{D_{сп}}}{\pi \cdot (D + S_0) \cdot (S_0 - c_0)}, \frac{Q_d + F - \frac{4|M|}{D_{сп}}}{\pi \cdot (D + S_0) \cdot (S_0 - c_0)} \right] \quad (215)$$

$$\sigma_{0MMP} = 6.957 \text{ МПа}$$

Максимальные меридиональные мембранные напряжения в обечайке плоского фланца:

$$\sigma_{0MOP} := \frac{P \cdot D}{2 \cdot (S_0 - c_0)} = 40 \text{ МПа} \quad (216)$$

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

радиальное напряжение:

$$\sigma_{Rp} := \frac{1.33 \cdot \beta_F \cdot h + l_0}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_p \quad \sigma_{Rp} = 56.48 \text{ МПа} \quad (217)$$

окружное напряжение:

$$\sigma_{Tp} := \frac{\beta_Y \cdot M_p}{h^2 \cdot D} - \beta_Z \cdot \sigma_{Rp} \quad \sigma_{Tp} = 65.492 \text{ МПа} \quad (218)$$

Проверка условий статической прочности фланцев:

PR_1 := "Условия статической прочности в при затяжке НЕ выполняются"

PR_2 := "Условия статической прочности в рабочих условиях НЕ выполняются"

PR_3 := "Условия статической прочности выполняются"

KT = 1.3 при расчете с учетом стесненности температурных деформаций.

При расчете без учета стесненности температурных деформаций KT = 1.

KT := 1.3

Us1_3 :=
$$\begin{cases} \text{PR}_1 & \text{if } \sigma_{0M} > K_T \cdot 3\sigma_{20} \\ \text{PR}_2 & \text{if } \max \begin{bmatrix} |\sigma_{0p} + \sigma_{0Mmp}| \\ \sigma_{0p} - \sigma_{0Mmp} \\ |0.3\sigma_{0p} + \sigma_{0Mor}| \\ |0.3\sigma_{0p} - \sigma_{0Mor}| \\ 0.7 \cdot \sigma_{0p} + (\sigma_{0Mmp} - \sigma_{0Mor}) \\ |0.7 \cdot \sigma_{0p} - (\sigma_{0Mmp} - \sigma_{0Mor})| \end{bmatrix} > K_T \cdot 3\sigma_{d\phi} \\ \text{PR}_3 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Us1_3 = "Условия статической прочности выполняются"

$$\sigma_{0M} = 231.474 \text{ МПа}$$

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

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

$$K_T \cdot 3\sigma_{d\phi} = 690.3 \text{ МПа}$$

Проверка углов поворота фланцев

Угол поворота приварного встык фланца, плоского фланца:

$$\Theta := M_p \cdot y_\phi \cdot \frac{E_{20}}{E} \quad (219)$$

$$\Theta = 5.621 \times 10^{-3}$$

Допустимый угол поворота плоского фланца

Допускаемый угол поворота приварного встык фланца принимаем 0.007

$$\Theta_d := 0.07$$

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

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

3.5 Расчет массы аппарата .

Вес аппарата:

Расчет веса корпуса аппарата:

Вес обечайки:

$$D_H := D_{внут} + 2s_{обечайки,дейс}$$

$$\rho_{мет} := 7850 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \text{ ПЛОТНОСТЬ МЕТАЛЛА}$$

$$G_{ц} := \pi \cdot \left[\frac{\left(\frac{D_H}{10^3} \right)^2 - \left(\frac{D_{внут}}{10^3} \right)^2}{4} \right] \cdot L \cdot \rho_{мет} \cdot g = 2.08 \times 10^5 \text{ Н} \quad (220)$$

Вес внутренних устройств:

$$G_y := 2000 \cdot g = 1.962 \times 10^4 \text{ Н} \quad (221)$$

Вес крышки аппарата:

$$\text{Масса крышки} \quad m := 1251.4 \text{ кг}$$

$$G_k := m \cdot g = 1.228 \times 10^4 \text{ Н} \quad (222)$$

Вес корпуса аппарата:

$$G_{кор} := G_{ц} + 2 \cdot G_k + G_y = 2.522 \times 10^5 \text{ Н} \quad (222)$$

Вес жидкости в аппарате:

Вес жидкости внутри корпуса при гидроиспытаниях:

$$V_{кр} := 5.66 \text{ м}^2$$

$$V_{жид} := 2 \cdot V_{кр} + \pi \cdot \left(\frac{D_{внут}^2 \cdot 10^{-6}}{4} \right) \cdot L = 201.995 \text{ м}^3 \quad (223)$$

$$G_{\text{жид}} := V_{\text{жид}} \cdot \rho_{\text{воды}} \cdot g = 1.978 \times 10^6 \text{ Н} \quad (224)$$

Вес аппарата при гидроиспытаниях:

$$G_{\text{ап2}} := G_{\text{кор}} + G_{\text{жид}} = 2.23 \times 10^6 \text{ Н} \quad (225)$$

Нагрузка от собственной массы :

$$F := G_{\text{ап2}} = 2.23 \times 10^6 \text{ Н} \quad (226)$$

3.6 Расчет седловых опор .

Рисунок.10

Расчетная схема обечайки не подкрепленной кольцами жесткости

Проверка применимости расчетных формул

$$\begin{aligned} \delta_1 &:= 120 && \text{Угол охвата опорного листа} \\ \delta_2 &:= 150 && \text{Угол охвата подкладного листа} \\ s_2 &:= 12 && \text{Толщина подкладного листа} \\ H_{\text{кр}} &:= 0.8 \text{ м} \end{aligned}$$

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

Пров = "Формулы применимы"

Определение расчетных усилий

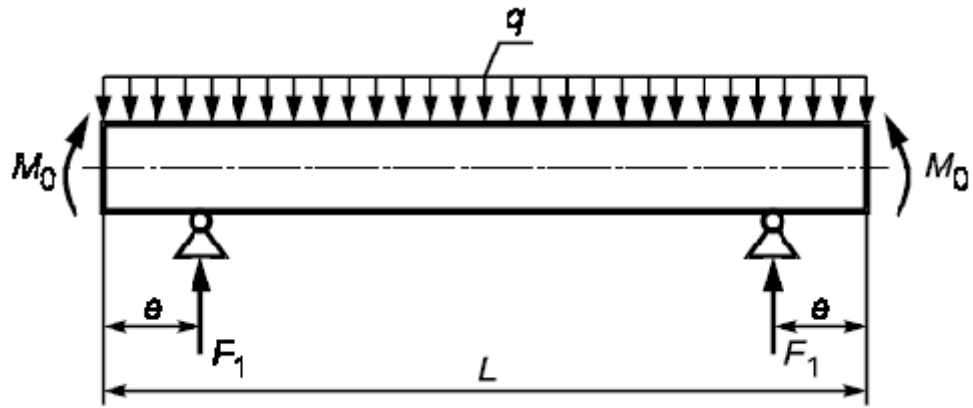


Рисунок. 11 Расчетная схема определения усилий

$$q := \frac{G_{\text{ан2}}}{L + (H_{\text{кр}}) \cdot \frac{4}{3}} = 1.007 \times 10^5 \quad \text{Н} \quad (227)$$

$$M_0 := q \cdot \frac{D_n^2 \cdot 10^{-6}}{16} = 7.382 \times 10^4 \quad \text{Н*М} \quad (228)$$

Опорное усилие

$$F_1 := \frac{G_{\text{ан2}}}{2} = 1.115 \times 10^6 \quad \text{Н} \quad (229)$$

Определение изгибающих моментов и поперечных усилий.

$$e := 1.4$$

$$a := 1$$

Момент над опорой:

$$M_1 := \left| \left(\frac{q \cdot e^2}{2} - M_0 \right) \right| = 3.952 \times 10^4 \quad \text{Н*М} \quad (230)$$

$$M_2 := M_1 = 3.952 \times 10^4 \quad \text{Н*М} \quad (231)$$

Максимальный момент между опорами:

$$M_{12} := M_0 + F_1 \cdot \left(\frac{L}{2} - a \right) - \frac{q}{2} \cdot \left[\frac{L}{2} + \frac{2}{3} \cdot (H_{\text{кр}}) \right]^2 = 4.496 \times 10^6 \quad \text{Н*М} \quad (232)$$

Поперечное усилие в сечении оболочки над опорой:

$$Q_1 := \frac{L - 2 \cdot a}{L + \frac{4}{3} \cdot (H_{кр})} \cdot F_1 = 9.571 \times 10^5 \text{ Н} \quad (233)$$

Проверка несущей способности обечайки в сечении между опорами.

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

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

Таким образом, подбираем седловую опору типа 3 для сосудов и аппаратов диаметром от 2200 до 4000мм, 3-го исполнения (нагрузки от 900 до 1200 кН) согласно ОСТ 26-2091-93, с геометрическими параметрами приведенными в таблице 2.

Диаметр аппарата, мм	Допускаемая нагрузка на опору, кН (тс)	S I				S 2				R	L	L _I	l	l _I	h	h _I	A	A _I	Масса, кг		Масса листа подкладного, кг
		Исполнение																	Исполнение		
		Исп.1	Исп.2	I	2	I	2	I	2												
3200	630 (63,0)	900 (90,0)	I4	I8	20	22	I634	2810	2830	2735	I369	920	330	2200	I800	338	409	I00			
							I640			2745	I371										
3400					25			I720	2990	3010	2895	I450	970	340	2390	2000	316	570	I06		
							I726	2900			I451	317									
							I732	2907			I455	571									
							I740	2915			I458	572									
3600				I2		I8	25	I820			3067	I579						560	I12		
								I828	3160	3180	3076	I583	I020	360			339	361			
								I834			3080	I586					562				

Также примем размеры подкладного листа согласно таблице 2, радиусом R=1720 и толщиной 12мм

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

4.Безопасность и экологичность проекта

Технологическая установка подготовки нефти является взрывопожароопасным объектом. Применяемые на установке реагенты обладают токсичностью и являются опасными для здоровья человека. Вредное влияние, оказываемое нефтепродуктами на организм человека при систематическом соприкосновении с ними или вдыхание их паров, может привести к профзаболеваниям и отравлениям. Анализ причин пожаров, взрывов и несчастных случаев на нефтеперерабатывающих предприятиях показывает, что в подавляющем большинстве они возникли из-за несоблюдения графика планово-предупредительного ремонта, из-за отклонения технологического режима, а зачастую из-за незнания или грубого нарушения техники безопасности.

4.1 Выявление вредных факторов при технологическом процессе подготовки нефти:

Нефть содержит в себе углеводороды, которые образуют при определенных концентрациях с воздухом взрывоопасные и пожароопасные смеси. Ввиду того, что пары углеводородов тяжелее воздуха и собираются в низких местах, углублениях, наибольшую опасность представляют лотки, приямки, колодцы, где могут образовываться взрывоопасные смеси паров с воздухом.

Углеводороды действуют на организм человека наркотически раздражающе, возбуждают нервную систему, а при попадании на кожу человека могут вызывать раздражение.

Возможно нанесение травмы вращающимися, движущимися частями механизмов, поражение электрическим током, ожоги паром и другими горячими предметами. Рабочие, допущенные к работе на производстве, должны знать свойства используемых в процессе химических веществ, их действие на организм человека и меры предупреждения взрывов, пожаров, отравлений и травм.

По степени воздействия на организм человека, нефть относится к четвертому классу малоопасных веществ. Предельно допустимая концентрация (ПДК) углеводородов нефти в воздухе рабочей зоны (в перерасчете на углерод) составляет 300 мг/м³.

По характеру воздействия на обслуживающий персонал УПН опасные и вредные факторы подразделяются согласно ГОСТ 12.0.003–74 на четыре группы: физические, химические, психофизиологические, биологические.

Нарушение требований безопасности к производственному оборудованию (ГОСТ 12.2.003–91), производственных инструкций по технике безопасности по профессиям и видам работ, нормативно – технической документации приводит к авариям, несчастным случаям.

Опасные факторы, действующие на установке:

использование, переработка на установке значительных количеств ЛВЖ (нефти) при ее сепарации, обезвоживании, обессоливании, перекачке и хранении в резервуарах;

наличие избыточного давления, взрывоопасных газов в аппаратах на стадии сепарации и компремирования;

испарение легких фракций из нефти при ее хранении в резервуарном парке;

использование в качестве топлива попутного газа;

применение открытого пламени в печах;

сжигание выбросов попутного газа на факелах;

наличие опасного высокого напряжения электрического тока в электродегидраторах, электродвигателях, насосов и компрессоров;

наличие испарений через неплотности дренажной системы и при «дыхании» резервуаров очистных сооружений;

применение в процессе подготовки нефти деэмульгаторов, обладающих токсичностью.

Сведения о пожароопасности, токсичности сырья, получаемых продуктов и отходов, применяемых реагентов приведены в таблице 3

Таблица 3. Пожароопасность и токсичность сырья, получаемых продуктов и применяемых реагентов, а также жидких и газообразных отходов

Характеристика	Наименование вещества				
	Сырая нефть	Товарная нефть	Попутный газ нефти, топливный газ, газ на факел	Ингибитор коррозии	Дезэмульгатор
Плотность по воздуху	3,5	3,5	0,5543	-	-
Предельно-допустимая концентрация в рабочей зоне, мг/м ³	300	300	300	5	3
Класс опасности	4	4	4	3	2

Действие на организм	Вызывает сонливость, утомление, головокружение, головные боли	Обладает наркотическими свойствами	В больших концентрациях обладает наркотическим действием.	Воздействует на нервную систему, печень, почки, разрушает слизистую оболочку глаз	-
Температура вспышки, °С	меньше 18	35	-	28	меньше 17
Температура самовоспламенения, °С	+200 – 300	+200 – 300	+537	+150	+200
Пределы взрывоопасности, % об	5–16	5–16	3,2–13,6	2,5–36,5	-
Удельный вес г/см ³	0,850–0,926	0,865	0,001	1,2	0,93–0,95

Освещение производственных помещений

При освещении производственных помещений используется естественное – за счёт солнечного излучения, искусственное – за счёт источников искусственного света, и совмещённое освещение.

Освещённость нормируется СНиП 23 – 05 – 95.

Расчёт искусственного освещения.

Таблица 4. Нормируемая освещённость по СНиП 23 – 05 – 95

Цех, участок, зона.	Минимальный размер объекта, мм	Разряд и подразряд зрительной работы	Характер фона и контр. объекта фон/контр	Вид освещения Иск/ест	Норма освещения		Ист. света	Тип светильника	Мощн. ламп, Вт
					Иск. освещ., лк	Естес. освещ., %			
Помещение операторной	0,5 – 1	IV б	средн. / малый	Общ./ бок.	200	2,5	ЛБ 65	диф.-расс. отр.	65

Произведем расчет искусственного освещения помещения операторной по коэффициенту использования светового потока по следующим формулам:

$$i = S/[H_p \cdot (A + B)] \quad (5.1)$$

где i – индекс помещения;

S – площадь освещаемого помещения ($S = 35 \text{ м}^2$);

H_p – принятая высота подвеса светильников ($H_p = 2,5 \text{ м}$);

A – длина помещения ($D = 7 \text{ м}$);

B – ширина помещения ($B = 5 \text{ м}$).

Тогда $i = 35/[2,5 \cdot (7 + 5)] = 1,2$.

$$N = E_n \cdot S \cdot R \cdot Z / (F \cdot \eta) \quad (5.2)$$

где N – количество ламп;

E_n – нормируемая минимальная освещенность, лк;

R – коэффициент запаса (1,3 – 1,8);

Z – поправочный коэффициент учитывающий неравномерность освещения (1,1 – 1,5);

S – площадь освещаемого помещения, (S = 35 м²);

F – световой поток выбранных ламп, лм F = 4550;

η – коэффициент светового потока (η = 40%).

$N = 200 \cdot 1,5 \cdot 35 \cdot 1,3 / 4550 \cdot 0,4 = 7,5$;

По результатам расчета для освещения помещения операторной принимаются четыре светильника с диффузно – рассеивающим отражением, по две лампы в каждом, оснащенные лампами ЛБ-65 с величиной световой отдачи 70,0 лм / Вт. В помещении операторной необходимо предусмотреть аварийное освещение (5% основного, но не менее 2 лк), а также в нефтяной лаборатории в помещении для анализа нефтепродуктов. Аварийное, эвакуационное освещение (на полу помещений не менее 2 лк, на открытых территориях не менее 0,2 лк) необходимо в насосных, компрессорных станциях, открытых площадках электродегидраторов, отстойников, сепараторов, на складе реагента – деэмульгатора, на площадках дозирования реагента. Вдоль границы территории цеха устроено охранное освещение.

Санитарно-гигиенические условия труда приведены в табл. 5.3.

Таблица 5. Санитарно-гигиенические условия труда в производственных помещениях

Показатели	Производственные помещения	
	операторная	насосная
Характеристика тяжести работы	I-б (легкая)	II-б (средней тяжести)
Холодный/теплый период, температура, °С, норма	20 – 24/21 – 28	13 – 23/16–27

Относительная влажность, %, норма	15–75	15 – 75
Скорость движения воздуха, м/с, норма	< 0,2	< 0,4
Тип системы вентиляции (общеобменная, местная, приточная, вытяжная, приточно- вытяжная, аварийная)	Общеобменная , приточная	Приточно- вытяжная
Баланс воздухообмена (отрицательный, положительный, уравновешенный) Кратность воздухообмена, 1/ч	Полож. 2 – 3	6
Отопление: (система отопления) теплоноситель и его параметры	Пар, 1200С, 2 атм.	Пар, 1200С, 2 атм.
Естественное освещение (вид) разряд и подразряд зрительной работы площадь помещения, м2 площадь световых проемов, КЕО, %, норма	Боковое IVб 35 2	VIII

Виды рабочего искусственного освещения	Общее Люминесцентн ые лампы	Общее Галогенов ые лампы
источники света	200	200
освещенность, лк, норма	Рассеянного	Рассеянног
светильники	света	о света
мощность ламп в	65	
светильниках, Вт	10	
количество светильников		
Аварийное освещение (вид)	Дизельная электростанция	Дизельная электростанция
Источники питания		
аварийного освещения		
Освещенность:	10	25
на путях эвакуации, лк	25	25
на рабочих местах, лк		
Источники шума в помещении	Вентилятор, электрооборудование	Насосные агрегаты, электродвигатели
Нормируемые параметры, дБА, норма	65	80
Источники вибрации	-	Насосные агрегаты, электродвигатели
Нормируемые параметры, м/с (дБ), норма	-	0,2*10 ⁻² (92)

Средства индивидуальной защиты и компенсация производственных вредностей

Все рабочие, ИТР, поступающие в цех ППН, или переводимые с одного объекта на другой, могут быть допущены к самостоятельной работе только

после прохождения ими инструктажа по ТБ, пожарной безопасности, стажировке на рабочем месте и проверке полученных ими знаний. Все работающие должны быть обеспечены соответствующей спецодеждой, спецобувью, предохранительными приспособлениями, которые должны выдавать по установленной форме.

Все применяемые на установке вещества относятся к умеренно опасным и могут вызвать отравления при попадании внутрь организма.

Обслуживающему персоналу необходимо: соблюдать правила техники безопасности и производственной санитарии; находиться на рабочем месте в спецодежде; иметь и уметь пользоваться индивидуальными средствами защиты.

Для защиты органов дыхания применяются: фильтрующие противогазы марки «А» и «БКФ»; шланговые противогазы марки ПШ-1 и ПШ-2 (при работе в аппаратах заглубленных емкостях и колодцах).

При работе с деэмульгаторами обслуживающий персонал должен применять: резиновый фартук; резиновые перчатки; защитные очки; резиновые сапоги.

В качестве компенсации производственной вредности производятся надбавки, выдаётся молоко 0,5 л. за смену (или заменяющие молоко продукты). Продолжительность смены не более 12 часов. Время работы не более 40 ч. в неделю, 160 ч. в месяц.

4.2 Выявление опасных факторов при технологическом процессе подготовки нефти:

Электробезопасность, молниезащита и защита от статического электричества

Электрические установки представляют для человека большую потенциальную опасность, которая усугубляется тем, что органы чувств человека не могут на расстоянии обнаружить наличие электрического

напряжения на оборудовании. Среди причин смертельных несчастных случаев на долю электротравм приходится 20 – 40%.

Электрооборудование, которое предполагается установить на объекте, питается от сети переменного тока, напряжением, в зависимости от назначения, 220 (двухфазная сеть) и 380 В (трехфазная сеть). Все устанавливаемое оборудование имеет взрывобезопасное исполнение. Уровень взрывозащиты – 2 (повышенной надежности против взрыва). Вид взрывозащиты – i (искробезопасная цепь).

Для защиты от попадания металлоконструкций под напряжение, а также для отвода статического электричества и молниезащиты предусмотрено заземление всех металлоконструкций, корпусов и оболочек аппаратов высокого и низкого напряжения, присоединены к общему контуру заземления.

Мероприятия по обеспечению противопожарной защиты

На ЦПС основными вредными, токсичными, взрыво – и пожароопасными веществами, находящимися в производстве, являются: нефть, нефтяной газ, реагенты, неочищенные пластовые воды.

Сооружения ЦПС размещаются на безопасном расстоянии друг от друга согласно противопожарных норм проектирования. Каждому помещению, зоне присваивается категория и класс по пожаро – и взрывоопасности табл. 6.4. В целях предотвращения разлива нефти резервуары с нефтью, пластовыми и сточными водами имеют обвалования, а площадки наружных технологических установок – бортовое ограждение.

Для тушения нефти и нефтепродуктов применяются: пенораствор; водяной пар; огнетушители пенные и порошковые; песок.

Таблица 6.

/п	Наименование помещений наружных участков и оборудования	Категория пожарной опасности помещений и установок	Классификация помещений наружных установок по ПУЭ		Санитарная характеристика веществ, использованных и образующихся в производстве
			класс помещений	категория и группа взрывоопасных смесей	
.	Единый технологический блок: – этажерка – блок управления	Ан А	В-1г В-1а	II А-ТЗ по нефти	Нефть, газ попутный; Класс опасности 4
.	Концевая сепарационная установка	Ан	В-1г	II А-ТЗ по нефти	Нефть, газ попутный; Класс опасности 4
.	Насосный блок	А	В-1а	II А-ТЗ по нефти	Нефть: класс опасности 4
.	Площадка печей: – печь – блок управления	Ан А	В-1г В-1а	II А-ТЗ по нефти II А-	Нефть, Газ топливный

				T1 по метану	
.	Блок подготовки и дозирования ингибитора коррозии	A	B-1a	II A-T3	Ингибитор класс опасности 3
.	Резервуарный парк	Aн	B-1г	II A-T3	Нефть, газ попутный; класс опасности 4
.	Блок боксы погружных насосов	Aн	B-1a	II A-T3	Нефть класс опасности 4
.	Воздушная компрессорная	Д	-	II A-T3	Воздух не опасен
.	Операторная	Д	-	II A-T3	-
0.	Противопожарная насосная станция	Д	-	II A-T3	Вода не опасна

Для тушения электроустановок применяются углекислотные и порошковые огнетушители.

Огнетушители на установке расположены: в насосных и компрессорных боксах; в операторной; в блоках печей.

Одним из способов предупреждения пожаров является строгое соблюдение правил пожарной профилактики. Противопожарные мероприятия должны обеспечить безаварийную работу установки. Возможность ликвидации пожара в начальной стадии его возникновения имеющимися на установке первичными средствами пожаротушения обеспечивается наличием подъездных путей, подъездов и дорог, подъездов пожарной техники к объектам и возможности подключения ее к сети пожарного водоснабжения.

В случае возникновения пожара в операторную поступает сигнал от термодатчиков, установленных в помещениях объектов УПН или от ручных пожарных извещателей. При поступлении сигнала от термодатчика или извещателя автоматически подаётся импульс на включение оборудования и открытия задвижек в направлении горящего объекта.

4.3 Экологическая безопасность

На установку подготовку нефти поступает сырая нефть, которая разделяется на:

1. Товарную нефть (обезвоженную и обессоленную);
2. Попутный газ;
3. Воду;
4. Некондиционные газы.

Товарная нефть с установки поступает на внешнюю перекачку в магистральный нефтепровод, попутный газ – на установку комплексной подготовки газа. Вода, пройдя систему очистных сооружений, направляется на промыслы в систему поддержания пластового давления, а некондиционные газы, дальнейшая переработка которых экономически нецелесообразна или невозможна, направляются на факел.

Сжигание сбрасываемых газов на факельных устройствах позволяет значительно уменьшить загрязнение окружающей среды токсичными и горючими веществами.

К факельным устройствам предъявляются следующие требования:

- Полнота сжигания, исключая образование вредных промежуточных продуктов;
- Сжигание, исключающее образование дыма и сажи;
- Устойчивость факела при изменении расхода и состава сбрасываемых газов;
- Безопасное воспламенение, бесшумность.

Защита атмосферы

Источниками загрязнения атмосферы на предприятии являются:

- факелы, дымовые трубы отопительной котельной, дымовые трубы трубчатых подогревателей;
- не герметичность оборудования и трубопроводов, аварийные ситуации, вентвыбросы.

Вредные вещества, выбрасываемые источниками загрязнения следующие:

- сажа и окись углерода, образующаяся в результате не полного сгорания газа, сернистый ангидрид (SO_2), образующийся при сгорании сероводорода, содержащегося в газе и оксиды азота, образующиеся при высоких температурах из азота воздуха;
- сырой газ, сухой газ, топливный газ.

Обеспечение безопасной работы УПН прежде всего связано с обеспечением герметичности всей технологической цепочки.

Исключение разгерметизации оборудования предусмотрено при проектировании объекта.

Меры, направленные на предотвращение разгерметизации оборудования и трубопроводов следующие:

– материалы, конструкции сосудов и трубопроводов рассчитаны на обеспечение прочности и надежной эксплуатации в рабочем диапазоне температур;

– все соединения трубопроводов выполнены сварными, за исключением фланцевых соединений в местах присоединения арматуры и аппаратов;

– расчетная толщина стенок сосудов определена с учетом расчетного срока эксплуатации и прибавки на компенсацию коррозии;

– наружная поверхность оборудования и трубопроводов имеет антикоррозионное покрытие;

– арматура на трубопроводах предусмотрена из хладостойких сталей.

Состояние воздушной среды в производственных помещениях и в целом по предприятию контролируется заводской химической лаборатории на соответствие ПДК по графику, согласованного с комитетом по охране природы.

Ежегодно в специальных уполномоченных органах по охране природы оформляется разрешение на выбросы вредных веществ в атмосферу, размещение отходов. Раз в пять лет рассчитываются нормативы предельно-допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу.

Защита гидросферы

В результате технологического процесса на УПН образуются сточные воды, содержащие нефтяные и взвешенные вещества:

– пластовая вода;

– дождевые стоки с территории технологических площадок и обвалований резервуаров.

Для утилизации сточных вод запроектированы отдельные системы канализации:

– напорная сеть – транспортирующая пластовую воду от аппаратов подготовки нефти;

– производственно – ливневая;

– производственная.

Производственно – ливневые стоки по самотечным трубопроводам поступают в емкость для сбора промышленных стоков, а затем перекачиваются в отстойники пластовой воды, где в результате отстоя в течение 8–16 часов достигается очистка стоков до нужных концентраций.

Пластовая вода и дождевые стоки проходят процесс очистки путем механического отстоя в резервуарах отстойниках (РВС 5000 м³). Очищенные стоки самотеком поступают на насосную откачку очищенных стоков и закачиваются в систему ППД. Согласно данным СибНИИНП о допустимых нормах содержания загрязнений в закачиваемых водах месторождений Западной Сибири сточные воды перед закачкой в пласт должны содержать:

- нефтепродуктов не более 45 мг/л;
- механических примесей не более 30 мг/л.

Предусмотренные проектные решения и мероприятия по охране окружающей среды практически исключают возможность прямого загрязнения почвы, поверхностных и грунтовых вод.

Для предотвращения попадания вредных веществ в почву и грунтовые воды предусмотрены асфальтовые покрытия технологических площадок, обвалование резервуаров, сбор дождевых стоков, герметизированная система подготовки нефти, применение коррозионно-стойких труб; благоустройство территории площадок.

Защита литосферы

Наибольший объем отходов образуется в виде шламов, скапливающихся в резервуарах. Шламы из резервуаров периодически перекачиваются в шламонаполнитель, откуда вывозится автотранспортом на центр по отмывке шлама и нефтезагрязненных грунтов, запроектированным на площадке ЦПС, где производится их очистка и дальнейшее использование при строительстве автодорог.

Шламопоглотитель запроектирован V=200 м³, в конструкции шламопоглотителя предусмотрен колодец для сбора отстоявшейся воды,

которая поступает через дренажные отверстия в стенке колодца. Накопившаяся в колодце вода отводится самотеком по трубе в другой колодец большего диаметра, имеющего отстойную часть. По мере накопления воды из 2-го колодца вывозится автомашинами в емкость для сбора промышленных стоков, откуда насосом перекачивается в резервуары-отстойники. Конструкция шламопоглотителя исключает загрязнения почв и грунтовых вод.

Годовой объем накопившегося шлама 1075 м³, класс опасности неочищенного шлама 3.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварий, опасного явления, катастрофы или иного бедствия, которые повлекли или могут повлечь человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и окружающей среде, значительные материальные затраты и нарушение условий жизни людей.

К чрезвычайным ситуациям природного характера относятся: лесные и торфяные пожары; сильные морозы (ниже -40 0С); метели и снежные заносы; ураганные ветры.

Чрезвычайные ситуации техногенного характера – это пожары; взрывы паровоздушных смесей; разливы сильнодействующих ядовитых веществ; отключение электроэнергии; отключение тепла и воды.

На УПН производится контроль загазованной среды, что может предупредить ЧС техногенного характера.

Чтобы избежать лесных и торфяных пожаров, производится вырубка лесного массива вблизи с установкой ставятся ограждения. Летом производится покос травы. Зимой постоянно производят уборку территорий УПН от снега, все оборудование которое находится вне помещения

снабжены изоляцией и теплоспутниками. Производится отопление помещений.

Для предотвращения террористических актов на территории цеха ведется видеонаблюдение и установлен контрольно пропускной режим. Вся территория цеха окружена ограждением. Персонал охраны осуществляет обход объекта по периметру с определенным интервалом времени.

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

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

Отказы (неполадки) оборудования возникают при прекращении подачи энергоресурсов (электроэнергии, топливного газа), при коррозии оборудования и трубопроводов. Аварии также могут возникнуть при механических повреждениях и температурных деформациях оборудования.

Ошибочные действия персонала представляют наибольшую опасность при пуске и остановке оборудования в связи с заполнением или опорожнением аппаратов опасными веществами. В случае ошибочных действий может произойти разгерметизация оборудования и, как следствие, крупномасштабная авария.

Установка должна быть остановлена аварийно по плану ликвидации аварии в случае прекращения подачи электроэнергии, сырья, воды, при пожаре, разрушении коммуникаций и аппаратов, а также в случае аварии на соседнем объекте, которая представляет угрозу для цеха.

К работам на установке допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие в установленном порядке медосмотр, обучение и инструктаж.

После прохождения стажировки на рабочем месте обслуживающий персонал сдает экзамен на допуск к самостоятельной работе.

Действия обслуживающего персонала УПН в аварийных ситуациях должны быть направлены:

- на спасение людей, находящихся в опасной зоне при аварии и оказание первой помощи пострадавшим;

- на локализацию аварии, отключение аварийного оборудования и приборов;

- на принятие мер по снижению возможных последствий аварий.

Аварийная остановка УПН производится при:

- взрывах

- пожарах;

- разгерметизации оборудования и газопроводов;

- прекращении подачи на установку электроэнергии, топливного газа, нефти, воздуха КИПиА

4.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

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

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

Функции по контролю и надзору, которые ранее осуществлялись Санэпиднадзором Минздрава России, переданы Федеральной службе по

надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека(Роспотребнадзор).

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

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

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

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) — государственный санитарно-эпидемиологический надзор за соблюдением санитарного законодательства; организует деятельность системы санитарно-эпидемиологической службы РФ.

В федеральном законе “О пожарной безопасности” (1994) определяются общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в России, дается регулирование отношений между органами государственной власти, органами местного самоуправления, предприятиями, организациями, крестьянскими хозяйствами и иными юридическими лицами независимо от форм собственности. **Федеральный закон “О промышленной безопасности опасных производственных объектов” (1997)** определяет правовые, экономические и социальные основы

обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлен на предупреждение аварий на опасных производственных объектах и обеспечение готовности организаций к локализации последствий аварий.

5. Финансовый менеджмент

Основная цель расчета – оценка экономической эффективности установки, предназначенной для подготовки нефти к транспорту.

Экономическую эффективность проекта оценивают по следующим показателям:

- чистая текущая стоимость проекта;
- срок окупаемости проекта;
- коэффициент отдачи капитала;
- чувствительность к риску.

5.1 Расчёт плана производства

Производственная мощность определяется по мощности ведущих агрегатов, то есть по мощности сепараторов, отстойников и электродегидраторов.

В общем виде производственная мощность определяется по формуле:

$$M = P \cdot T_{\text{эф.об.}} \quad (6.1)$$

где: P – суточная производительность в т/сут;

$T_{\text{эф.об.}}$ – эффективный фонд времени работы оборудования, сут.

$M = 3\,000$ тыс. т/г,

$T_{\text{эф.об.}} = 350$ сут.

После определения величины производственной мощности устанавливают степень её использования. Для определения степени использования мощности существуют следующие показатели:

- 1) Коэффициент экстенсивности ($K_{\text{э}}$);
- 2) Коэффициент интенсивности ($K_{\text{и}}$);
- 3) Интегральный коэффициент использования производственной мощности, или коэффициент мощности ($K_{\text{м}}$).

Коэффициент экстенсивности характеризует использование оборудования во времени и рассчитывается по формуле:

$$K_э = \frac{T_{эф.об.}}{T_k} \quad (6.2)$$

где: T_k – календарное время года, принимается в соответствии с положением о планово – предупредительных ремонтах 360 дней.

$$K_э = 350/360 = 0,972$$

Коэффициент интенсивности характеризует использование оборудования по производительности и рассчитывается по формуле:

$$K_u = \frac{\Pi}{\Pi_{пр}} \quad (6.3)$$

где: Π – суточная производительность,

$\Pi_{пр}$ – прогрессивная производительность оборудования.

$$K_u = 1,00$$

Полнота использования производственной мощности определяется коэффициентом мощности, который представляет собой произведение рассчитанных выше коэффициентов.

$$K_m = K_э \cdot K_u \quad (6.4)$$

$$K_m = 0,972 \cdot 1,00 = 0,972$$

Установив степень использования производственной мощности, рассчитывают производственную программу объекта ($P_{год}$)

$$P_{год} = K_m \cdot M \quad (6.5)$$

$$P_{\text{год}} = 0,972 \cdot 3\,000\,000 = 2\,916\,667 \text{ т/год.}$$

Таблица 7. Производственная программа цеха подготовки и перекачки нефти

Показатели	Выход продукции в расчёте на переработанное сырьё, %	Значения показателей за год
1. Производительность в единицу времени, т/сутки.	—	2 000
2. Время эффективной работы оборудования, дни.	—	350
3. Мощность установки, т/год	—	3 000 000
4. Коэффициент мощности	—	0,972
5. Производственная программа, т/год	—	2 916 667
6. Взято сырья, т/год: нефтяная эмульсия	100	2 916 667
7. Выработано продукции, т/год:	100	2 916 667
1. газ	2,6	75 833
2. подтоварная вода	29,22	852 250
3. товарная нефть	68,18	1 988 583
8. Потери	0	0

5.2 Расчёт капитальных вложений и стоимости основных и оборотных средств

Капитальные затраты в создании любого объекта представляют собой сумму затрат на приобретение и транспортировку оборудования, строительных и монтажных работ (всё это в сумме – балансовая стоимость) и прочих затрат, связанных с подготовкой кадров производства, содержанием дирекции строящегося объекта, с проектированием, изыскательными и другими работами.

Доля затрат на приобретение оборудования составляет 35–40%, затрат на строительно-монтажные работы 45–50%, т.е. балансовая стоимость

основных средств объекта составляет 80–90% всех капиталовложений, а величина прочих затрат 10–20%.

Зная балансовую стоимость основных средств по базовому варианту (действующему производству) и используя выше приведённые соотношения, можно определить размер капитальных вложений в базовый вариант.

В составе капиталовложений есть часть затрат, которая не зависит от изменения производственной мощности объекта. Учитывая это, рост капиталовложений происходит не пропорционально увеличению мощности, а в следующей зависимости (формула Нельсона):

$$K_n = K_{\text{б}} \cdot \left(\frac{M_n}{M_{\text{б}}} \right)^n \quad (6.6)$$

где: $K_{\text{б}}$ и K_n – капитальные вложения в базовый и проектируемый объекты;

$M_{\text{б}}$ и M_n – соответственно мощности базового и проектируемого объектов;

n – показатель, характеризующий изменение капитальных вложений.

$$K_n = 553554 \cdot \left(\frac{3000}{2800} \right)^{0,6} = 576\,950 \text{ тыс. руб.}$$

5.3 Организация и планирование труда и заработной платы

Технологическая установка подготовки нефти является взрывоопасным и пожароопасным объектом. Применяемые на установке реагенты обладают токсичностью и являются опасными для здоровья человека. Поэтому существующие условия труда на установке относятся к вредным и тяжёлым.

Характеристика существующих на объекте условий труда:

- продолжительность рабочей смены для рабочего персонала 12 часов без перерыва на обед, для ИТР служащих 12 часов с перерывом на обед 1 час;
- количество смен в сутки – 2 смены (ночная и дневная смены);

Далее приведены штатное расписание, тарифная сетка по оплате труда работников производственных структурных подразделений, размер доплаты за работу во вредных условиях труда за норму часов, показатели премирования и размер премии, пример расчета заработной платы, график сменности.

Таблица 8. Штатное расписание

Наименование профессий	Категория трудящихся	Разряд рабочих	Численность явочная	Численность списочная	Должностной оклад, часовая тарифная ставка рабочих, руб.
Начальник установки	руководитель	–	–	1	308,3
Оператор	рабочий	5	1	4	135,4
Оператор	рабочий	4	2	8	119,8
Оператор	рабочий	3	2	8	93,8
Итого	–	–	5	21	–

Таблица 9. Баланс рабочего времени среднесписочного рабочего

Элементы времени	Д	Ча
1. Календарный фонд времени	3	4
2. Выходные дни	1	2
3. Номинальный фонд рабочего времени	1	2
4. Потери рабочего времени		
а) основной и дополнительный отпуск	3	40
б) декретный отпуск	4	8
в) невыходы по болезни	–	–
г) время выполнения государственных и общественных обязанностей	7	84
5. Эффективный фонд рабочего времени	1	1

Годовой фонд заработной платы рабочих состоит из основной и дополнительной заработной платы. Основная заработная плата представляет собой сумму выплат, надбавок и компенсаций за проработанное время. В фонд основной заработной платы включается оплата по тарифу, премия, доплаты за работу в ночные и вечерние часы, в праздничные дни, за переработку и другие виды, предусмотренные законодательством и организацией. Оплата времени отпуска и исполнения государственных и общественных обязанностей, т.е. времени непроработанного, но в соответствии с действующим законодательством оплачиваемого, составляет фонд дополнительной заработной платы.

Расчёт основного фонда заработной платы (для оператора 4 разряда)

Оплата по тарифу для рабочих – повременщиков определяется как произведение дневной тарифной ставки, времени эффективной работы рабочего за год в днях (из баланса рабочего времени одного среднесписочного рабочего) и списочного количества рабочих соответствующего разряда.

Тарифный фонд заработной платы для сдельщиков определяется произведением сдельной расценки на объём производства.

Премии рабочим выплачиваются из фонда заработной платы в процентах от заработка по тарифу. Максимальный размер премии (за количественные и качественные показатели) устанавливаются положением о премировании.

На предприятии используются доплаты за работу в ночные и вечерние часы. Минимальные размеры этих доплат в процентах от тарифного заработка (соответственно 40 и 20 процентов).

Доплата за работу в праздничные дни определяется произведением дневной тарифной ставки, числа праздничных дней в году и численности работников, занятых в праздничные дни.

Доплата за переработку часов сверх нормы в соответствии с графиком сменности составляет за первые два часа по 50%, а за последующие (сразу же за ними) 100% за каждый час от часовой тарифной ставки.

Дополнительный фонд заработной платы (Z_d) определяется произведением среднедневной заработной платы (Z_c) на количество дней очередного и дополнительного отпуска, также дней выполнения государственных обязанностей по балансу рабочего времени среднесписочного рабочего. Среднедневной заработок определяется по формуле:

$$Z_c = K \cdot \frac{Z_o}{T_{\text{эф. раб.}}} \quad (6.7)$$

где: Z_o – фонд основной заработной платы, руб.;

$T_{\text{эф. раб.}}$ – время эффективной работы рабочего по балансу;

K – коэффициент, учитывающий разницу в продолжительности рабочей смены и нормы рабочего дня (таблица 6.3).

Оклад – 21 564 руб.

Премия (40%) – 8 626 руб.

Доплата за вредные условия (8%) – 1 725 руб.

Доплата за работу в ночь (40%) – 8 626 руб.

Основная заработная плата оператора 4 разряда: 40 540 руб.

Фонд основной заработной платы:

$$Z_o = 40\,540 \cdot 12 = 486\,484 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата:

$$Z_c = \frac{6}{12} \cdot \frac{486\,484}{142} = 1\,713 \text{ руб.}$$

Дополнительный фонд заработной платы: $1\,713 \cdot (34+2) = 61\,667$ руб.

Годовой фонд ($Z_{\text{год}}$) заработной платы рассчитывается с учётом районного коэффициента (K_p), принятого в месте расположения предприятия.

$$Z_{\text{год}} = (Z_o + Z_{\text{д}}) \cdot 1,15 \quad (6.8)$$

$$Z_{\text{год}} = (486\,484 + 61\,667) \cdot 1,15 = 630\,373 \text{ руб.}$$

В таблице 10 представлен расчёт заработной платы начальника смены:

Таблица 10. Расчёт фонда заработной платы руководителя

Должность	Мес. оклад, тыс. руб.	Условия труда	надбавка		Месячный оклад с надбавкой, тыс. руб.	Оплата за 12 мес., тыс. руб.	Районный коэффициент, %	Итого за год тыс. руб.
			тыс. руб.					
Начальник установки	68,59	тяжелые	20,58	0	89,17	1070,14	115	1230,55

5.4 Расчёт затрат на производство и калькуляция себестоимости

Затраты на производство по проектируемому варианту определяются методом прямого счёта по калькуляционным статьям затрат.

Таблица 11. Расчёт затрат на проектируемый объём

Наименование статей затрат	Базовый вариант, тыс. руб.			Коэффициент роста объёма производства	Проектный вариант, тыс. руб.		
	Постоянные	Переменные	Затраты на весь выпуск		Постоянные	Переменные	Затраты на весь выпуск

1. Сырьё		5 700 000	5 700 000			6 107 143	6 107 143
2. Топливо		10 024	10 024			10 740	10 740
3. Энергия		46 835	46 835			50 180	50 180
4. Услуги производстве- нного характера	40 312		40 312		40 312		40 312
5. Фонд оплаты труда	630 373		630 373		630 373		630 373
6. Отчисление на соц. службы	29 000 123 852		29 000 123 852	1,071	29 000 123 852		29 000 123 852
7. Амортизация основных фондов	129 852		129 852		129 852		129 852
8. Прочие расходы	376 121		376 121		376 121		376 121
9. Услуги собст. цехов							
Полная себестоимость, в т.ч			7 086 342				7 497 547
– сумма переменных затрат		5 756 859				6 168 063	
– сумма постоянных затрат	1 329 483				1 329 483		

Затраты на весь выпуск по базовому варианту делятся на переменные (сумма которых меняется пропорционально изменению объёма производства) и постоянные (сумма которых на весь выпуск остаётся неизменной, т.е. постоянной и не зависит от объёма производства, или меняется в меньшей степени, чем меняется объём производства).

Переменные затраты: 5 756 859 тыс. руб.

Постоянные затраты: 1 329 483 тыс. руб.

Отношение производственной программы по проекту к производственной программе по базовому варианту определяется коэффициентом роста объёма производства, пропорционально которому вырастут затраты, отнесённые к переменным. К таким затратам, как правило, относятся затраты на сырьё, основные и вспомогательные материалы, все виды энергии. Все остальные относятся к постоянным затратам. Умножением переменных затрат по базовому варианту на коэффициент роста объёма производства рассчитываются суммы переменных затрат по калькуляционным статьям для проектируемого варианта.

$$K_{p.об.пр.} = \frac{P_{зодпр}}{P_{зодб.}} = \frac{3}{2,8} = 1,071$$

Переменные затраты по проектируемому варианту:

$$5\,756\,859 \cdot 1,071 = 6\,168\,063 \text{ тыс. руб.}$$

Расчёт себестоимости всего объема запроектированного выпуска продукции приводится в табличной форме (табл. 6.5).

Расчёт себестоимости продукции

$$C_{Б(бензин)} = 0,6818 \cdot 7\,086\,342 / 1\,856\,011 = 2,603 \text{ тыс. руб./т}$$

$$C_{П(бензин)} = 0,6818 \cdot 7\,497 / 1\,988\,583 = 2,571 \text{ тыс. руб./т}$$

$$\Delta C_{(бензин)} = (11,551 - 7,311) \cdot 1\,988\,583 = 27\,748 \text{ тыс. руб.}$$

5.5 Экономическая оценка проекта и выводы

Экономическая эффективность капитальных вложений в проект может быть определена разными показателями и разными методами.

1) Метод окупаемости основан на определении срока окупаемости периода возврата капитальных вложений (начальных инвестиций) в проект за

счёт прибылей от него. Период возврата капитальных вложений определяется по формуле:

$$T_{ок} = K / (ПЧ + А), \text{ лет (6.10)}$$

где: К – капитальные вложения в проект, тыс. руб.;

ПЧ – чистая прибыль от реализации продукции, тыс. руб. в год;

А – амортизационные отчисления основных средств и нематериальных активов, тыс. руб. в год.

Чистая прибыль – это прибыль, остающаяся в распоряжении предприятия после уплаты всех налогов и сборов, определяемая по формуле:

$$ПЧ = ПР - НИ - НП, \text{ тыс. руб., (6.11)}$$

где: ПР – прибыль от реализации производственной продукции;

НИ – налог на имущество;

НП – налог на прибыль.

Снижение себестоимости продукции за счет увеличения производственной мощности определяется:

$$ПР = (Ц - С) \cdot P_{год}, \text{ млн. руб., (6.12)}$$

Где, Ц – цена единицы продукции, млн. руб.;

С – себестоимость единицы продукции, млн. руб.;

$P_{год}$ – объём производства (производственная программа), т в год.

Налог на имущество. Стоимость имущества организации складывается из стоимости основных средств, оборотных средств и нематериальных активов. Для основных средств налог составляет 2,2% от их остаточной стоимости, которая представляет собой неамортизационную часть основных средств и определяется по формуле:

$$C_{ост.} = C_{бал.} - A_t, \text{ тыс. руб. (6.13)}$$

где: $C_{бал.}$ – балансовая (первоначальная) стоимость основных средств, тыс. руб.;

А – годовые амортизационные отчисления основных средств, тыс. руб.;

t – период эксплуатации основных средств, лет.

Для оборотных средств налог составляет также 2,2% от их среднегодовой стоимости, которая может быть определена прямым счётом или принята в размере 10% от стоимости основных средств в отрасли.

Налог на нематериальные активы определяется аналогично налогу на основные средства.

Налог на прибыль рассчитывается по формуле:

$$\text{НП} = (\text{ПР} - \text{НИ}) \cdot \text{СН}, \quad (6.14)$$

где: СН – ставка налога на прибыль, доли единиц (0,2).

Годовые амортизационные отчисления основных средств и нематериальных активов определяются прямым счётом по формуле:

$$A = C_{\text{бал}i} \cdot 10/100 \quad (6.15)$$

$C_{\text{бал}}$ – балансовая стоимость основных средств, млн. руб.,

$$A = 576\,950 \cdot 0,8 \cdot 0,1 = 46\,156 \text{ тыс. руб.};$$

$$C_{\text{ост}} = 576\,950 - 46\,156 \cdot 10 = 115\,390 \text{ тыс. руб.};$$

$$\text{ПР} = \sum \Pi_i \cdot P_i - C = (8,350 \cdot 1\,988\,583) - 7\,497\,547 = 9\,107\,124 \text{ тыс. руб.};$$

$$\Pi_{\text{нефть}} = 8,350 \text{ тыс. руб./т.};$$

(производственные данные)

$$\text{НИ} = 0,022 \cdot (115\,390 + 576\,950 \cdot 0,1) = 3\,808 \text{ тыс. руб.};$$

$$\text{НП} = (9\,107\,124 - 3\,808) \cdot 0,2 = 1\,820\,663 \text{ тыс. руб.};$$

$$\text{ПЧ} = 9\,107\,124 - 3\,808 - 1\,820\,663 = 7\,282\,653 \text{ млн. руб.};$$

$$T_{\text{ок}} = 576\,950 / (7\,282\,653 + 46\,156) = 0,08 \text{ года.}$$

2) Метод простой нормы прибыли позволяет определить размер прибыли на рубль вложенного капитала. Простая норма прибыли (е) – показатель, обратный периоду возврата капитальных вложений и рассчитывается следующим образом:

$$e = (\text{ПЧ} + A)/K, (6.16)$$

$$e = (7\,282\,653 + 46\,156) / 576\,950 = 12,7 \text{ руб.}/\text{руб.}$$

3) Метод дисконтирования. Экономическая эффективность капитальных вложений в проект может быть определена на основе дисконтных вычислений по приведению связанных с реализацией проекта расходов и доходов к моменту времени (расчётному году). Таким моментом времени принято считать год начала функционирования объекта. Дисконтные вычисления основаны на том, что стоимость рубля, затраченного и полученного в разные годы, будет неодинакова, а потому простое их алгебраическое суммирование не даст реального эффекта. Расчёт чистого дисконтированного дохода (NPV), т.е. разности между текущей, дисконтированной на базе расчётной ставки% стоимостью поступлений от инвестиций и величиной капитальных вложений капитальных вложений проводится в следующем порядке:

1. Определяется срок функционирования проектируемого объекта. Для новых проектов производства в отрасли принят срок, равный 10 годам.

2. Определяется размер инвестиций в капитальные вложения (расчёт произведён в подразделе 6.3). Кроме того, здесь определяется ликвидационная стоимость (Сл) основных средств, которая представляет выручку от реализации металлолома и определяется произведением цены 1 т лома на его суммарный вес в тоннах за вычетом затрат на демонтаж оборудования (% от балансовой стоимости) и расходов на перевозку по действующим транспортным тарифам.

В нулевой год средства в сумме, равной капитальным вложениям, вкладываются в производство (т.е. затрачиваются), поэтому эти затраты записываются со знаком «минус», величина ликвидационной стоимости (Сл) заносится в последний год расчётного периода, т.к. считается, что к этому моменту производство перестаёт действовать.

3. Проводится расчёт экономического эффекта.

4. По каждому году расчётного периода рассчитываются налоги на имущество и на прибыль, чистая прибыль и амортизационные отчисления.

5. Далее, соответственно каждому году проводится расчёт денежного потока наличности (ДПН), сущность которого состоит в том, что он представляет собой ту часть денежных доходов, которая остаётся в распоряжении организации и не может быть изъята.

ДПН определяется суммированием чистой прибыли и амортизационных отчислений за соответствующий год, за вычетом капитальных вложений:

$$\text{ДПН}_t = \text{ПЧ}_t + \text{А}_t - \text{К}_t \quad (6.17)$$

где: К – капитальные вложения,

t – год, для которого ведётся расчёт.

6. Для оценки эффективности проекта необходимо определить, окупятся ли единовременные (капитальные) вложения в проект и какой они принесут доход за период действия проекта. С этой целью определяется накопленный поток наличности. Он рассчитывается последовательным суммированием денежных потоков наличности за предшествующие годы по формуле:

$$\text{НПН}_T = \sum_{t=1}^T \text{ДПН}_t \quad (6.18)$$

7. НПП рассчитывается без учёта стоимости рубля в первый и последующие годы реализации проекта. С учётом разницы в стоимости рубля рассчитывается чистый дисконтированный доход (NPV_t), и накопленный чистый дисконтированный доход (NPV_T). Чистый дисконтированный доход определяется произведением денежного потока наличности на коэффициент дисконта соответствующего года:

$$NPV_t = ДПН_t \cdot a_t \quad (6.19)$$

Коэффициент дисконта показывает во сколько раз рубль года t меньше рубля расчётного момента (нулевого года) и рассчитывается по формуле:

$$a_t = \frac{1}{(1 + E)^t} \quad (6.20)$$

где: a_t – коэффициент дисконта в году t , доли единицы;

E – ставка дисконтирования, доли единицы. (0,20)

Накопленный чистый дисконтированный доход (дисконтированная денежная наличность) в году t рассчитывается путём последовательного суммирования чистого дисконтированного дохода за предшествующие годы по формуле:

$$NPV_T = \sum_{t=1}^T NPV_t \quad (6.21)$$

Год, в котором накопленный чистый дисконтированный доход NPV_T меняет знак с «-» на «+», является годом полной окупаемости проекта.

Все расчёты занесём в таблицу 12.

4) Индекс доходности затрат (BCR соотношение выгод и затрат, коэффициент эффективности, индекс прибыльности) рассчитывается как

соотношение дисконтированных выгод и суммарных дисконтированных затрат:

$$BCR = \sum_{t=0}^T \Delta \phi_t / \sum_{t=0}^T C_{\Sigma t} \cdot a_t \quad (6.22)$$

где: $\Delta \phi$ – суммарный экономический эффект от реализации проекта;

C_{Σ} – затраты (полная себестоимость) на весь выпуск.

Для эффективных проектов, когда выгоды превышают затраты должно выполняться условие:

$$BCR \geq 1,$$

$$BCR = 9\,107\,124 \cdot 9 / 7\,497\,547 = 10,93 \text{ руб./руб.}$$

5) Метод расчёта внутренней нормы доходности (внутренняя ставка доходности, внутренняя норма рентабельности, внутренний уровень доходности, внутренняя норма возврата инвестиций).

Данный метод позволяет оценить эффективность капиталовложений путём сравнения внутренней (предельной) нормы возврата инвестиций с эффективной ставкой дисконта. Внутренняя норма доходности соответствует такой ставке процента, при которой достигается нулевая NPV. Расчёт производится методом подбора, т.е. задаётся разными значениями E до тех пор, пока не получится NPV, равная нулю. Критерием отбора проекта является выполнение условия:

$$IRR > E_a$$

где: E_a – альтернативная стоимость капитала, или норма предпочтений во времени, соответствующая нормальному уровню отдачи вложений в экономике. Чем выше IRR по сравнению с альтернативной стоимостью капитала, тем больше «запас прочности» проекта с точки зрения возможности приносить чистый доход.

При анализе эффективности инвестиций рассчитывается внутренняя норма рентабельности капитальных вложений (проекта) по формуле:

$$IRR = |NPV_T + K_T| / K_T \cdot 100 \quad (6.23)$$

$$IRR = |30\,128\,695 + 576\,950| / 576\,950 \cdot 100 = 5\,322\%$$

$IRR > 100\%$, имеет место сверхрентабельность.

6) Метод расчёта показателя приведённой отдачи вложений (PRI) представляет собой другую разновидность оценки эффективности инвестиций. Данный метод определяет отношение чистого дисконтированного дохода к дисконтированным капитальным затратам (дисконтированный срок окупаемости):

$$PRI = NPV_T / \sum_{t=0}^T K_T \cdot a_t \quad (6.24)$$

$$PRI = 30\,128\,695 / 576\,950 \cdot 1 = 52,22 \text{ руб./руб.}$$

Таблица 12. Расчёт денежного потока наличности и чистого дисконтированного дохода

Показатели	д.изм.	Годы										
												0
1. Капитальные вложения	ыс. руб.	76 950										
2. Экономический эффект	ыс. руб.		107 124	107 124	107 124	107 124	107 124	107 124	107 124	107 124	107 124	107 124
3. Налог на имущество	ыс. руб.		2 947	1 931	0 916	900	885	870	854	839	823	808

4. Налог на прибыль	ыс. руб.		818 835	819 039	819 242	819 445	819 648	819 851	820 054	820 257	820 460	820 663
5. Чистая прибыль	ыс. руб.		275 342	276 154	276 967	277 779	278 591	279 404	280 216	281 028	281 841	282 653
6. Амортизация	ыс. руб.		6 156	6 156	6 156	6 156	6 156	6 156	6 156	6 156	6 156	6 156
7. Денежный поток наличности	ыс. руб.	576 950	321 498	322 310	323 123	323 935	324 747	325 560	326 372	327 184	327 997	328 809
8. Накопленный поток наличности	ыс. руб.	576 950	744 548	4 066 859	1 389 981	8 713 916	6 038 663	3 364 223	0 690 595	8 017 779	5 345 776	2 674 585
9. Коэффициент дисконтирования (a_t)		,00	,83	,69	,58	,48	,40	,33	,28	,23	,19	,16
10. Чистый дисконтированный доход (NPV_t)	ыс. руб.	576 950	101 248	084 938	237 918	531 990	943 652	453 315	044 656	704 069	420 215	183 644
11. (NPV_T)	ыс. руб.	576 950	524 299	0 609 236	4 847 154	8 379 145	1 322 796	3 776 111	5 820 767	7 524 836	8 945 051	0 128 695

Зависимость от времени NPV_T и НПН изображена на рисунке. 12.

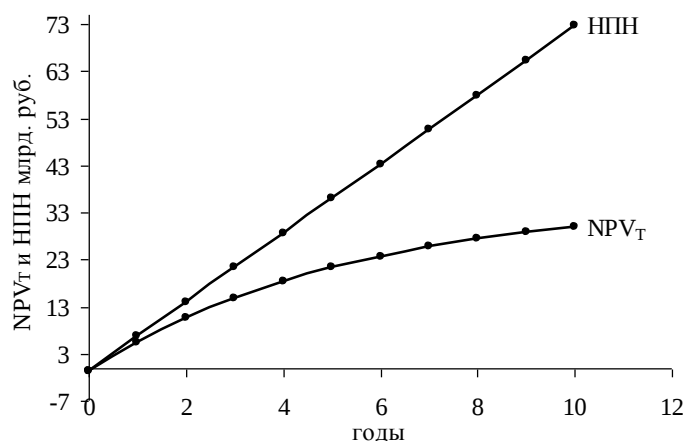


Рисунок. 12 Зависимость от времени NPV_T и НПН

Зависимость NPV_T от ставки дисконта изображена на рисунке. 13.

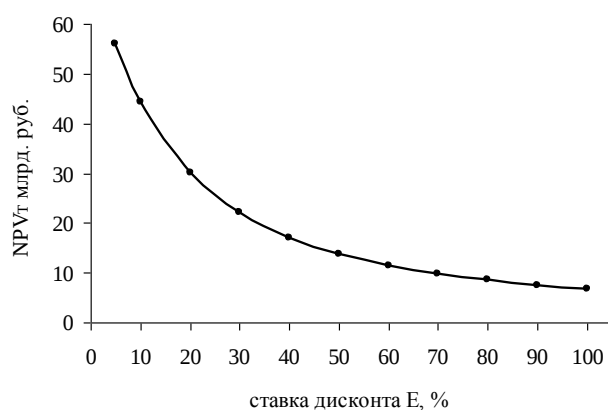


Рисунок. 13 Зависимость NPV_T от ставки дисконта E

Таблица 13.

Технико-экономические показатели производства	ед. изм	азовый	роектный	Отклонение к базовому	
Показатели				Абсолютное	Относительное
Технические					
1. Мощность установки	тыс. т/год	2800	2000	200	7,1
2. Количество работающих	чел.	45	5	0	0
Экономические					

1. Капитальные вложения	млр д. руб.	0 ,554	0 ,577	0 ,023	4,1
2. Экономический эффект	млр д. руб.	8 ,142	0 ,107	0 ,965	11, 9
3. Денежный поток наличности (ДПН)	млр д. руб.	6 ,555	0 ,329	0 ,774	11, 8
4. Накопленный поток наличности (НПН)	млр д. руб.	6 4,959	7 2,675	0 ,716	11, 9
5. Чистый дисконтированный доход (NPV_T)	млр д. руб.	3 ,059	0 ,184	0 ,125	11, 8
6. Накопленный чистый дисконтированный доход (NPV_T)	млр д. руб.	2 9,908	0 0,129	0 ,2	0,7
7. Период возврата капиталовложений (Ток)	лет	0 ,0800	0 ,0787	0 ,0013	1,5 956
8. Простая норма прибыли (.е)	руб. /руб.	3 1,84	0 2,70	0 ,86	7,3
9. Внутренняя норма дохода (IRR)	%	4 960,9	3 322,1	3 61,2	7,3
10. Индекс доходности затрат (BCR)	руб. /руб.	3 0,930	0 0,932	0 ,002	0,0 19
11. Показатель приведенной отдачи капиталовложений (PRI)	руб. /руб.	4 8,61	3 2,22	3 ,61	7,4

Вывод: в результате определения экономической эффективности капитальных вложений разными показателями и методами было определено, что период возврата капитальных вложений составляет 0,08 года, размер прибыли на рубль вложенного капитала – 12,7 руб., срок функционирования данного объекта 10 лет, чистый дисконтированный доход NPV_T и накопленный поток наличности НПН с течением времени увеличиваются, но при увеличении ставки дисконта E чистый дисконтированный доход NPV_T уменьшается.

Заключение

В ходе проекта была исследована схема установки подготовки нефти м/р Пионерный.

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

В разделе «Социальная ответственность» освещены такие вопросы, как пожарная и электробезопасность, производственная санитария и выбросы в окружающую среду.

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

Список использованной литературы.

1. «Химия нефти» / под редакцией З.И.Скопьева. Л.: Химия, 1984.-359 с.
2. Лутошкин Г.С. «Сбор и подготовка нефти, газа и воды», учебник для ВУЗов. – 3-е изд., стереотипное. Перепечатка со второго издания 1979 г. – М.: ООО ТИД «Альянс», 2005. – 319 с.
3. А.Л. Савченков «Химическая технология промышленной подготовки нефти», учебное пособие – Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. – 180с.
4. Каспарьянц К.С., Кузин В.И., Григорян Л.Г «Процессы и аппараты для объектов промышленной подготовки нефти и газа» -М.: Недра,1977.-254 с.
5. ГОСТ Р 52857.1-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования.»
6. ГОСТ Р 52857.2-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек.»
7. ГОСТ 19903-74 «Прокат листовой горячекатаный. Сортамент»
8. 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.»
9. ГОСТ 10704-91 «Трубы стальные электросварные прямошовные.»
- 10.ГОСТ 12821-80 «Фланцы стальные приварные встык.»
- 11.ГОСТ Р 52857.4-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений.»
- 12.ГОСТ 28759.3-90 «Фланцы сосудов и аппаратов стальные приварные встык.»
- 13.ГОСТ 481-80 «Паронит и прокладки из него»
- 14.ГОСТ 6533-78 «Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов, аппаратов и котлов. Основные размеры.»
- 15.ГОСТ Р 52857.1-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок.»
- 16.ОСТ 26-2091-93 «Опоры горизонтальных сосудов и аппаратов.»
- 17.ГОСТ 1759.0-87 «Болты, винты, шпильки и гайки. Технические условия»
- 18.ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.»
- 19.ГОСТ 12.0.003-74 «Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»

20. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. «Пожарная безопасность. Общие требования»
21. ГОСТ 12.1.044-89 – «Пожароопасность веществ и материалов»
22. ГОСТ 12.2.003-91 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности»
23. ГОСТ Р 51858-2002. «Нефть»
24. ГОСТ 30494-2011. «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях»
25. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»
26. СанПин 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
27. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий»
28. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».
29. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»
30. В.М.Беляев, В.М.Миронов В. В. Тихонов. «Конструирование и расчёт элементов оборудования отрасли. Часть I. Аппараты с механическими перемешивающими» – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 95 с.
31. Кувшинский М.Н., Соболева А.П. «Курсовое проектирование по предмету Процессы и аппараты химической промышленности». Учебное пособие для учащихся техникумов. - 2-е изд. перераб.и доп.- М.: Высш. школа, 1980.-223с.
32. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. «Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии». - Лю: Химия, 1987. - 576 с.
33. Дытнерский Ю.И. «Основные процессы и аппараты химической технологии": Пособие по проектированию»/ Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский и др. Под ред. Ю. И. Дытнерского, 2-е изд., перераб. и дополн. - М.:Химия, 1991. — 496 с.
34. Технологический регламент. Пункт подготовки и сбора нефти(п. Пионерный).
35. М.Ф. Михалева, Н.П.Третьяков, А.И. Мильченко, В.В. Зобнин. «Расчёт и конструирование машин и аппаратов химических производств». Л.: Машиностроение, Ленингр. 1984. -301с.

36. Семакина О.К. «Машины и аппараты химических производств». Учеб. Пособие. Часть 1 /Том. политехн. ун-т. – Томск, 2003. – 118 с.
37. Семакина О.К. «Монтаж, эксплуатация и ремонт оборудования отрасли». Рабочая программа.
38. Лашинский А.А., Толчинский А.Р. «Основы конструирования и расчета химической аппаратуры». Справочник – М.:Альянс, 2008. – 752 с.