

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

Институт электронного обучения _____
Направление подготовки «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической
технологии, нефтехимии и
биотехнологии» _____
Кафедра _ ОХХТ _____

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование тарельчатого абсорбера для газоочистной установки Северной ТЭЦ. УДК _66.081.2:621.311.22:697.34.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
32K22	Чернышов Виталий Иванович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Семакина Ольга Константиновна	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Романцов Игорь Иванович	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОХХТ	Ан В.В.	К.Т.Н.		

Томск – 2017 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование 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 ресурсосберегающих процессов и оборудования 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 и оборудования 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 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 EUR-ACE и FEANI

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
Р8	Использовать современные компьютерные методы вычисления, основанные на применении современных эффективных программных продуктов при расчете свойств материалов, процессов, аппаратов и систем, характерных для профессиональной области деятельности; находить необходимую литературу, использовать компьютерные базы данных и другие источники информации	Требования ФГОС (ПК-4,5,9,10,11,14)
<i>Общекультурные компетенции</i>		
Р9	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-1,2,6-10), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5)
Р10	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течении всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-6,7,8), Критерий 5 АИОР (п.2.6)
Р11	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющим разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-11), Критерий 5 АИОР (п.2.2)
Р12	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации	Требования ФГОС (ОК-3,4,5,12), Критерий 5 АИОР (пп.1.6,2.3)

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

Институт электронного обучения

Направление подготовки (специальность) Машины и аппараты химических производств

Кафедра общей химии и химической технологии

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

_____ Ан В.В.
(Подпись) (Дата)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
32K22	Чернышов Виталий Иванович

Тема работы:

Проектирование тарельчатого абсорбера для газоочистной установки Северской ТЭЦ.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	19.04.2017г. № 2840/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2017
--	------------

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>	Проектирование тарельчатого абсорбера на газоочистной установке на Северской ТЭЦ. Режим работы непрерывный. Давление в аппарате 0,3 МПа, расход газа 790,4 количество тепла кВт 366,52 температура среды в аппарате 50 градусов.
---	---

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) Введение: значения технологии производства для промышленности. 2) Технологическая схема газоочистной установки. 3) Физико-химические основы технологии производства классификация, их состав и назначение. 4) Конструктивно механический и прочностные расчеты абсорбера. 5) Вопросы социальной ответственности и безопасной эксплуатации аппаратов. 6) Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1) Технологическая схема производства газоочистки (1 лист А1) 2) Чертежи общего вида Абсорбера и его составных элементов (2 листа А1)
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Консультант доцент Рыжакина Татьяна Гавриловна к.э.н.
Социальная ответственность	доцент Романцов Игорь Иванович к.т.н.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Реферат	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	14.04.2017
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Семакина Ольга Константиновна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
32K22	Чернышов Виталий Иванович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа _____ 90 _____ с., _____ 7 _____ рис., _____ 29 _____ табл.,
_____ 33 _____ источников, и графической части на 4 листа формата А – 1.

Ключевые слова: Абсорбер тарельчатый, клапан, фланец, газ., газоочистка.

Объектом исследования является : Абсорбер тарельчатый

Цель работы: выполнить расчет и спроектировать

В процессе исследования проводились: Технологический расчет, механический расчет, технико экономическая часть. Проведены мероприятия по охране труда и безопасности.

В результате исследования Был выбран абсорбер тарельчатый, с клапанными насадками.

Основные конструктивные, технологические и технико – эксплуатационные характеристики: производительность 120 тонн в год, среда-носитель - загазованный газ, давление в аппарате 0,3МПа,

Область применения: энергетическая промышленность.

Abstrac

Final qualifying work 90 s., 7 drawings., 29 tables., 33
sources, and the graphic part of 4 pages A-1.

Keywords: Absorber disc, valve gate, flange, gas. gaspurification

The object of study is: Absorber disc

aim of work: to calculate and to design

In the process of research was conducted: technological calculation, mechanical
calculation, technical and economic part. Measures for labor protection and safety.

The study was chosen as the absorber disc, valve nozzles.

The basic constructive, technological and technical – operational characteristics: capacity
120 tons per year, and carrier medium - polluted gas,the pressure in the apparatus is 0.3 MPa.

Application field: power industry.

ОГЛАВЛЕНИЕ

страница

ВВЕДЕНИЕ

1.Описание технологической схемы.....	11
2.Материальный баланс аппарата.....	12
2.1Тепловая нагрузка аппарата.....	14
3. Конструктивно-механический расчет.....	17
3.1. Определение диаметра и высоты абсорбера и его составных элементов.....	17
3.2. Определение диаметров патрубков.....	19
3.3. Выбор типа уплотнения.....	21
3.4. Выбор конструкционных материалов аппарата.....	21
3.5. Клапанные тарелки.....	22
3.6. Расчет тарелок на прочность.....	22
3.7. Подбор опоры	24
3.8. Подбор строповых устройств.....	26
4.Прочностной расчет.....	27
4.1. Выбор коэффициентов запаса прочности, и модуля упругости.....	27
4.1.1.Определение коэффициентов прочности сварных швов.....	28
4.2. Расчет цилиндрической обечайки.....	28
4.2.1. Определение допустимых напряжений при расчетной температуре, МПа.....	29
4.2.2. Допускаемое напряжение для стали 12Х18Н10Т при гидравлических испытаниях.....	30
4.2.3. Расчет допускаемого давления в рабочих условиях.....	32
4.3. Расчет эллиптической крышки и днища.....	33
4.3.1. Определение расчетного давления.....	33
4.3.2. Определение допускаемых давлений.....	34
4.3.3. Определение допускаемых напряжений при испытании.....	34
4.3.4. Определение пробного давления при гидравлических испытаниях	35
4.4. Укрепление отверстия в цилиндрической оболочке.....	35
4.4.1 Расчет укрепление отверстия в эллиптической крышки.....	38
4.5.Расчет фланцевого соединения цилиндрической обечайки и эллиптической крышки.....	42
4.5.1Расчет фланцев на статическую прочность.....	49
4.6. Расчёт опоры.....	51

5. Социальная ответственность.....	55
5.1. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.....	56
5.1.1. Отклонение показателей микроклимата.....	56
5.1.2. Превышение уровней шума.....	57
5.1.3. Утечка токсичных отходов.....	57
5.1.4. Производственное помещение.....	60
5.2. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.....	61
5.2.1. Поражение электрическим током.....	61
5.2.2. Пожара и взрывоопасность.....	62
5.3. Экологичность и безопасность.....	62
5.4. Чрезвычайные ситуации.....	65
5.5. Проведение и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	66
6. Финансовый менеджмент, ресурсо – эффективность и ресурсосбережение.....	68
6.1. Планирование производства.....	69
6.1.1. Расчет производственной мощности и производственной программы.....	70
6.1.2. Расчет готового фонда заработной платы.....	72
6.1.3. Баланс времени одного среднесписанного рабочего на год при 12-ми часовом рабочем дне и 4-х бригадный график.....	73
6.2. Расчет заработной платы ИТР.....	78
6.2.1. Расчет заработной платы МОП.....	78
6.3. Расчет стоимости основных фондов и амортизационных отчислений от них.....	79
6.4. Рабочие машины и оборудование.....	80
6.5. Планирование себестоимости продукции.....	83
6.5.1. Расчет цены.....	84
6.5.2. Построение точки без убыточности.....	84
Список использованной литературы.....	88

ВВЕДЕНИЕ

Развитие промышленности, сопровождающееся резким увеличением потребления топлива во всех отраслях, особенно в энергетике, привело к росту объема поступающих в атмосферу вредных веществ, что причиняет непоправимый ущерб природным ресурсам, имеющим жизненно важное экологическое и экономическое значение. Методы снижения выбросов оксидов азота можно разделить на две основные группы - технологические методы и очистка дымовых газов. Хотя частично эта цель была достигнута, однако в связи с дальнейшим ужесточением нормативов на выбросы оксидов азота в атмосферу существует необходимость в продолжение такого рода исследований. Промышленные и отопительные котельные и тепловые электрические станции являются крупнейшими загрязнителями окружающей среды. Продукты сгорания твердого топлива, (каменного угля) выделяется в 5 -10 раз больше оксидов азота чем при сжигании других видов топлива сжигаемых на этих предприятиях, содержат вредные загрязняющие вещества, обладающие различной токсичностью. Из всех выбросов в атмосферу наиболее токсичными являются оксиды азота.

Газоочистка – осуществляется с целью технологической подготовки газов, газовых смесей и извлечения из них ценных веществ, при помощи абсорбирующих аппаратов, а также для предотвращения загрязнения атмосферного воздуха вредными отходами.

1. Описание технологической схемы:

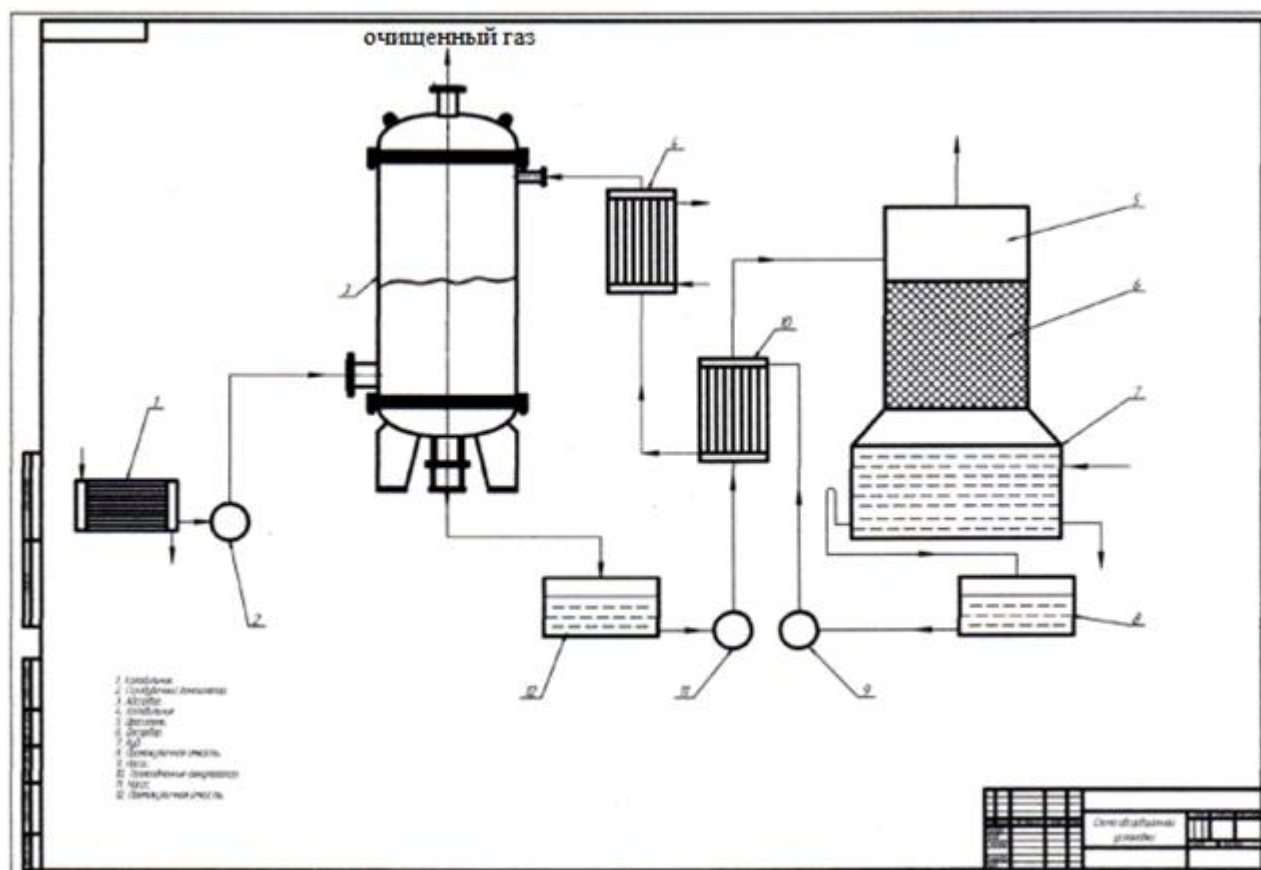


Рисунок 1 – Схема абсорбционной установки

Газ на абсорбцию, перед тем как пройти через газодувку 2, попадает в холодильник 1. После газодувки газ направляется в нижнюю часть колонны 3, где равномерно распределяется перед поступлением на контактный элемент – насадку. Абсорбент из промежуточной емкости 8 насосом 9 подается в верхнюю часть колонны и равномерно распределяется по поперечному сечению абсорбера с помощью оросителя 5. В колонне осуществляется противоточное взаимодействие газа и жидкости. Газ после абсорбции, выходит из колонны. Абсорбент стекает через гидрозатвор в промежуточную емкость 12, откуда насосом 11 направляется на регенерацию в десорбер 6 после предварительного подогрева в теплообменнике-рекуператоре 10. Исчерпывание поглощенного компонента из абсорбента производится в кубе 7, обогреваемом насыщенным водяным паром 7. Перед подачей на орошение колонны абсорбент, пройдя теплообменник-рекуператор 10, дополнительно охлаждается в холодильнике 6.

2. Материальный баланс аппарата тарельчатого абсорбера.

[7,10,14,17,18]

Материальный расчет аппарата ведем на основании закона сохранения массы веществ, то есть масса вещества поступившего в реакцию соответственно равна массе вещества, которая получается в результате этой реакции:

$$\sum_{i=1}^n G_{исх.} = \sum_{i=1}^n G_{прод.} ; \quad (2.1)$$

где $G_{исх.}$ – количество реагентов, поступивших в аппарат в единицу времени, кг/час;

$G_{прод.}$ – количество продуктов, удаляемых из аппарат в единицу времени, кг/час.

Приход:

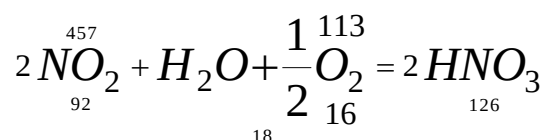
$$G_{N_2} = 50 \text{ кг} / \text{ч},$$

$$G_{O_2} = 113 \text{ кг} / \text{ч},$$

$$G_{NO_2} = 457 \text{ кг} / \text{ч},$$

$$G_{H_2O} = 89 \text{ кг} / \text{ч}.$$

По уравнению реакции определяем конечные массы: $O_{2..}$, $NO_{2..}$, $N_{2..}$, HNO_3 , и найдем сколько, поступает воды на орошение:



$G_{NO_2 \text{ расх.}} \cdot (\alpha_{\text{погл.}} = 90\%)$ для получения HNO_3 :

$$G_{N_2 \text{ расх.}} = 457 \cdot 0,90 = 411,3 \text{ кг} / \text{ч},$$

$$G_{HNO_3 \text{ расх.}} :$$

$$G_{HNO_3, расх.} = \frac{411 \cdot 126}{92} = 562,9 \text{ кг/ч},$$

$$G_{H_2O, прих.} : \\ G_{H_2O, прих.} = \frac{570 \cdot 18}{126} = 81,4 \text{ кг/ч}, \quad G_{O_2, расх.} :$$

$$G_{O_2, расх.} = \frac{570 \cdot 16}{126} = 72,38 \text{ кг/ч},$$

$$G_{N_2,} = 50 \text{ кг/ч},$$

$$G_{O_2, к} = G_{O_2, н} - G_{O_2} = 113 - 72,38 = 40,6 \text{ кг/ч},$$

$$G_{NO_{2, К.}} = G_{NO_{2, Н.}} + G_{NO_2} = 457 - 411,3 = 45,7 \text{ кг/ч}.$$

После Теплообмена H_2O исчезает. В результате химической реакции, возникает $HNO_3 = 562,9$ кг/ч.

Составлю таблицу материального баланса:

Таблица. 1. – Материальный баланс

Приход		Расход		
Статьи прихода	Кол-во кг/ч	Статьи расхода	Кол-во кг/ч	
1 Исходный газ.		1 Исходный газ.	.50.	
1.1. N_2 .	.50.	1.1 N_2 .	.40,6.	
1.2 O_2 .	.113.	1.2 O_2 .	.45,7.	
1.3 NO_2 .	.457.	1.3 NO_2 .	.562,3.	
1.4 H_2O_2 .	.89.	2 HNO_3 ж.ф..	.59,42.	
2. Поглотитель.		3 Орош. Раствор.		
2.1 H_2O – для реакции.	.81,4.			
Итого.	.790,4.	Итого.	.790,4.	

Целью теплового расчета теплообменного аппарата является определение из теплового баланса тепловой нагрузки, истинного коэффициента теплопередачи и поверхности теплообмена.

2.1. Тепловая нагрузка аппарата.

Тепловую нагрузку аппарата определяем из уравнения теплового баланса по формуле:

$$\sum Q_{\text{прих}} = \sum Q_{\text{расх}} \quad (2.2)$$

Рассчитываем количество тепла, поступающего в абсорбер с газовой смесью:

$$Q_{\text{прих}} = Q_{N_2} + Q_{O_2} + Q_{NO_2} + Q_{\text{реакц.}} + Q_{H_2O, \text{среды.}} + Q_{H_2O},$$

$$Q_{\text{вещества}} = G \cdot c \cdot t_H,$$

где t_H — начальная температура раствора;

c — удельная теплоемкость веществ.

Последовательно определяем:

Тепло поступающее с азотом:

$$Q_{N_2} = G_{N_2} \cdot c_{N_2} \cdot t_H$$

$$Q_{N_2} = \frac{50 \cdot 1,042 \cdot 20}{3600} = 0,29 \text{ к.В.м.},$$

Тепло поступающее с кислородом:

$$Q_{O_2} = G_{O_2} \cdot c_{O_2} \cdot t_H$$

$$Q_{O_2} = \frac{113 \cdot 0,920 \cdot 20}{3600} = 0,58 \text{ к.В.м.},$$

Тепло поступающее с оксидом азота:

$$Q_{NO_2} = G_{NO_2} \cdot c_{NO_2} \cdot t_H$$

$$Q_{NO_2} = \frac{457 \cdot 0,89 \cdot 20}{3600} = 2,26 \text{ к.В.м.},$$

Тепло поступающее с водой:

$$Q_{H_2O} = G_{H_2O} \cdot c_{H_2O} \cdot t_H$$

$$Q_{NO_2} = \frac{89 \cdot 4.187 \cdot 20}{3600} = 2,07 \text{ к.В.м.},$$

Тепло реакции:

$$\Delta H_{\text{реакц.}} = -173 - (81,6 + (285,8) - 0) = -173 + 204,2 = 31,2.,$$

$$Q_{\text{реакц}} = \Delta H \cdot \frac{m}{M}.,$$

$$Q_{\text{реакц.}} = 145,58 \cdot \frac{562,9}{63 \cdot 3600} \cdot 1000 = 361,3 \text{ к.В.м.},$$

Рассчитаю количество тепла, выходящего из абсорбера с полученной кислотой:

$$Q_{\text{п.а.с.х.}} = Q_{HNO_3} + Q_{N_2} + Q_{O_2} + Q_{NO_2} + Q_{\text{о.м.в.о.д.а...}} + Q_{\text{п-па.}} + Q_{\text{н.о.м.е.р.ь.}},$$

Последовательно определяем:

Тепло выходящее с азотной кислотой:

$$Q_{HNO_3} = G_{HNO_3} \cdot c_{HNO_3} \cdot t_{K.,.}$$

$$Q_{HNO_3} = \frac{562,9 \cdot 2,13 \cdot 50}{3600} = 16,6 \text{ к.В.м.},$$

Тепло выходящее с азотом:

$$Q_{N_2} = G_{N_2} \cdot c_{N_2} \cdot t_{K.,.}$$

$$Q_{N_2} = \frac{50 \cdot 1,042 \cdot 20}{3600} = 0,28 \text{ к.В.м.},$$

Тепло выходящее с кислородом:

$$Q_{O_2} = G_{O_2} \cdot c_{O_2} \cdot t_{K.,.}$$

$$Q_{O_2} = \frac{40,6 \cdot 0,920 \cdot 50}{3600} = 0,52 \text{ к.В.м.},$$

Тепло выходящее с оксидом азота:

$$Q_{NO_{2..}} = G_{NO_{2..}} \cdot c_{NO_{2..}} \cdot t_{K.},$$

$$Q_{NO_2} = \frac{45.7 \cdot 0.892 \cdot 50}{3600} = 0.56 \text{ к.В.м.},$$

Тепло выходящее с раствором:

$$Q_{p.-pa.} = G_{p.-pa.} \cdot c_{p.-pa.} \cdot t_{K.},$$

$$Q_{p.-pa.} = \frac{59,42 \cdot 2,13 \cdot 50}{3600} = 1,76 \text{ к.В.м.},$$

Тепло уходящее с отводом:

$$Q_{o.m.в.o.д.} = m_{H_2O} \cdot c_{H_2O} \cdot \Delta t., \text{ где } \Delta t = 14^0\text{C},$$

$$Q_{o.m.в.o.д.} = 66.8 \text{ к.В.м.},$$

$$Q_{o.m.в.o.д.} = 66.8 \cdot 4.187 = 279,7 \text{ к.В.м.}.$$

Тепловые потери:

$$Q_{потерь} = 0,227 \cdot 295,8 = 67,08,$$

$$Q_{потерь} = 67,08 \text{ к.В.м.}.$$

$$Q_{прих} = Q_{расх.},$$

$$\Delta H = 2 \Delta H_{HNO_3} - (\Delta H_{NO_2} + \Delta H_{H_2O} + \Delta H_{\frac{1}{2}O_2});$$

$$\Delta H = 2 \cdot (-173) - \left[(2 \cdot 81,6) + (-285,81) + \frac{1}{2} \cdot 0 \right] = -346 - 163,2 + 285,81 = -223,8 \frac{\text{к.Д.ж.}}{\text{моль.}}$$

Добавляется теплота растворения в воде:

$$\Delta H_{\text{аква.}}^{HNO_3} = -223.8 - 67.36 = 231,16 \text{ к.Д.ж. / 2.моль.},$$

$$\Delta H_{\text{аква.}}^{HNO_3} = -145,58 \text{ к.Д.ж. / моль.}$$

Результаты теплового баланса занесу в таблицу 2.2.

Таблица. 2. – Тепловой баланс тарельчатого абсорбера

Приход			Расход		
Статьи прихода	Кол-во тепла, кВт		Статьи расхода	Кол-во тепла, кВт	

Q. N_2 .	0,29.	Q. N_2 .	0,28.
Q. O_2 .	0,58.	Q. O_2 .	0,52.
Q. NO_2 .	2,26.	Q. NO_2 .	0,56.
Q. $реакц.$	361.	Q. HNO_3 .	16,6.
Q. HO_2 .	2,07.	Q. $р-ра$.	1,76.
		Q. $отвод$.	279,7.
		Q. $потерь$.	67,08.
Итого	366,52.	Итого	366,52.

По таблице прихода и расхода видно, что тепловой баланс сошелся. Значит, расчеты верны.

3. Конструктивный-механический расчет абсорбера.

[7,8,12,]

3.1. Определение диаметра и высоты абсорбера и его составных элементов.

Присоединение арматуры трубной к аппарату, а также технологических трубопроводов для подвода и отвода различных жидких и газообразных продуктов производится с помощью штуцеров отводов. По условиям работоспособности применяются разъемные соединения (фланцевые штуцера).

В аппаратах для разъемного соединения составных корпусов и отдельных частей применяются фланцевые соединения, который имеет вид круглой формы. На фланцах присоединяются к аппаратам трубы, арматура и т.д.

Определяем диаметр который рассчитывается по формуле :

$$D_0 = \sqrt{\frac{V}{3600 \cdot 0.785 \cdot \omega}} \quad (2.3)$$

где V – расход проходящей по колонне газовой смеси, м³/с;

ω – скорость смеси, отнесенная к полному поперечному сечению колонны равна 0.2 м./с;

Для удобства расчетов переведем смесь газовую из килограмма в час, в метры кубические час и тогда получим:

$$620 \frac{\text{кг}}{\text{ч}} : 2,45 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 253 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}, \text{ подставляем в формулу:}$$

$$D_0 = \sqrt{\frac{253}{3600 \cdot 0.785 \cdot 0,2}} = 0,71 \text{ м.}$$

Из конструктивных соображений примем $D_k = 0,8 \text{ м.}$

По [1, табл. IX] находим вязкости компонентов:

$$\mu_a = 0,57 \text{ сП} ; \mu_o = 0,8 \text{ сП}$$

Вязкость жидкости на питательной тарелке:

$$\mu_{см} = \mu_a \cdot \frac{\chi_f}{100} + \mu_o \cdot \frac{100 - \chi_f}{100} = 0,57 \cdot \frac{20}{100} + 0,8 \cdot \frac{100 - 20}{100} = 0,754 \text{ сП.}$$

Общий коэффициент полезного действия в тарелке:

$$\eta_m = 0,49 \cdot (\mu_{см} \cdot \alpha)^{-0,245} = 0,49 \cdot (0,754 \cdot 0,92)^{-0,245} = 0,53$$

Приним расстояние между тарелками:

$$H_T = 0,3 \text{ м}$$

Высота сепарационной части над верхней тарелкой:

$$z_\epsilon = 0,6 \text{ м}$$

Расстояние от нижней тарелки до днища колонны:

$$z_n = 1,5 \text{ м}$$

Высота абсорбера:

$$H = H_T \cdot (N_D - 1) + z_\epsilon + z_n = 0,3 \cdot (16,98 - 1) + 0,6 + 1,5 = 6,89 \text{ м}$$

3.2. Определение диаметров патрубков.

Диаметр патрубков определяются от расхода объемного и скорости движения теплоносителя по уравнению:

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \omega, \quad d = \sqrt{\frac{4V}{\pi \omega}}; \quad V = \frac{G}{\rho}; \quad d = \sqrt{\frac{4G}{\pi \omega \rho}}. \quad (2.4)$$

Диаметр входного патрубка для газовой смеси:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4D}{\pi \omega \rho_{\text{смеси}}}},$$

где $\rho_{\text{смеси}} = 2,4 \text{ кг/м}^3$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,17}{3,14 \cdot 15 \cdot 2,4}} = 0,078 \text{ м.}$$

Принимаем значение $d_1 = 100 \text{ мм}$.

Диаметры патрубков для выхода газовой смеси равна:

$$d_2 = \sqrt{\frac{4G}{\pi \omega \rho_{\text{смеси}}}},$$

где $\rho_{\text{воды}} = 2,818 \text{ кг/м}^3$ - при температуре 50°C

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,03}{3,14 \cdot 15 \cdot 2,818}} = 0,03 \text{ м}$$

Принимаем значение $d_2 = 100 \text{ мм}$.

Диаметр входного патрубка для орошающей воды:

$$d_3 = \sqrt{\frac{4G}{\pi \omega \rho}},$$

где $\rho_{\text{воды}} = 998 \text{ кг/м}^3$ - при температуре 20°C

$$d_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,04}{3,14 \cdot 0,28 \cdot 998}} = 0,013.м.$$

Принимаем значение $d_3=65 \text{ мм}$.

Диаметр выхода патрубка для раствора:

$$d_4 = \sqrt{\frac{4G}{\pi \omega \rho_{\text{смеси}}}},$$

где $\rho_{\text{смеси}}=1216 \text{ кг/м}^3$.

$$d_4 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,53}{3,14 \cdot 15 \cdot 1216}} = 0,006 \text{ м}$$

Принимаем значение $d_4=100 \text{ мм}$.

Подбираем соответствующий штуцер со стальными плоскими приварными фланцами с соединительным выступом. Основные размеры ГОСТ Р 52857.4-2007 представлены в таблице 3. Конструкция стандартного приварного встык фланца с выступом для аппарата приведена на рисунке 2.1.

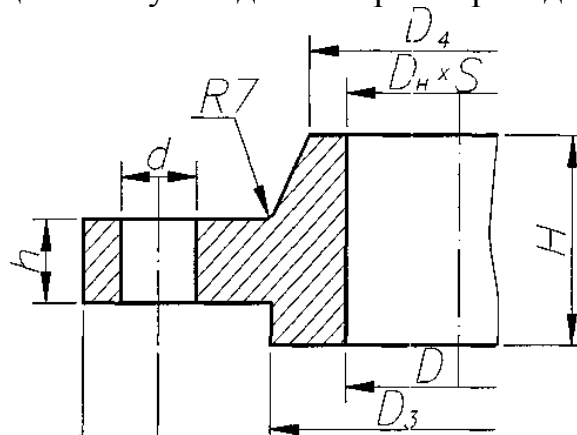


Рисунок 2. – Эскиз фланца

Таблица . 3 – Основные размеры штуцеров с фланцами

$D_y, \text{мм}$	$D_{\phi}, \text{мм}$	$D_6, \text{мм}$	$D_1, \text{мм}$	$D_4, \text{мм}$	$H, \text{мм}$	$h_0, \text{мм}$	$d, \text{мм}$	$m, \text{кг}$
100.	180.	85.	90.	85.	15.	5.	18.	4,14.
65.	120.	45.	50.	45.	10.	5.	16.	2,2.

Также была подобрана крышка по ГОСТ Р 52857.2-2007 со следующими размерами, которые сведены в таблице . 4.

Таблица. 4 – Основные размеры крышки

D , мм.	S_d , мм.	H_d , мм.	$h_{ц}$, мм.	F_d , м ² .	V_d , м ³ .
800.	4.	400.	150.	1,65.	0,2534.

3.3. Выбор типа уплотнения.

Проведем выбор типа уплотнения и материала прокладки.

Давление в аппарате атмосферное, максимальная температура не более 60 С, среда агрессивная, токсичная, взрывопожароопасная. Согласно [5] выбираем уплотнение с прокладкой типа «гладкая» для всех фланцевых соединений (штуцера, части корпуса) аппарата. Согласно [5], материал прокладки картон асбестовый кислотостойкий ГОСТ 2850-58 [5] (для всех фланцевых соединений).

3.4. Выбор конструкционных материалов аппарата. [13]

Выбор конструкционного материала осуществляем с учётом температур, агрессивности сред и их концентраций. По учебнику /13, с. 309/ для корпуса аппарата .Для газовой смеси выбираем высоколегированную коррозионно-стойкую сталь 12Х18Н10Т с характеристиками, сведёнными в таблицу. 5.

Таблица. 5 - Характеристики стали

<i>Марка стали</i>	<i>Скорость коррозии П, мм/год</i>
<i>12Х18Н10Т</i>	<i>0,1</i>

3.5. Клапанные тарелки.

[6,7]

Клапанные тарелки широко применяют в нефтехимической промышленности, их изготавливают с дисковыми и прямоугольными клапанами. Работают тарелки в режиме прямоточного или перекрестного движения фаз.

В промышленности наиболее распространены клапанные прямоточные тарелки с дисковыми клапанами (рис. 2.3). На тарелке в шахматном порядке расположены отверстия, в которых установлены саморегулирующиеся дисковые клапаны. Диаметр дисковых клапанов обычно составляет 50 мм; диаметр отверстия под клапаном в полотне тарелки – 30–40 мм; высота подъема клапана – 6–8 мм. Клапан такой конструкции имеет три направляющие, расположенные в плане под углом 120° , две из которых имеют больший вес и длину.

При работе с возрастающей скоростью паров сначала поднимается легкая часть клапана, обращенная против потока жидкости, а затем клапан принимает положение, при котором пары выходят в направлении движения жидкости.

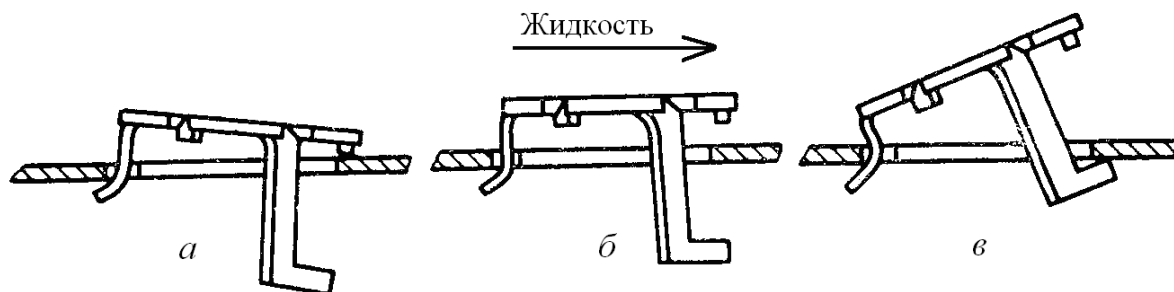


Рис. 3. Схемы работы клапана прямоточной тарелки стандартной конструкции при нагрузках по парам: *а* – малых; *б* – средних; *в* – больших

По ОСТ 2602-1401-76 предусмотрены тарелки однопоточные, двухпоточные и четырехпоточные. Тарелки выполняют разборными с шагом между рядами 50, 75 и 100 мм, что предопределяет различное число клапанов и соответственно разную площадь свободного сечения тарелки.

3.6. Расчет тарелок на прочность.

[7,9]

Определение толщины диска

Диск тарелок можно рассматривать как тонкую круглую пластинку, опертую по контуру и нагруженную равномерно распределенной нагрузкой от собственного веса и веса жидкости.

Определим толщину диска по формуле:

$$S = 0.56D \sqrt{\frac{p}{[\sigma]}},$$

где S – расчетная толщина пластины, м;
 D – диаметр пластины, м;
 P – равномерная нагрузка или давление, МПа;
 $[\sigma]$ – допускаемое напряжение, МПа.

$$S = 0.56 \cdot 0.8 \sqrt{\frac{0.3}{179}} = 0.018 \text{ м.}$$

Прогиб в центре тарелки определим по формуле:

$$\omega = 4.08 \frac{pR^4}{64N},$$

где ω – прогиб в центре тарелке, м;
 R – Радиус пластины, м;
 N – Цилиндрическая жесткость, МПа;

$$N = \frac{E \cdot (S)^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)},$$

где E – модуль продольной упругости материала пластины (для стали $E = 1,85 \cdot 10^5$), МПа;
 μ – коэффициент Пуассона (для стали $\mu = 0,3$).

$$N = \frac{1.85 \cdot 10^5 \cdot (0,018)^3}{12 \cdot (1 - 0.3^2)} = 0.09 \cdot 10^{-5},$$

Величина прогиба диска тарелки не должна превышать $\frac{1}{2000} D$.

$$\omega = 4.08 \frac{0.3 \cdot 0.4^4}{64 \cdot 0,09 \cdot 10^{-5}} = \frac{0.039}{704 \cdot 10^5} = 0,544 \cdot 10^{-11},$$

$$0,544 \cdot 10^{-11} \leq 0.018$$

Условие выполняется, расчеты произведены, верно.

Подбор числа тарелок

Число тарелок подбираем равной 9, следуя из табличных данных.

3.7. Подбор опор.

[7,8,16]

Для подбора опор необходимо рассчитать массу аппарата:

$$m = m_1 + m_2 + m_3, \quad (4.5)$$

где m_1 - масса тарелки:

$$m_1 = m_{\text{одной тарелки}} \cdot n,$$

$$\text{где } m_{\text{одной тарелки}} = \frac{\pi D^2 h}{4} \cdot \rho.$$

$$m_{\text{одной тарелки}} = \frac{3,14 \cdot 0,8^2 \cdot 1000}{4} = 71,44 \text{ кг}$$

$$m_1 = 71,44 \cdot 9 = 642,96 \text{ кг}$$

m_2 - масса вспомогательных элементов (фланцев, штуцеров, крышки, днища):

$$m_2 = 2m_{\text{фланец.1}} + 2m_{\text{фланец.2}} + m_{\text{фланец.3}} + 4m_{\text{патрубков}} + 2m_{\text{днищ}},$$

где $m_{\text{фланец1}} = 4,14 \text{ кг}$; $m_{\text{фланец2}} = 4,14 \text{ кг}$; $m_{\text{фланец3}} = 2,2 \text{ кг}$; $m_{\text{патрубков}} = 20,5 \text{ кг}$;
 $m_{\text{днищ}} = 62 \text{ кг}$.

$$m_2 = 2 \cdot 4,14 + 2 \cdot 4,14 + 2,2 + 4 \cdot 20,5 + 2 \cdot 62 = 220,88 \text{ кг}.$$

m_3 – масса воды в аппарате

$$m_3 = \left(\frac{\pi D^2}{4} \cdot H_{\text{высота аппарата}} \cdot \rho_{\text{воды}} \right)$$

$$m_3 = \left(\frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4} \cdot 6,89 \cdot 1000 \right) = 3461,5 \text{ кг},$$

$$Масса_{корпуса} = \left(\frac{\pi D_{нар.}^2}{4} \cdot \frac{\pi D_{внут.}^2}{4} \right) \cdot H_{кор.} \cdot \rho_{кор.},$$

$$Масса_{корпуса} = \left(\frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 0,81^2}{4} \right) \cdot 6,89 \cdot 7900 = 687,9261935 \text{ кг.},$$

$$Масса_{аппарата} = 1,3 \cdot (M_{корпуса} + 2 \cdot M_{днница} + M_{тарелки}),$$

$$Масса_{аппарата} = 1,3 \cdot (687,9261935 + 2 \cdot 62 + 642,96) = 1454,887 \text{ кг.},$$

Масса гидро-испытании воды :

$$Масса_{гидроводы} = (M_{аппарата} + M_{воды})$$

$$M_{гидроводы} = 1454,887 + 3461,536 = 4916,423 \text{ кг.}$$

Вес аппарата: $M = m \cdot g = H$; $4916,423 \cdot 9,81 = 48230,10963 \text{ Н}$

Для вертикальных аппаратов опоры выбираем по ОСТ 26-665-79.

Для этого аппарата принимаем количество опор $n = 4$, следовательно, нагрузка на одну опору составит:

$$Q = \frac{m}{4} = \frac{48230,10963}{4} = 12057,527 \text{ кг} \approx 12,057527 \text{ кН.}$$

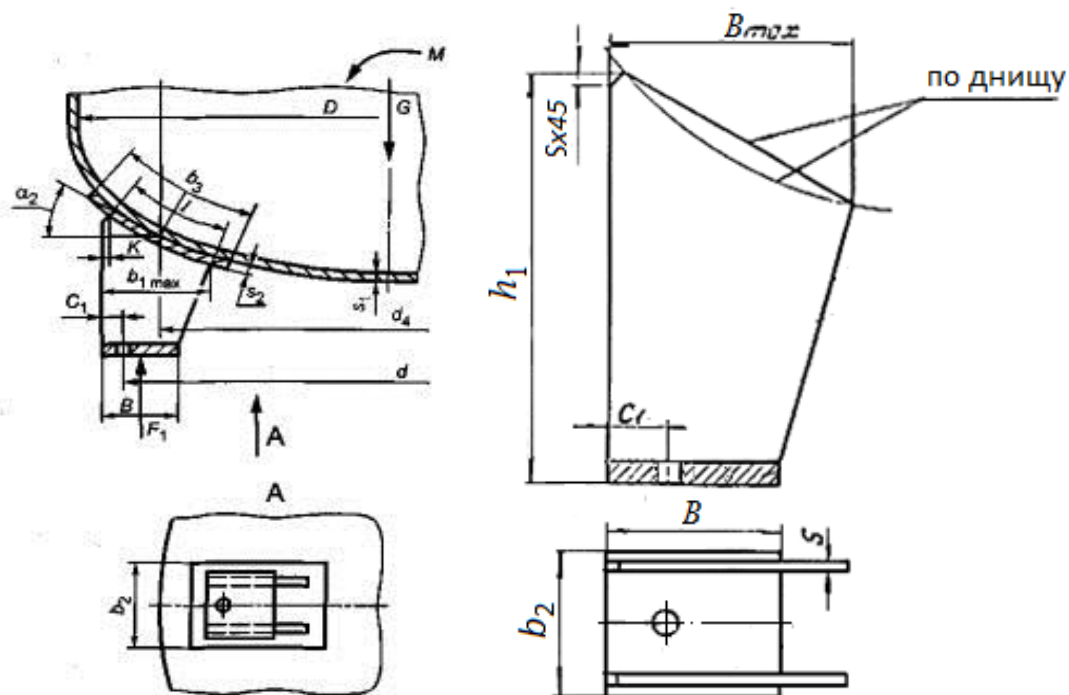


Рисунок 4. – Опорная стойка на эллиптическом днище

Таблица. 6 – Основные размеры опор

Q, кН	h	h ₁	s ₁	a	a ₁	c	c ₁	b	d	d	K	K ₁
4	190	10	5	75	95	20	50	95	12	M12	15	40

3.8. Подбор строповых устройств. [7,11,12]

Строповые устройства для аппарата выбираем по ОСТ 26-665-79. Для аппарата принимаем количество ушек $n=3$, следовательно, нагрузка на один крюк составит:

$$Q = \frac{m_{\text{пустого аппарата}}}{3} = \frac{48230.10963}{3} = 16076,70321 \text{ кг} \approx 16,0767 \text{ кН}.$$

Конструкция стандартного стропового устройства для стальных сварных аппаратов приведена на рисунке 2.3.

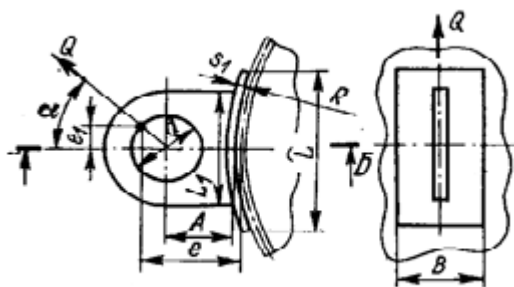


Рисунок .5. – Строповое устройство (ушки).

Основные геометрические характеристики стропового устройства представлены в таблице 7.

Таблица. 7 – Основные характеристики стропового устройства

Q MH	L	L_1	B	A	d	l	l_1	l_2	S	S_1	K	K_1
	mm											
0,01.	125.	80.	60.	41.	40.	-	-	-	8.	6.	8.	2.

4. Прочностной расчет.

[1]

Исходные данные для проведения прочностного расчета приведены в таблице. 8.

Таблица. 8 - Исходные данные

1	Диаметр аппарата, mm	800
2	Давление в аппарате, MPa	0,3
3	Температура раствора в аппарате, $^{\circ}C$	50
4	Срок службы аппарата, $лет$	10

4.1. Выбор коэффициентов запаса прочности и устойчивости, а также модуля упругости.

Коэффициенты запаса прочности материала выбираем по ГОСТ Р 52857.1 - 2007. Результаты подбора сведены в таблицу 3.2.

Таблица . 9. - Коэффициенты запаса прочности

Условия нагружения		Коэффициент запаса прочности			
		n_T	n_B	n_d	n_{II}
1	Рабочие условия	1,5	2,4	1,5	1,0
2	Условия испытания				
2.1	Гидравлические	1,1	-	-	-
2.2	Пневматические	1,2	-	-	-

где n_T - коэффициент запаса прочности по пределу текучести;
 n_B - коэффициент запаса прочности по временному сопротивлению;
 n_y - коэффициент запаса устойчивости;
 n_{II} - коэффициент запаса прочности по пределу длительной ползучести.

Коэффициент запаса устойчивости (n_y) при расчете сосудов и аппаратов на устойчивость по нижним критическим напряжениям в пределах упругости следует принимать:

2,4 – для рабочих условий;

1,8 – для условий испытаний и монтажа.

Модуль продольной упругости выбираем по ГОСТ Р 52857.1 - 2007.
 Для стали 12Х18Н10Т при температуре 50°С принимаем $E = 1,89 \cdot 10^5$ МПа.

4.1.1. Определение коэффициентов прочности сварных швов.

[9]

Коэффициенты прочности сварных швов выбираем согласно ГОСТ Р 52857.1 - 2007:

- продольный шов обечайки, стыковой с двухсторонним сплошным проваром: $\varphi_p = 1.0$;

- кольцевой шов обечаек, в тавр, с конструкционным зазором свариваемых деталей: $\varphi_T = 1.0$;

4.2. Расчета цилиндрической обечайки.

[1]

Высота цилиндрической обечайки, мм $H := 6890$

Внутренний диаметр, мм $D := 800$

Рабочее давление , МПа $P := 0.3$

Температура стенки , °C $t_p := 50$

Материал обечайки : листовой прокат из стали 12X18H10T

Скорость коррозии , мм /год $\Pi := 0.01$

Срок эксплуатации , лет $\tau_{\text{в}} := 10$

Массу воды в обечайке при гидравлическом испытании условно не учитываем.

4.2.1. Определение допускаемых напряжений при расчетной температуре. [1]

Для выбранного конструкционного материала при расчетной температуре определяем допускаемые напряжения по формуле:

$$[\sigma] = \eta \cdot \sigma^*,$$

где η - поправочный коэффициент к допускаемым напряжениям;

σ^* - нормативное допускаемое напряжение, МПа .

Расчетная температура стенки $t := t_p$

В рабочем состоянии : $t_w := 50$ °C

$\eta := 1$, так как аппарат изготавливается из листового проката в соответствии с рекомендацией ГОСТ Р 52857.1-2007 п.8.3. [1]

Допускаемое напряжение , определим согласно ГОСТ Р 52857.1-2007 Таблица . А .3 [1] в соответствии с данными рекомендациями :

$$t_w := \begin{pmatrix} 20 \\ 100 \end{pmatrix} \quad \sigma := \begin{pmatrix} 184 \\ 174 \end{pmatrix}$$

$$\sigma := \text{Floor}(\text{linterp}(t, \sigma, t_p), 0.5) \quad \sigma = 180 \text{ МПа}$$

$\sigma' := 180$ МПа - для стали 12X18H10T при температуре $t := 50$ °C

$\sigma_{\text{д1}} := \eta \cdot \sigma'$ Тогда, допустимое напряжение при расчетной температуре

$$t_{\text{дл}} := 50 \text{ }^{\circ}\text{C}, \sigma_{\text{дл}} = 180 \text{ МПа} :$$

Согласно "Правилам устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением" ПБ 03-576-03 необходимо подвергнуть гидравлическому испытанию обечайку определив при этом допускаемое напряжение. [15 с.104].

4.2.2. Допускаемое напряжение для стали 12X18H10T при гидравлических испытаниях. [1]

$$\sigma_{\text{и}} = \text{Floor}\left(\frac{R_{\text{e}20}}{n_T}, 0.5\right)$$

коэффициент запаса прочности, примем в соответствии с рекомендацией [1] ГОСТ Р 52857.1-2007 Таблица 1., равным 1,1.

Расчетное значение предела текучести при 20 °С для стали 12X18H10T примем чуть выше установленного нормативами [1] ГОСТ Р 52857.1-2007 таблицей Б.7., в соответствии с рекомендацией [15 с

.104]: $R_{\text{e}20} := 276 \text{ МПа}$ $\sigma_{\text{и}} := \text{Floor}\left(\frac{R_{\text{e}20}}{1.1}, 0.5\right)$

$$\sigma_{\text{и}} = 250.5 \text{ МПа}$$

Т.к. обечайка будет изготовлена не литьем, а сваркой отдельных деталей то гидравлическое испытание должно проводиться при пробном давлении при гидравлическом испытании, МПа [15 с.103].

В соответствии [1] с рекомендацией ГОСТ Р 52857.1-2007 Таблица А.3, для сортового проката марок 12X18H10T допускаемые напряжения, приведенные в таблице, при температурах ниже 550°С необходимо

умножить на соотношение $\frac{R_{\text{e}20}}{240}$, где $R_{\text{e}20}$ - предел текучести материала

сортового проката определенный по ГОСТ 5949. Тогда: $\sigma_{20} := \sigma' \cdot \frac{R_{\text{e}20}}{240}$

$$\sigma_{20} := 184$$

МПа - для стали 12X18H10T при температуре $t = 20^\circ\text{C}$

$$\sigma_d := \sigma_{20} \quad \text{МПа, Тогда :}$$

$$P_{\text{пр}} := 1.25 P \cdot \frac{\sigma_{20}}{\sigma_d} \quad \text{где, } \sigma_{20} \quad \text{и} \quad \sigma_d$$

- допускаемые напряжения для материала сосуда или его элементов соответственно при 20°C , и расчетной температуре, МПа [15 с. 104].

P - расчетное давление сосуда, МПа.

Примем расчетное давление сосуда равным рабочему давлению.

$$\text{Тогда: } P_{\text{пр}} = 0.383 \quad \text{МПа}$$

В соответствии с [15 с. 113] исполнительную толщину стенки цилиндрического элемента обечайки, рассчитаем в соответствии с формулой :

$$s \geq s_p + c$$

Где: s - расчетная толщина стенки элемента сосуда.

Прибавку к расчетным толщинам вычисляем по формуле,

$$[1, 15 \text{ с. 113}], \text{ мм : } c = c_1 + c_2 + c_3$$

Где c_1 — поправка на коррозию;

Где c_2 — поправка на минусовое отклонение ;

Где c_3 — поправка на утолщение стенки элемента сосуда при технических операциях.

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

в соответствии с рекомендацией [1], [15 с. 252]: $\phi_p := 1$

Прибавки к расчетной толщине стенки:

для компенсации коррозии $c_k = \Pi \cdot \tau_b$

для компенсации эрозии $c_3 := 0$

$$c_1 = c_k + c_2$$

$$c_2 := 0$$

$$c_3 := 0$$

$$c = c_1 + c_2 + c_3$$

$$c = 0,2 \text{ мм}$$

так как $c < 1$, то округляем его до 1 $c := 1$

Расчетная и исполнительные толщины стенок цилиндрической

обечайки, мм:

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

$$s_p = 0.667 \text{ мм}$$

$$c_0 := 1 \text{ мм}$$

$$s := s_p + c + c_0$$

$$s = 2.667 \text{ мм}$$

Исполнительную толщину стенки, принимаем: $s = 4 \text{ мм}$.

Проверка применимости формул:

Так как ,

$$\frac{s - c}{D} = 1.999 \times 10^{-3} < 0.11, \text{ условие применения формул выполняются.}$$

Таким образом, рассчитанная толщина стенки цилиндрической части обечайки $s = 4 \text{ мм}$, обеспечивает прочность как в рабочем состоянии, так и в условиях испытания.

4.2.3. Расчет допускаемого давления в рабочих условиях. [1]

Расчет допускаемого давления в рабочих условиях .[15. с 249]

$$P_d := \frac{[2 \cdot \sigma_d \cdot \gamma_p \cdot (s - c)]}{D + (s - c)}$$

где, γ_p коэффициент прочности стальных швов .

В соответствии с [1] ГОСТ Р 52857.1-2007, Приложение Д, Таблица Д.1, для стыкового сварного шва с двусторонним сплошным проваром, выполняемым автоматической и полуавтоматической сваркой, примем:

$$\gamma_p := 1 \quad \text{Тогда :} \quad p_d := \frac{[2 \cdot \sigma_d \cdot \gamma_p \cdot (s - c)]}{D + (s - c)} = 0.749 \text{ МПа}$$

По условию [14] рабочее давление $P = 0,3$ МПа, а рассчитанное допустимое давление = $0,749$ МПа, следовательно допустимо нагружать обечайку рабочим давлением $P = 0,3$ МПа. При полученных значениях допускаемых давлений условие прочности обечайки толщиной $s = 4$ мм выполняется.

4.3. Расчет эллиптической крышки и днища.

[2]

Материал крышки и днища сталь марки 12X18H10T в соответствии с [14]; В соответствии с расчетными параметрами полученными в ходе расчетов цилиндрической части обечайки (п.1.): $C_k := 1$ прибавка к расчетной толщине стенки(по коррозии),мм

$\sigma'_{\text{доп}} := 180$ допускаемое напряжение , МПа

$P := 0.3$ Внутреннее давление , МПа

$\sigma_{\text{доп}} := 250$ Допускаемое напряжение для гидравлических испытаний , МПа,

$t := 50$ Расчетная температура , °C

$D := 800$ Внутренний диаметр , мм

$\phi_{\text{ш}} := 1$ Коэффициент прочности сварного шва , для автоматической сварки .

4.3.1. Определение расчетного давления, МПа: $P = 9.8 p_c \cdot H$

Примем, плотность равной нулю, т.к. обрабатываемая среда газ.

Тогда:

$$p_c := 0$$

$$P_g := 9.8 p_c \cdot H = 0$$

$$\text{МПа}$$

$$P_p := P + P_g = 0.3$$

Расчетная толщина эллиптической части крышки, днища, рассчитывается в соответствии с рекомендацией [15, с.252], мм:

$$s_{э,р} := \max \left(\left(\frac{P \cdot D}{2 \cdot \sigma_d \cdot \phi_{ш} - 0.5 P} \right), \left(\frac{P_{пр} \cdot D}{2 \cdot \sigma_{ш} \cdot \phi_{ш} - 0.5 P_{пр}} \right) \right)$$

$$s_{э,р} = 0.667 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина стенки с учетом прибавки к расчетным толщинам, в соответствии с [2] ГОСТ Р 52857.2-2007 ст.4, мм:

$$S_{и} := s_{э,р} + C_k + c_0$$

Тогда, исполнительная толщина, стенки эллиптической части крышки днища, в соответствии с [15, с.252], мм: $S_{и} = 2.667 \text{ мм}$

Примем $S_{и}$ равным 4 мм .

$$S_{и} := 4 \text{ мм}$$

4.3.2. Определение допускаемых давлений.

Определение допускаемых напряжений в рабочем состоянии, МПа:

$$P_d := \frac{2 \cdot \sigma_d \cdot \phi_{ш} \cdot (S_{и} - C_k)}{D + 0.5(S_{и} - C_k)}$$

$$\text{Тогда: } P_d = 1.347 \text{ МПа}$$

4.3.3. Определение допускаемых напряжений при испытаниях.

Определение допускаемых напряжений при испытаниях, МПа:

$$P_{д.и} := \frac{2 \cdot \sigma_{ш} \cdot \phi_{ш} \cdot (S_{ш} - C_{к})}{D + 0.5(S_{ш} - C_{к})}$$

Тогда: $P_{д.и} = 1.875$ МПа

4.3.4. Определение пробного давления при гидравлических испытаниях.

Пробное давление при гидравлическом испытании, (коэффициент выбран 1.25 т.к. конструкция сварная) $\sigma_{20} := 184$

Для стали марки 12X18H10T (п. I)

$$P_1 := 1.25 P \cdot \frac{\sigma_{20}}{\sigma} = 0.375$$

Проверка применимости формул:

В соответствии с [1] ГОСТ Р 52857.2-2007 ст. 13 для эллиптических днищ и крышек, проверка применимости формул расчета производится в соответствии с уравнением:

$$\frac{S_{ш} - C_{к}}{D} = 3.75 \times 10^{-3}$$

Рассчитанные значения лежат в допустимых пределах. Условие применимости формул выполняется. $0.002 \leq 7.778 \times 10^{-3} < 0.1$

4.4. Укрепление отверстия в цилиндрической оболочке. [3]

Коэффициент прочности сварных швов: для стали $f=1$

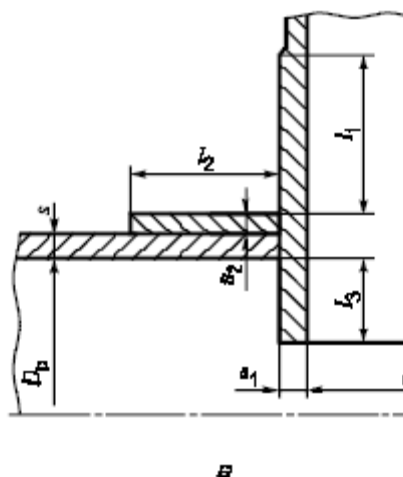


Рисунок .6. Основная расчетная схема соединения штуцера со стенкой сосуда

Цилиндрическая оболочка: Внутреннее расчетное давление, МПа
 $P_{r.c} := 0.5$

Расчетная температура, °C $t_{r.c} := 50$

Исполнительная толщина стенки оболочки, мм $s_{\text{н.н.}} := 3 \text{ мм}$

Диаметр отверстия, мм $d_c := 100$

Длина внешней части штуцера, мм $l_{1.c} := 150$

Длина внутренней части штуцера, мм $l_{2.c} := 150$

Прибавка к расчетной толщине стенки, мм $c_c := 1$

Внутренний диаметр оболочки, мм $D_c := 800$

Марка стали - 12X18H10T

по ГОСТ 3680-57

Коэффициент прочности сварных швов (для стали) $\phi := 1$

Поправочный коэффициент для листового проката $\eta := 1$

Материал 12X18H10T

Укрепление отверстия в цилиндрической оболочке [3]

Нормативные допускаемые напряжения для 12X18H10T

МПа - при $t=20^\circ\text{C}$ $\sigma_{20.c} := 184$

МПа - при расчетной $t=100^\circ\text{C}$ $\sigma_c := 174$

Допускаемые напряжения для 12X18H10T

при рабочих условиях :

МПа - при $t=20^{\circ}\text{C}$

$$\sigma_{d20.c} := \eta \cdot \sigma_{20.c} \quad \sigma_{d20.c} = 184$$

МПа - при расчетной $t=100^{\circ}\text{C}$

$$\sigma_{d.c} := \eta \cdot \sigma_c \quad \sigma_{d.c} = 174$$

Минимальное значение предела текучести для 12X18H10T при $t=20^{\circ}\text{C}$: $\sigma_{t20.c} := 184$ МПа

Допускаемое напряжение для 12X18H10T при гидравлических условиях испытания: ГОСТ380-71 $\sigma_{i.c} := \frac{\sigma_{t20.c}}{1.1}$

$$\sigma_{i.c} = 167.273 \text{ МПа}$$

Пробное давление для не литых сосудов при $P > 0.5$ МПа:

$$P_{i.c} := 1.25 P_{r.c} \cdot \frac{\sigma_{d20.c}}{\sigma_{d.c}} \quad P_{i.c} = 0.397 \text{ МПа}$$

Исполнительная толщина и прибавка к расчетной толщине стенки обечайки известны.

Определим расчетную толщину стенки из условия прочности:

$$s_{p.c} := \max \left(\frac{P_{r.c} \cdot D_c}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_{d.c} - P_{r.c}}, \frac{P_{i.c} \cdot D_c}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_{i.c} - P_{i.c}} \right) \quad s_{p.c} = 0.949 \text{ мм}$$

Принимаем исполнительную толщину стенки штуцера: $s_{\emptyset.c} := s_c$

$$s_{\emptyset.c} = 4 \text{ мм}$$

$$c_{\emptyset.c} := c_c$$

$$c_{\emptyset.c} = 1 \text{ мм}$$

Определим расчетную толщину стенки штуцера из условия прочности:

$$s_{\emptyset.p.c} := \frac{P_{r.c} \cdot (d_c + 2 \cdot c_{\emptyset.c})}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_{d.c} - P_{r.c}} \quad s_{\emptyset.p.c} = 0.088 \text{ мм}$$

Расчетный диаметр цилиндрической оболочки:

$$D_{p.c} := D_c \quad D_{p.c} = 800_{\text{мм}}$$

Расчетный диаметр отверстия (ось отверстия нормальна к оси оболочки): $d_{p.c} := d_c + 2 \cdot c_{\emptyset.c} \quad d_{p.c} = 102_{\text{мм}}$

Расчетный диаметр отверстия, не требующего укрепления
 $d_{0.p.c} := 0.4 \cdot \sqrt{D_{p.c} \cdot (s_c - c_c)} \quad d_{0.p.c} = 6.35_{\text{мм}}$

Наибольший допускаемый диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления при наличии избыточной толщины стенки:

$$d_{0.c} := 2 \cdot \left[\left[\frac{(s_c - c_c)}{s_{p.c}} - 0.8 \right] \cdot \sqrt{D_{p.c} \cdot (s_c - c_c)} - c_{\emptyset.c} \right] \quad d_{0.c} = 229.221_{\text{мм}}$$

Расчетная длина внешней части штуцера:

$$l_{1.p.c} := \min \left[l_{1.c}, 1.25 \cdot \sqrt{(d_c + 2 \cdot c_{\emptyset.c}) \cdot (s_{\emptyset.c} - c_{\emptyset.c})} \right]$$

$$l_{1.p.c} = 20.767_{\text{мм}}$$

Расчетная длина внутренней части штуцера:

$$l_{2.p.c} := \min \left[l_{2.c}, 0.5 \cdot \sqrt{(d_c + 2 \cdot c_{\emptyset.c}) \cdot (s_{\emptyset.c} - 2 \cdot c_{\emptyset.c})} \right]$$

$$l_{2.p.c} = 6.782_{\text{мм}}$$

Укрепление отверстия.

Т.к. материалы обечайки, и штуцера одинаковы, то $\chi_1 := 1 \quad \chi_2 := 1$

Вывод- из полученных расчетов выяснили что условие выполняется.

4.4.1. Расчет укрепление отверстия в эллиптической крышки.

Внутренний диаметр оболочки (максимальный) $D := 800_{\text{мм}}$

Марка стали 12X18H10T

Расчетное давление $P_r := 0.5 \text{ МПа}$

Расчетная температура $t_r := 50^\circ\text{C}$

Исполнительная толщина стенки оболочки $s_{xx} := 3 \text{ мм}$

Диаметр отверстий $d := 100 \text{ мм}$

Длина внешней части штуцера $l_1 := 150 \text{ мм}$

Длина внутренней части штуцера $l_3 := 0 \text{ мм}$

Прибавка к расчетной толщине стенки $c_{xx} := 1 \text{ мм}$

Суммарная прибавка к внутренней поверхности
штуцера

$$c_s := c$$
$$\phi := 1$$

Коэффициенты прочности сварных швов

Допустимое напряжение стали 12Х18Н10Т при 100 °С $\sigma_d := 174 \text{ МПа}$

Исполнительная толщина накладного кольца $s_2 := 1 \text{ мм}$

Толщина стенки штуцера

внешней части $s_1 := 2 \text{ мм}$

внутренней части $s_3 := 15 \text{ мм}$

Расчетный диаметр отверстия в стенке обечайки

$$d_p := d + 2 \cdot c_s \quad d_p = 98 \text{ мм}$$

Проверка условий применения формул для расчета укрепления
отверстий:

$$Us1 := \begin{cases} \text{"Отношение диаметров выполняется"} & \text{if } \frac{d_p - 2 \cdot c_s}{D} > 1.0 \\ \text{"Отношение диаметров выполняется"} & \text{if } \frac{s - c}{D} > 0.1 \\ \text{"Условия применения формул выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$
$$Us1 = \text{"Условия применения формул выполняются"}$$

Расчетная толщина стенки оболочки:

$$s_p := \frac{P_r \cdot D_p}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_d - P_r} s_p = 0.69 \text{ мм}$$

Расчетная толщина стенки штуцера:

$$s_{p1} := \frac{P_r \cdot |d + 2 \cdot c_s|}{2 \phi \cdot \sigma_d - P_r} \quad s_{p1} = 0.085 \text{ мм}$$

Расчет длины штуцеров:

$$l_{1p} := \min[l_1, \sqrt{(d + 2 \cdot c_s) \cdot (s_1 - c_s)}] \quad l_{1p} = 9.899 \text{ мм}$$

$$l_{3p} := \min[l_3, 0.5 \sqrt{(d + 2 \cdot c_s) \cdot (s_3 - 2 \cdot c_s)}] \quad l_{3p} = 0 \text{ мм}$$

Расчетная ширина зоны укрепления в обечайках и днищах при отсутствии торообразной вставки или в варного кольца:

$$l_p := \sqrt{D_p \cdot (s - c)} \quad l_p = 48.99 \text{ мм}$$

Допускаемое напряжение для материала , внешней части штуцера, внутренней части штуцера при расчетной температуре:

$$\sigma_{д1} := \sigma_d \quad \sigma_{д2} := \sigma_d \quad \sigma_{д3} := \sigma_d$$

Отношения допускаемых напряжений:
для внешней части штуцера

$$\chi_1 := \min \left(1, \frac{\sigma_{д1}}{\sigma_d} \right) \quad \chi_1 = 1$$

для внутренней части штуцера

$$\chi_3 := \min \left(1, \frac{\sigma_{д3}}{\sigma_d} \right) \quad \chi_3 = 1$$

$$\text{Prov} := \begin{cases} \text{"Необходимость укрепить отверстие"} & \text{if } d_o < d \\ \text{"Укрепление отверстия не требуется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Расчетный диаметр одиночного отверстия, не требующий дополнительного укрепления :

$$d_{op} := 0.4 \sqrt{D_p \cdot (s - c)} \quad d_{op} = 16 \text{ мм}$$

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

$$d_o := 2 \left[\left(\frac{s - c}{s_p} \right) - 0.8 \right] \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} \quad d_o = 167.8 \text{ мм}$$

Проверка необходимости укрепления отверстия:

$$\text{Prov} := \begin{cases} \text{"Необходимость укрепить отверстие"} & \text{if } d_o < d \\ \text{"Укрепление отверстия не требуется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Prov = "Укрепление отверстия не требуется"

Проверка условия укрепления одиночного отверстия:

$$A_1 := l_{1p} \cdot (s_1 - s_{p1} - c_s) \cdot \chi_1 \quad A_1 = 9.211 \text{ мм}^2$$

$$A_3 := l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_s) \cdot \chi_3 \quad A_3 = 0 \text{ мм}^2$$

$$A_{p.c.} := l_p \cdot (s - s_p - c) \quad A_{p.c.} = 52.39 \text{ мм}^2$$

$$A_p := 0.5 \cdot (d_p - d_{op}) \cdot s_p \quad A_p = 29.681 \text{ мм}^2$$

$$\text{Sum} := A_1 \cdot \chi_1 + A_3 \cdot \chi_3 + A_{p.c.} \quad \text{Sum} = 61.601 \text{ мм}^2$$

$$\text{Prov}_1 := \begin{cases} \text{"Условие укрепления отверстия выполняется"} & \text{if Sum} \geq A_p \\ \text{"Условие укрепления отверстия выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Prov}_1 = \text{"Условие укрепления отверстия выполняется"}$$

4.5. Расчет фланцевого соединения цилиндрической обечайки и эллиптической крышки. [4,7,8]

Материал обечаек и фланцев 12X18Н10Т

Материал болтов 40Х

Материал прокладки асбестовый картон, т.к. среда относительно агрессивна, а также материал подходит по таким параметрам как давление и температура

Фланцы плоские, неизолированные

Фланцы с гладкой уплотнительной поверхностью

рекомендуется применять для условных давлений среды до 1,6 МПа

Примем равным внутреннему диаметру цилиндрической обечайки исходя из конструкторских соображений :

Количество болтов $n := 28$

Температура $t := 50$

Давление $P := 0.3$

Диаметр прохода $D := 28$

Диаметр фланца наружный $D_n := 975$

Диаметр болтовых отверстий $D_6 := 920$

Толщина фланца $h := 27$

Диаметр болтов $D_{болт} := 27$

Наружный диаметр тарелки $D_s := 880$

Болты М20

Определение расчетных параметров:

Расчетные температуры

Расчетная температура неизолированных плоских фланцев $t_{\phi} := 0.96$

Расчетная температура болтов

$t_6 := 0.85t$

$t_6 = 42.5$

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

$$t_{\phi} = 48 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Предел прочности при заданной температуре равен:

$$t := \begin{pmatrix} 20 \\ 100 \end{pmatrix} \quad \sigma := \begin{pmatrix} 184 \\ 174 \end{pmatrix}$$

$$\sigma_{д.б} := \text{Floor}(\text{interp}(t, \sigma, t_{\phi}), 0.5) \quad \sigma_{д.б} = 181 \text{ МПа}$$

Модуль упругости для болтов при рабочей температуре:

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

$$E_{\phi} := \text{Floor}(\text{interp}(t, E, t_{\phi}), 0.01) \quad E_{\phi} = 2.126 \times 10^5$$

Допускаемое напряжение для болтов при $t=20^{\circ}\text{C}$ $\sigma_{20.б} := 184 \text{ МПа}$

Модуль упругости для болтов при температуре испытания

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

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

$$\alpha_{б} := 13.4 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}}$$

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

$\sigma_{д} := 174 \text{ МПа}$ допускаемое напряжение для стали 12Х18Н10Т

$\sigma_{д20} := 184 \text{ МПа}$ допускаемое напряжение для стали 12Х18Н10Т при 20°C

$E_{20} := 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ Модуль упругости для стали 12Х18Н10Т при 20°C

$E := 1.89 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ Модуль упругости для стали 12Х18Н10Т при рабочей температуре :

$\alpha_{\phi} := 16.1 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}}$ коэффициент линейного расширения для стали 12Х18Н10Т

при $t=20-100^{\circ}\text{C}$.

Подходящая толщина прокладки из условия прочности = 3мм
 Эффективная ширина плоской прокладки, b_0

$$b_{\Pi} := 8$$

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

$$b_0 = 8$$

Характеристики прокладки по таблице 4.6 в пособии. [14,15].,

$$m := 2.4 \text{ МПа} \quad \text{прокладочный коэффициент}$$

$$q_{\text{обж}} := 20 \text{ МПа} \quad \text{Удельное давления обжатия прокладки}$$

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

$$K_{\text{обж}} := 0.5 \text{ МПа} \quad \text{Коэффициент обжатия}$$

$$E_{\Pi} := 2000 \text{ МПа} \quad \text{Условный модуль сжатия прокладки}$$

Усилие, необходимое для смятия прокладки при затяжке:

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

$$P_{\text{обж}} = 7.54 \times 10^3 \text{ Н}$$

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

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

$$R_{\Pi} = 1.508 \times 10^4 \text{ Н}$$

Площадь поперечного сечений болтов по таблице 4.3 в пособии. [14,15.] .,

$$f_{\text{б}} := 224 \text{ мм}^2$$

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

$$A_{\text{б}} := n \cdot f_{\text{б}}$$

$$A_{\text{б}} = 6.3 \times 10^3 \text{ мм}^2$$

Равнодействующая нагрузка от давления:

$$Q_d := \frac{\pi \cdot D_{\text{сп}}^2 \cdot P}{4} \quad Q_d = 1.508 \times 10^5 \text{ Н}$$

Приведенная нагрузка, вызванная воздействием внешней силы и изгибающего момента:

$M := 0$ Внешний изгибающий момент примем равным нулю, исходя из условий
 $Q_{FM} := 0$ Приведенная нагрузка, вызванная внешней осевой силой или моментом.

Податливость прокладки:

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

$h_{\Pi} := C$ толщина трубной решетки или закладной детали между прокладками.

Расстояние между опорными поверхностями гайки и головки болта или опорными поверхностями гаек, находится исходя из толщины фланцев:

$L_{\text{б0}} := 100$ Длина болта, найдена исходя из толщины фланцев.
 $d := 20 \text{ мм}$ внешний диаметр болта, т.к. был выбран болт М20.

$$L_{\text{б}} := \begin{cases} (L_{\text{б0}} + 0.28d) & \text{if } bs = 1 \\ (L_{\text{б0}} + 0.56d) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$L_{\text{б}} = 105.6 \text{ мм}$$

Податливость болтов :

$$y_{\text{б}} := \frac{L_{\text{б}}}{E_{206} \cdot A_{\text{б}}} \quad y_{\text{б}} = 7.689 \times 10^{-8} \quad \frac{\text{мм}}{\text{Н}}$$

Расчетные параметры фланцев:
 параметр длины обечайки:

$$l_0 := \sqrt{D \cdot S_0} \quad l_0 = 10.583 \text{ мм}$$

Отношение наружного диаметра тарелки фланца к внутреннему диаметру:

$$K := \frac{D_H}{D} \quad D_H := 930 \text{ мм} \\ K = 33.214$$

Коэффициенты, зависящие от соотношения размеров тарелки фланца:

$$\beta_T := \frac{K^2 \cdot (1 + 8.55 \log(K)) - 1}{(1.05 + 1.945 K^2) \cdot (K - 1)} \quad \beta_T = 0.223$$

$$\beta_U := \frac{K^2 \cdot (1 + 8.55 \log(K)) - 1}{1.36(K^2 - 1) \cdot (K - 1)} \quad \beta_U = 0.32$$

$$\beta_Y := \frac{1}{K - 1} \left(0.69 + 5.72 \frac{K^2 \cdot \log(K)}{K^2 - 1} \right) \quad \beta_Y = 0.292$$

$$\beta_Z := \frac{K^2 + 1}{K^2 - 1} \quad \beta_Z = 1.002$$

Коэффициенты для фланцевых соединений с приварными встык фланцами с прямой втулкой, плоскими фланцами и свободными фланцами:

$$\beta_F := 0.9 \quad \beta_V := 0.5 \quad f := 1$$

Коэффициент: λ

$$\lambda := \frac{\beta_F \cdot h + l_0}{\beta_T \cdot l_0} + \frac{\beta_V \cdot h^3}{\beta_U \cdot l_0 \cdot S_0} \quad \lambda = 214.665$$

Угловая податливость фланцев:

Угловая податливость фланца при затяжке:

$$y_\Phi := \frac{0.91 \cdot \beta_V}{\lambda \cdot l_0 \cdot S_0^2 \cdot E_{20}} \quad y_\Phi = 6.885 \times 10^{-11} \quad \frac{\text{мм}}{\text{Н}}$$

Угловая податливость фланца, нагруженного внешним изгибающим моментом:

$$y_{\Phi H} := \left(\frac{\pi}{4} \right)^3 \cdot \frac{D_0}{E_{20} \cdot h^3 \cdot D_H} \quad y_{\Phi H} = 1.217 \times 10^{-10}$$

Коэффициент, учитывающий изгиб тарелки фланца между болтами:

$$C_F := \max \left[1, \sqrt{\frac{\pi \cdot D_6}{n \cdot \left(2 \cdot d + \frac{6 \cdot h}{m + 0.5} \right)}} \right] \quad C_F = 1.048$$

Плечо действия усилий в болтах для плоских фланцев:

$$b := 0.5(D_6 - D_{сп}) \quad b = 60 \text{ мм}$$

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

$$e := 0.5(D_{сп} - D - S_0) \quad e = 384 \text{ мм}$$

Эквивалентная толщина плоских фланцев:

$$S_9 := S_0$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения для плоских фланцев:

$$\gamma := \frac{1}{y_{п} + y_6 \cdot \frac{E_{206}}{E_6} + 2 \cdot b^2 \cdot y_{ф} \cdot \frac{E_{20}}{E}} \quad \gamma = 1.657 \times 10^6$$

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

$$\alpha := 1 - \frac{y_{п} - 2e \cdot y_{ф} \cdot b}{y_{п} + y_6 + 2 \cdot b^2 \cdot y_{ф}} \quad \alpha = 6.541$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения, нагруженного внешним изгибающим моментом:

$$\alpha_M := \frac{y_6 + 2 \cdot y_{фн} \cdot b \cdot \left(b + e - \frac{\epsilon}{D} \right)}{y_6 + y_{п} \cdot \left(\frac{D_6}{D_{сп}} \right)^2 + 2 \cdot y_{фн}} \quad \alpha_M = 4.06$$

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

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

$$Q_t = 1.336 \times 10^4 \quad \text{Н}$$

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

$$M = 0 \quad F := C \quad \text{МОМЕНТ И ВНЕШНЯЯ ОСЕВАЯ СИЛА}$$

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

$$P_{\phi 1} = 1.001 \times 10^6$$

Н

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

$$P_{\phi 2} = 4.637 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

Расчетная нагрузка на болты фланцевых соединений при затяжке фланцевого соединения:

$$P_{\phi M} := \max(P_{\phi 2}, P_{\phi 1}) \quad P_{\phi M} = 1.001 \times 10^6$$

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

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

$$P_{\phi p} = 1.792 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

Проверка прочности болтов и прокладки

Расчетные значения в болтах

При затяжке:

$$\sigma_{\phi 1} := \frac{P_{\phi M}}{A_{\phi}} \quad \sigma_{\phi 1} = 158.949 \quad \text{МПа}$$

В рабочих условиях

$$\sigma_{\phi 2} := \frac{P_{\phi p}}{A_{\phi}} \quad \sigma_{\phi 2} = 28.45 \quad \text{МПа}$$

$$Usl_bolti := \begin{cases} \text{"Условия прочности при затяжке выполняются"} & \text{if } \sigma_{\phi 1} > \sigma_{20.6} \\ \text{"Условия прочности в рабочих условиях выполняются"} & \text{if } \sigma_{\phi 2} > \sigma_{20.6} \\ \text{"Условия прочности выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

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

$$q := \frac{\max(P_{\sigma M}, P_{\sigma p})}{\pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_{\text{п}}} \quad q = 49.804 \quad \text{МПа}$$

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

$$\text{Usl_prokl} = \text{"Условия прочности прокладки выполняются"}$$

4.5.1. Расчет фланцев на статическую прочность.

Расчетный изгибающий момент, действующий плоский фланец при затяжке:

$$M_M := C_F \cdot P_{\sigma M} \cdot b \quad M_M = 6.296 \times 10^7 \quad \text{Н·мм}$$

Расчетный изгибающий момент, действующий на фланец в рабочих условиях

$$M_P := C_F \cdot \max[P_{\sigma p} \cdot b + (Q_d + Q_{FM}) \cdot e, |Q_d + Q_{FM}| \cdot e] \quad M_P = 7.195 \times 10^7 \quad \text{Н·мм}$$

Расчетные напряжения во фланце при затяжке:

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

$$c_0 := 1 \quad \text{мм} \quad \text{прибавка на коррозию}$$

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

$$D_{\text{пр}} := D$$

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

$$\sigma_{0M} = 1.164 \times 10^3 \text{ МПа}$$

Напряжение в тарелке приварного встык фланца или плоского в условиях затяжки радиальное напряжение:

$$\sigma_{RM} := \frac{1.33 \beta_F \cdot h + l_0}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_N \quad \sigma_{RM} = 58.738 \quad \text{МПа}$$

Окружное напряжение:

$$\sigma_{TM} := \frac{\beta_Y M_M}{h^2 \cdot D} - \beta_Z \cdot \sigma_{RM} \quad \sigma_{TM} = 841.197 \quad \text{МПа}$$

Расчетные напряжения во фланце в рабочих условиях
меридиональные изгибные напряжения для приварных встык фланцев с
прямой втулкой и плоских фланцев

$$\sigma_{0p} := \frac{M_P}{\lambda \cdot (S_0 - c_0)^2 \cdot D_{\text{пф}}} \quad \sigma_{0p} = 1.33 \times 10^3 \quad \text{МПа}$$

максимальные меридиональные мембранные напряжения в обечайке
плоского фланца

$$\sigma_{0mp} := \max \left[\frac{Q_d + F + \frac{4M}{D_{\text{сп}}}}{\pi (D + S_0) \cdot (S_0 - c_0)}, \frac{Q_d + F - \frac{4M}{D_{\text{сп}}}}{\pi (D + S_0) \cdot (S_0 - c_0)} \right] \quad \sigma_{0mp} = 500 \quad \text{МПа}$$

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

$$\sigma_{Rp} := \frac{1.33 \beta_F \cdot h + l_0}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_l \quad \sigma_{Rp} = 67.123 \quad \text{МПа}$$

$$\sigma_{Tp} := \frac{\beta_Y M_P}{h^2 \cdot D} - \beta_Z \cdot \sigma_{Rp} \quad \sigma_{Tp} = 961.288 \quad \text{МПа}$$

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

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

PR_3 := "Условия статической прочности выполняются"

KT := 1.2 коэффициент, учитывающий стесненность температурных деформаций

$$Us1_3 := \begin{cases} \text{PR_1} & \text{if } \max(|\sigma_{0M} + \sigma_{RM}|, |\sigma_{0M} + \sigma_{TM}|) > K \\ \text{PR_2} & \text{if } \max \left(\left(|\sigma_{0p} - \sigma_{0mp} + \sigma_{Tp}| \right), \left(|\sigma_{0p} - \sigma_{0mp} + \sigma_{Rp}| \right), \left(|\sigma_{0p} + \sigma_{0mp}| \right) \right) > KT \cdot \sigma_{\tau} \\ \text{PR_3} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Us1_3 = "Условия статической прочности в рабочих условиях выполняются"

Проверка углов поворота фланцев:

Угол поворота приварного встык фланца, плоского фланца:

$$\Theta := M_P \cdot Y_{\Phi} \cdot \frac{E_{20}}{E} \quad \Theta = 5.242 \times 10^{-3}$$

Допустимый угол поворота плоского фланца:

$$\Theta_D := 0.01$$

Us1_P := $\begin{cases} \text{"Условие при испытаниях выполняется"} & \text{if } \Theta > 1.3\Theta_D \\ \text{"Условие в рабочих условиях выполняется"} & \text{if } \Theta > \Theta_D \\ \text{"Условие поворота плоского фланца выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$

Us1_P = "Условие поворота плоского фланца выполняется"

4.6. Расчёт опоры.

В качестве опоры использовать опорные стойки. Аппарат считать тонкостенным, сумму прибавок принять равной $s=1$ мм. Материал опорных стоек сталь марки 12X18H10T.

[1,5,7,8,9,15]

Зададимся параметрами опоры исходя из конструкторских соображений:

Длина основания опоры: $b := 290_{\text{мм}}$

Диаметр окружности анкерных болтов: $d_1 := 75_{\text{мм}}$

Ширина опоры под металлической подкладкой: $b_1 := 230_{\text{мм}}$

Расстояние от крайней нижней точки опоры до центра крепления анкерных болтов: $b_2 := 100_{\text{мм}}$

Расстояние от крайней верхней точки опоры до центра крепления анкерных болтов: $k := 30_{\text{мм}}$

Ширина подкладки под коническое днище: $B := 230_{\text{мм}}$

Толщина подкладки под коническое днище: $S_2 := 5_{\text{мм}}$

Площадь сечения стойки при основании: $A := 1720_{\text{мм}^2}$

Для равномерного распределения нагрузки на опору назначаем количество стоек согласно рекомендации из ГОСТ [5]:

$$n_c := 4$$

Расчётный диаметр согласно ГОСТ [5]:

$$D_p := \frac{d_1 + 2 \cdot b_2 - k - b_1}{\cos(\alpha)} \quad D_p = -1.38 \times 10^3 \quad \text{мм}$$

Проверка условия использования полученного расчётного диаметра согласно ГОСТ [5]:

$$\text{Prov_4} := \begin{cases} \text{"Условие использования расчётного диаметра выполняется"} & \text{if } 0.002 \leq \frac{S_k - c}{D_p} \leq 0.0 \\ \text{"Условие использования расчётного диаметра выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Prov_4} = \text{"Условие использования расчётного диаметра выполняется"}$$

Длина линии контакта опоры с днищем согласно ГОСТ [1]:

$$l := \frac{(b_1 - k)}{\sin(\alpha)} \quad l = 230.94 \quad \text{мм}$$

Проверка условия использования полученной длины линии контакта согласно ГОСТ [5]:

$$\text{Prov_5} := \begin{cases} \text{"Условие использования длины линии контакта выполняется"} & \text{if } 0.1 \leq \frac{l}{D_p} \leq 0. \\ \text{"Условие использования длины линии контакта выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Prov_5} = \text{"Условие использования длины линии контакта выполняется"}$$

Проверка

а условия использования подкладки под днище выбранной ширины согласно ГОСТ [5]:

$$\text{Prov_6} := \begin{cases} \text{"Условие использования подкладки выполняется"} & \text{if } B \geq 1.2l \\ \text{"Условие использования подкладки выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Проверка

УСЛОВИЯ
ИСПОЛЬЗ

$$\text{Prov_6} = \text{"Условие использования подкладки выполняется"}$$

ования выбранной площади сечения стойки при основании согласно ГОСТ [5]:

$$\text{Prov_7} := \begin{cases} \text{"Условие использования выбранной площади выполняется"} & \text{if } A \geq 0.4B \\ \text{"Условие использования выбранной площади выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Prov_7} = \text{"Условие использования выбранной площади выполняется"}$$

Проверка условия использования выбранной толщины подкладки под днище согласно ГОСТ [5]:

$$\text{Prov_8} := \begin{cases} \text{"Условие использования выбранной толщины подкладки выполняется"} & \text{if } S_2 \geq S_K \\ \text{"Условие использования выбранной толщины подкладки выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Prov_8} = \text{"Условие использования выбранной толщины подкладки выполняется"}$$

Определение расчётных моментов и усилий, действующих на опору - стойку согласно ГОСТ [1,5]:

Вертикальное (нормальное) усилие, действующее на опору-стойку при наличии изгибающего момента согласно ГОСТ [1,5]:

$$F_1 := \frac{G}{4} + \frac{M}{d_1} \quad F_1 = 1.71 \times 10^3 \text{ Н}$$

Произведём расчёт на прочность фундаментного болта (так как действует изгибающий момент) от действия растягивающего усилия согласно ГОСТ [1,5]:

$$F_6 := \frac{M}{d_1} - \frac{G}{2} \quad F_6 = -3.418 \times 10^3 \text{ Н}$$

Меридиональный момент, передаваемый на днище опорной стойкой согласно ГОСТ [1,5]:

$$M_1 := 0.5 F_1 \cdot (b_1 - b + k) \quad M_1 = -2.565 \times 10^4 \text{ Н·мм}$$

Определение несущей способности согласно ГОСТ [1,5]:

Предельный момент сопротивления согласно ГОСТ [1,5]:

$$m_T := \frac{R_{e20} \cdot (S_K - c)^2}{4} \quad m_T = 3.84 \times 10^3$$

По диаграмме согласно ГОСТ [1,5] находим значение коэффициентов k_5 и k_6 :

$$\frac{S_K - c}{D_p} = -5.797 \times 10^{-3} \quad \frac{1}{D_p} = -0.167$$

$$k_5 := 4.5 \quad k_6 := 3.5$$

Допускаемое нормальное усилие для неподкреплённого днища для рабочих условий согласно ГОСТ [5]:

$$F_{1.d.p} := \frac{k_5 \cdot m_T}{n_{пр.p}} \quad F_{1.d.p} = 7.2 \times 10^4 \text{ Н}$$

Допускаемый меридиональный момент для неподкреплённого эллиптического днища для рабочих условий согласно ГОСТ [5]:

$$M_{1.д.р} := \frac{(k_6 \cdot m_T \cdot D_p)}{n_{пр.р}} \quad M_{1.д.р} = -8.611 \times 10^6 \quad \text{Н} \cdot \text{мм}$$

Проверка опорных стоек аппарата на рабочие условия согласно ГОСТ [5]:

$$\text{Prov_9} := \begin{cases} \text{"Условие выполняется"} & \text{if } F_1 \leq F_{1.д.р} \\ \text{"Условие выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{Prov_9} = \text{"Условие выполняется"}$$

$$\text{Prov_10} := \begin{cases} \text{"Условие выполняется"} & \text{if } M_1 \leq M_{1.д.р} \\ \text{"Условие выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{Prov_10} = \text{"Условие выполняется"}$$

Допускаемое нормальное усилие для неподкреплённого днища для условий испытаний согласно ГОСТ [5]:

$$F_{1.д.и} := \frac{k_5 \cdot m_T}{n_{пр.и}} \quad F_{1.д.и} = 9.6 \times 10^4 \quad \text{Н}$$

Допускаемый меридиональный момент для неподкреплённого конического днища для условий испытаний согласно ГОСТ [1,5]:

$$M_{1.д.и} := \frac{(k_6 \cdot m_T \cdot D_p)}{n_{пр.и}} \quad M_{1.д.и} = -1.148 \times 10^7 \quad \text{Н} \cdot \text{мм}$$

Проверка опорных стоек аппарата на условия испытаний согласно ГОСТ [5]:

$$\text{Prov_11} := \begin{cases} \text{"Условие выполняется"} & \text{if } F_1 \leq F_{1.д.и} \\ \text{"Условие выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{Prov_11} = \text{"Условие выполняется"}$$

$$\text{Prov_12} := \begin{cases} \text{"Условие выполняется"} & \text{if } M_1 \leq M_{1.д.и} \\ \text{"Условие выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{Prov_12} = \text{"Условие выполняется"}$$

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.

Введение

Социальная ответственность – это когда предприятие как работодатель основана на формировании благоприятных условий труда и жизни работников.

На предприятие АО «ОТЭК» находится участок по очищению переработанного и загазованного воздуха. Для участка разработан технологический регламент, в котором отображены виды работ содержащие вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при обслуживании установки, относятся: повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны, повышенный уровень шумов и вибрации на рабочем месте, недостаточная его освещенность, повышенная концентрация вредных веществ и т.д.

Таблица. 10. Опасные и вредные факторы при выполнении работ на производстве:

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Подготовительные работы: 1. Воздухоподча, водоподача в абсорберы; Технологический процесс: 1. Запуск установки; 2. Воздухоподача, загазованного вредного газа в абсорберы;	1. Отклонение показателей микроклимата ; 2. Превышение уровней шума и вибрации; 3. Повышенная загазованность воздуха рабочей среды. 4. Недостаточность освещенности рабочей зоны	1. Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; 2. Электрический ток. 3. Химические ожоги; 4. Термические ожоги	ГОСТ 12.1.007–76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. 2. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.

			3. СН 2.2.4/2.1.8.566. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. – М.: Минздрав России, 1997. 4. ГОСТ 12.1.038– 82 ССБТ. Электробезопасност ь. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
--	--	--	--

5.1. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

5.1.1. Отклонение показателей микроклимата.

Источником формирования данного вредного производственного фактора могут являться плохие температурные условия, показателей микроклимата в рабочей зоне.

Отклонение показателей микроклимата может привести к ухудшению общего самочувствия рабочего.

В холодный период года, так как помещение большое допустимая температура воздуха может нагреться до (+8)-(+14) °С.

В теплый период года допустимая температура воздуха 15, 27,0°С.

Нормирование параметров на закрытых площадках производится, но определяются конкретные мероприятия по снижению неблагоприятного воздействия их на организм рабочего.

При отклонении показателей микроклимата в здании, рабочие должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты, которые предусмотрены отраслевыми нормами и соответствуют времени года. При определенной температуре воздуха или загазованности работы приостанавливаются.

5.1.2. Превышение уровней шума.

Основными источниками шума являются, машины и механизмы, работа насосных агрегатов.

Длительное воздействие шумов отрицательно сказываются на эмоциональном состоянии персонала, а также может привести к снижению слуха.

Согласно ГОСТ 12.1.003 – 83 (1999) эквивалентный уровень шума (звука) не должен превышать 90 дБА.

Для предотвращения негативного воздействия шума на рабочих используются средства коллективной и индивидуальной защиты.

Коллективные средства защиты:

- борьба с шумом в самом источнике;
- борьба с шумом на пути распространения (экранирование рабочей зоны (постановкой перегородок, диафрагм), звукоизоляция).

Средства индивидуальной защиты:

- наушники; ушные вкладыши.

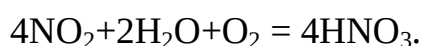
5.1.3. Утечка токсичных и вредных веществ в окружающую среду.

Источниками утечки токсичных и вредных веществ в окружающую среду могут являться аэрозоли, оксида азота.

- N_2O – оксид азота (веселящий газ), обладает наркотическими свойствами, используется при хирургических операциях;

- NO – оксид азота, действует на нервную систему человека, вызывает паралич и судороги, связывает гемоглобин крови и вызывает кислородное голодание;

- NO_2 (N_2O_4) - оксиды азота ($N_2O_4 = 2NO_2$), при взаимодействии с водой образуют азотную кислоту:



Вызывают поражение дыхательных путей и отек лёгких. Оксиды азота принимают участие в образовании фотохимического смога.

К фотохимическим процессам относятся процессы образования пероксиацетилнитратов (ПАН). При концентрациях ПАН 0,1-0,5 мг/м³ они могут вызывать раздражение слизистой оболочки глаз и гибель растений, что характерно для южных солнечных городов.

Уровни фотохимического загрязнения воздуха тесно связаны с режимом движения автотранспорта. В период высокой интенсивности движения утром и вечером отмечается пик выбросов в атмосферу оксидов азота и углеводородов. Именно эти соединения, вступая в реакции друг с другом, обуславливают фотохимическое загрязнение воздуха.

Наблюдается большое количество заболеваний верхних дыхательных путей у населения, подвергавшегося воздействию высоких уровней оксидов азота, по сравнению с группой людей, которые находились в условиях меньше концентрации N_2O_4 , а концентрации других загрязнителей были такими же.

Люди с хроническими заболеваниями дыхательных путей

(эмфизема лёгких, астма), а также страдающие сердечно сосудистыми заболеваниями, более чувствительны к прямым воздействиям оксидов азота.

Таблица 11. – Предельно допустимые концентрации веществ

Наименование вещества	ПДК _{р.з.} мг/м ³	Класс опасности	Агрегатное состояние
Оксиды азота	2	3	газ
Азотная кислота	2	3	аэрозоли

Под действием ионизирующего излучения в организме человека могут происходить сложные процессы, такие как ионизация атомов и молекул организма, в результате чего происходит разрыв нормальных молекулярных связей и изменение химической структуры различных соединений. Это, в свою очередь, ведет к нарушению нормальных биохимических процессов обмена веществ в живых клетках.

Устанавливаются следующие категории облучаемых лиц в соответствии с НРБ – 99/2009:

а) персонал (группы Б);

б) все население, включая лиц из персонала, вне сферы и условий их производственной деятельности.

При работе необходимо пользоваться индивидуальными средствами защиты: специальный костюм по ТУ 17 – 08 – 114 – 80; резиновые перчатки по ГОСТ 20010 – 74; сапогами по ГОСТ 12.4.137 – 84; респиратор РПГ – 67А по ГОСТ 12.4.004.

5.1.4. Производственное освещение.

Рациональное освещение производственных помещений и территории завода имеет большое санитарно – гигиеническое значение и способствует правильной организации труда.

С увеличением освещённости до известных пределов увеличивается острота зрения, увеличивается скорость, с которой глаз различает движущиеся предметы.

Непрерывный характер технологического процесса требует создания хорошей освещённости в дневное и в ночное время.

Эта задача решается применением искусственного освещения от ламп накаливания, люминесцентных и ртутных ламп. Зрительная работа сводится к постоянному наблюдению за экраном ЭВМ, которая отслеживает ход технологического процесса, а также снятию показаний с контрольно-измерительных приборов по месту.

61

Поскольку естественный свет изменяется в зависимости от географической широты, времени года, часа дня, состояния погоды, основной величиной для расчёта и нормирования принят коэффициент естественной освещённости (КЕО), его нормирование представлено в строительных нормах и правилах СНиП 23.05-95. Для химических цехов

коэффициент находится в пределах $\frac{1}{6} \div \frac{1}{5}$. Нормы искусственного освещения определяются СНиП 23.05-95, освещённость рабочих поверхностей должна быть не менее 200лк.

Освещённость на центральном пульте управления должна быть на менее 300лк, при этом используются люминесцентные лампы типа ЛБ-V. Они позволяют создать свет приближённый к естественному по сравнению с другими типами ламп.

5.2. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.

5.2.1. Поражения электрическим током.

Поражения электрическим током могут являться плохо изолированные токопроводящие части, провода. Известно, что поражение человека электрическим током возможно лишь при замыкании электрической цепи через тело человека, т.е. при прикосновении человека к сети не менее чем в двух точности II и III класс - при эксплуатации в условиях производства во всех случаях, а при подготовке и производстве строительно-монтажных работ в помещениях - в условиях повышенной опасности и вне помещения. При пользовании машинами классов II и III разрешается работать без применения средств индивидуальной защиты, за исключением подготовки и производства строительно-монтажных работ, когда при работе с электрическими машинами и инструментом класса II необходимо использовать указанные средства. Для защиты от поражения электрическим током применяют коллективные и индивидуальные средства.

Коллективные средства электрозащиты: изоляция токопроводящих частей (проводов) и ее непрерывный контроль, установка оградительных устройств, предупредительная сигнализация и блокировка, использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов, применение малых напряжений, защитное заземление, зануление, защитное отключение.

Изолирующие средства защиты: диэлектрические перчатки, инструменты с изолированными рукоятками, диэлектрические боты, изолирующие подставки.

Вывод: опасность факторов поражения электрическим током не выявлены.

5.2.2. Пожара – и взрывоопасность.

Источниками возникновения пожара могут быть устройства электропитания, где в результате различных нарушений образуются перегретые элементы, электрические искры и дуги, способные вызвать загорания горючих материалов, короткие замыкания, перегрузки. Источники взрыва – газовые баллоны, трубопровод под давлением.

Результатам негативного воздействия пожара и взрыва на организм человека являются ожоги различной степени тяжести, повреждения и возможен летальный исход.

Предельно – допустимая концентрация паров азота и газов в рабочей зоне не должна превышать по санитарным нормам 0,1-0,5 мг/м³, при проведении газоопасных работ, при условии защиты органов дыхания, не должно превышать предельно – допустимую взрывобезопасную концентрацию (ПДБК), для паров азота 2 мг/ м³.

К средствам тушения пожара, предназначенных для локализации небольших загораний, относятся пожарные стволы, огнетушители, сухой песок, асбестовые одеяла, вода. Для предотвращения взрыва необходимо осуществлять постоянный контроль давления по манометрам в трубопроводе.

63

5.3. Экологическая безопасность.

Для уменьшения выноса загрязняющих веществ с поверхностным стоком должны осуществляться следующие мероприятия: исключение сброса в дождевую канализацию отходов производства; организация регулярной уборки территорий; проведение своевременного ремонта дорожных покрытий; ограждение зон озеленения бордюрами, исключаящими смыв грунта на дорожное покрытие; повышение степени пыле- и газоочистки; повышение технического уровня эксплуатации

автотранспорта; ограждение строительных площадок с упорядочением отвода поверхностного стока по временной системе открытых лотков, осветлением его на 50-70% в отстойниках и последующим сбросом в водные объекты или дальнейшим очищением, локализация участков, где неизбежны просыпи и проливы сырья и промежуточных продуктов с последующим отведением и очисткой поверхностного стока; упорядочение складирования и транспортирования сыпучих и жидких материалов.

Выбор схемы отведения и очистки поверхностного стока определяется его качественной и количественной характеристиками, требуемой степенью очистки и осуществляется на основании технико-экономического сравнения вариантов и оценки технической возможности их реализации.

При попадании в водоемы нефтепродуктов в объеме, который может привести к превышению предельно допустимой концентрации, должны быть немедленно приняты меры по предотвращению их распространения и к последующему удалению.

Учитывая, что легкие нерастворимые загрязнения до окисления длительное время остаются в виде поверхностной пленки, изоляция места загрязнения производится оконтуриванием боновыми заграждениями.

Сбор и удаление коллоидных загрязнений должны осуществляться механическими способами. В тех случаях, когда это невозможно, могут быть применены впитывающие препараты - сорбенты (пена, торф, опилки и др.) с последующим их сбором и удалением. Порядок и условия применения сорбентов должны быть согласованы с контролирующими органами.

Состав и свойства всех материалов, применяемых при выполнении ремонтных работ, должны на момент их использования соответствовать

указанным в проектной документации стандартам, техническим условиям и нормам.

Основными условиями минимального загрязнения окружающей среды при воздухо-очистке является выполнение технологических правил, соответствие исходного сырья и топлива установленным для данного процесса требованиям, соблюдение производственной дисциплины.

При совершенствовании технологических процессов обязательно должны повышаться эффективность пыле - газоулавливания.

При строительстве и эксплуатации производственных предприятий как промышленного типа (стационарного) так и подсобно-вспомогательного типа (передвижные, временные) должны соблюдаться установленные или вновь разработанные с учетом предельно допустимых концентраций (ПДК) предельно допустимые выбросы (ПДВ) или временно согласованные выбросы (ВСВ). Установленные нормы выбросов должны обеспечивать соблюдение предельно-допустимых концентраций (ПДК) для выбрасываемых веществ.

Транспортирование исходных компонентов и готовых материалов, как правило, должно осуществляться с помощью транспортных систем, снабженных укрытиями.

При необходимости подогрева воздуха, материалов, воды, разогрева грунта и т.п., как правило, следует использовать тепловое оборудование централизованного питания (электрическое, паровое, водяное и т.п.), что обеспечивает меньшие затраты топлива и меньшее загрязнения атмосферы.

Применение открытого сжигания горючих материалов в целях теплообразования или ликвидации отходов допускается как исключение в разовом порядке с разрешения вышестоящей организации. Категорически запрещается применение открытого огня для разогрева органических вяжущих, мастик, полимерных материалов и других горючих веществ.

Заправка дорожных и транспортных машин топливом и смазочными материалами должна проводиться в специально выделенном месте, оборудованном средствами и инвентарем противопожарной безопасности.

При приготовлении и применении горючих материалов не должны допускаться к работе машины с неисправными или неотрегулированными двигателями.

Производство сварочных работ при изготовлении конструктивных элементов должно осуществляться в специально отведенных огороженных местах, оборудованных настилом и другими средствами, исключающими возгорание горючих веществ и материалов, а также средствами пожаротушения.

5.4. Чрезвычайные ситуации.

Чрезвычайные ситуации на предприятии могут возникнуть по различным причинам, например:

- паводковые наводнения;
- лесные пожары;
- террористические акты;
- по причинам техногенного характера (аварии) и др.

Аварии могут привести к чрезвычайным ситуациям.

Возможными причинами аварий могут быть:

- ошибочные действия персонала при производстве работ;
- отказ приборов контроля и сигнализации;
- отказ электрооборудования и исчезновение электроэнергии;
- производство ремонтных работ без соблюдения необходимых организационно-технических мероприятий;
- старение оборудования (моральный или физический износ);
- коррозия оборудования;

- гидравлический удар;
- факторы внешнего воздействия (ураганы, удары молнией и др.).

В качестве средства тушения пожаров в резервуарах применяются воздушно-механическая пена. Для тушения крупных пожаров используют пеногенераторные порошки ПГП и ПГПС. Для тушения небольших очагов легковоспламеняющихся и горючих жидкостей применяют ручные химические пенные огнетушители типа ОП-5 и ручные воздушно-пенные, высоко-кратной пены типа ОВП-5, ОВП-10. Значения показателей пожарной опасности вещества приведены в таблице.

Защита персонала от травмирования, связанного с возможными взрывами, пожарами, загазованностью территории, проведением ремонтных работ аппаратуры и оборудования выполнена согласно ОПВ-88.

5.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

К работе допускаются лица, достигшие 18 лет, имеющие квалификацию аппаратчика не ниже 4-го разряда, прошедшие курс обучения и сдавшие экзамен по ОТ, ПБ.

Все работники, занятые ремонтом, обслуживанием и эксплуатацией должны пройти обучение устройству и правилам эксплуатации оборудования.

После прохождения обучения все работники сдают установленный техминимум.

Ведомость сдачи находится у начальника. Условиями безопасной эксплуатации и технического обслуживания является знание и соблюдение персоналом требований «Правилами промышленной безопасности для перерабатывающих производств». Вторичная аппаратура, щиты управления являются действующими установками до 1000В, на которые

распространяются «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок потребителей».

Площадка должна быть обеспечена первичными средствами пожаротушения, содержаться в чистоте. Нельзя размещать на ней горючие материалы и посторонние предметы.

Ступени и площадки лестниц должны поддерживаться в чистоте, регулярно очищаться от наледи и снега. При обслуживании работать в спец. одежде и спец. обуви согласно требованиям охраны труда. При ремонте категорически запрещается производить разъединение фланцевых соединений до тех пор, пока не будет понижено давление до атмосферного и произведено освобождение трубопровода от газов.

6. Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение.

А) Предпроектный анализ

Потенциальные потребители

Продукт: очищенный газ, получение азотную кислоту.

Целевой рынок: предприятия энергетической отрасли

Б) SWOT-анализ.

Качественный подход к описанию рисков заключается в детальном и последовательном рассмотрении содержательных факторов, несущих неопределенность, и завершается формированием причин основных рисков и мер по их снижению. Одной из методик анализа сильных и слабых сторон предприятия, его внешних благоприятных возможностей и угроз является SWOT-анализ.

Таблица 12 - SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. С4. Квалифицированный руководитель. С5. Мобильность рабочего места	Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой Сл2. Большое количество конкурентов

Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт научных исследований В3. Повышение стоимости конкурентных разработок	Проектирование участка газо-очистение	1. Повышение квалификации кадров 2. Привлечение новых заказчиков
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Развитая конкуренция технологий производства У3. Истощение природных ресурсов	1.Использование импортного сырья 2. Применение технологии к альтернативным источникам	1. Повышение квалификации кадров 2. Применение технологии к альтернативным источникам

6.1. ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА

Целью экономического расчёта является определение расходов на производство газо-очистение с учетом увеличения мощности, рассчитать себестоимость на производство 100 тыс. тонн абсорбента и сравнить её с себестоимостью на 120 тыс. тонн абсорбента.

6.1.1. Расчет производственной мощности и производственной программы.

Производственная мощность – это максимально возможный выпуск продукции в определенной номенклатуре и ассортименте при наиболее полном использовании в течение года оборудования и производственных площадей, применении прогрессивных технических норм производительности оборудования и удельных норм расхода сырья и материалов. Под производственной мощностью оборудования следует понимать его максимальную способность выпускать продукцию за определенный календарный период времени при наилучших организационно-технических условиях. Производственная мощность выражается количеством выпускаемой продукции и измеряется в натуральных единицах.

Все аппараты цехов энергетических предприятий делятся на несколько групп:

1. основное оборудование;
2. вспомогательное оборудование;
3. аппараты, выполняющие подготовительные функции.

Поскольку производственный процесс является непрерывным, на предприятии планируется общая остановка на капитальный ремонт.

Расчет производственной мощности осуществляется по формуле:

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

где $P_{\text{час}}$ – часовая производительность ведущего оборудования, кг/час;

$P_{\text{час}} = 544$ кг/ч из данных материального баланса;

$T_{\text{эфф}}$ – эффективное время работы оборудования за год по выпуску данного вида продукции, час;

Расчет эффективного времени работы оборудования за год по выпуску данного вида продукции осуществляется по формуле:

$$T_{\text{эфф}} = T_{\text{н}} - T_{\text{ппр}},$$

где $T_{\text{н}}$ – номинальный фонд рабочего времени оборудования,

$$T_{\text{н}} = 365 \text{ дней};$$

$T_{\text{ппр}}$ – время простоя в ремонтах за расчетный период, которые определяются из графика ППР;

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

$$T_{\text{н}} = 365 \text{ дней} = 8760 \text{ часов};$$

$$T_{\text{ппр}} = 45 \text{ дней} = 1080 \text{ часов};$$

$$T_{\text{эфф}} = 8760 - 1080 = 7680 \text{ часов};$$

Период времени между двумя капитальными ремонтами называется ремонтным циклом; количество и последовательность входящих в него ремонтов и осмотров составляет его структуру. Время между двумя смежными ремонтами называется межремонтным периодом.

По нормативам определяют общее количество ремонтов за год для каждой единицы оборудования по каждому виду ремонта в отдельности и затем, на основе проведенных расчетов, строят график ППР, предоставляющий собой таблицу, в которой отражается распределение всех видов ремонта по месяцам в течение года и последовательность их проведения для однотипного оборудования. Из графика ППР определяются простои на ремонты и длительность оборудования за вычетом их. Нормативы ППР приведены в таблице 12.

Оборудование	Длительность работы между кап. ремонтами, ч	Длительность простоя в ремонте, ч
Установка получения абсорбента	7680	1080

$$M = 544 * 7680 * 3 = 12533760 \text{ т/г.}$$

$$N_{2015} = 0,8 * 125,337 = 100 \text{ т/год.}$$

$$N_{2016} = 0,95 * 125,337 = 120 \text{ т/год.}$$

Таблица 14 Производственная программа выпуска продукции.

Наименование показателя	Величина показателя по годам	
	2015	2016
Этапы загрузки мощности, %	100	120
Объем производства, тыс.т/год	100	120
Цена за единицу продукции, руб./т	37640,00	37640,00
Объем продаж, тыс.руб.	37640000	45168000

6.1.2. Расчет годового фонда заработной платы персонала установки.

На предприятиях энергетической промышленности в зависимости от условий труда и степени вредности производства длительность рабочего дня составляет 12 часов. Поэтому возникает потребность в организации постоянной работы. Для этого на заводе организована 2-х сменная работа и составляется график сменности, т.к. работает 4 бригады (А, Б, В, Г) с дополнительными днями отдыха.

Таблица 15 График сменности рабочих

Смена	Время	Дни выходов																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	8-20	Б	Б	А	А	Г	Г	В	В	Б	Б	А	А	Г	Г	В	В	Б	Б	А
2	20-8	Г	В	В	Б	Б	А	А	Г	Г	В	В	Б	Б	А	А	Г	Г	В	В
Отсыпной			Г		В		Б		А		Г		В		Б		А		Г	
Выходной		В А	 А	 Г Б	 Г	 В А	 В	 Б	 Б	 А	 А	 Б	 Г	 А	 В	 Б	 Б	 А	 А	 Б

Из графика сменности можно рассчитать величину смено-оборота:

$$T_{\text{см-о}} = a * b,$$

где $T_{\text{см-о}}$ - длительность смено-оборота;

a - количество бригад;

b - количество дней, в течение которых бригада работает одну смену.

$$T_{\text{см-о}} = 4 * 2 = 8 \text{ час.}$$

Смено-оборот позволяет нам определить количество выходных дней:

$$T_{\text{вых}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{см-о}}} * n,$$

где $T_{\text{вых}}$ - количество выходных за год;

$T_{\text{кал}}$ - время календарное;

n - количество выходных за один смено-оборот.

$$T_{\text{вых}} = \frac{365}{8} * 2 = 91 \text{ день.}$$

Зная количество выходных за год, можно определить эффективное время работы за год:

$$T_{\text{эфф}} = T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{отп}} - T_{\text{нев}},$$

где $T_{\text{эфф}}$ - эффективное время рабочего;

$T_{\text{нев}}$ - количество невыходов.

$$T_{\text{эфф}} = 365 - 91 - 31 - 10 = 233 \text{ дня}$$

Рассчитаем количество эффективного времени в часах:

$$T_{\text{эфф.}} = 233 * 12 = 2796 \text{ час.}$$

6.1.3. Баланс времени одного среднесписочного рабочего на год при 12-ми часовом рабочем дне и 4-х бригадном графике

Таблица 16

Показатели	Дней	Часов
1. Календарный фонд рабочего времени	365	4380

2. Нерабочие дни:		
выходные	91	1092
праздничные дни	10	132
3. Номинальный фонд рабочего времени	274	3288
4. Планируемые выходные:		
отпуск	31	372
невыходы по болезни	10	120
отпуск в связи с учебой без отрыва от производства	-	-
5. Эффективный фонд рабочего времени	233	2796

Количество производственного персонала, работающего посменно:

- явочная численность:

$$H_{\text{яв.}} = H_{\text{штат.}} * S,$$

где $H_{\text{штат.}} = 4$ человек - штатное количество человек, работающих в смену;

$S=2$ - число смен в сутки.

Тогда явочная численность равна:

$$H_{\text{яв.}} = 4 \cdot 2 = 8 \text{ человек.}$$

- списочная численность:

$$H_{\text{спис.}} = \frac{H_{\text{яв.}} * T_{\text{эфф.обор.}}}{T_{\text{эфф.раб.}} * S};$$

где $T_{\text{эфф.обор.}}$ - эффективный фонд рабочего времени оборудования, час ;

$T_{\text{эфф.раб.}}$ - эффективный фонд работы одного среднесписочного рабочего, час .

Тогда списочная численность равна:

$$H_{\text{спис.}} = \frac{7680 \cdot 8}{2796 \cdot 2} = 10,98 = 11 \text{ человек.}$$

Структура промышленного производственного персонала установки по производству газоочистной установки

Таблица 17

№ п/п	Группы ППП	Количество во человек
1	ИТР	3
2	Основные рабочие: - операторы	4
3	Вспомогательные рабочие: - слесари ремонтники;	2
4	МОП	2
	Итого по установке	11

Тарифная заработная плата включает в себя:

$$ЗП = T_{ст} * T_{эфф},$$

где $T_{ст}$ - тарифная ставка данной категории рабочих;

$T_{эфф}$ - эффективное годовое время одного среднесписочного работника.

Тарифный коэффициент рабочих цеха представлен в таблице 7.

Таблица 18 Часовая тарифная ставка рабочих

Категории рабочих	Часовая тарифная ставка, руб.	
	5 разряд	6 разряд
1. Оператор технологической установки	40	45
2. Слесарь ремонтник	-	45

Премии рассчитываются по формуле:

$$Д_{прем} = 0,3 * З_{тар},$$

Доплата за работу в ночное время определяется по формуле:

$$Д_{н.вр} = 0,4 * T_{ст} * t_{н.вр},$$

где $t_{н.вр}$ - время ночной работы, которое для каждого рабочего в год составляет 1092 часа.

Доплата за работу в праздничные дни определяется по формуле:

$$D_{пр} = T_{пр} * T_{ст} * H_{яв},$$

где $T_{пр}$ - количество часов, отработанных в праздник;

$H_{яв}$ - явочная численность рабочих.

Доплата из фонда мастера рассчитывается по формуле:

$$D_{бр} = 0,15 * Z_{тар},$$

Заработную плату рабочих за год определяется по формуле:

$$\Phi ЗП_{год} = (ЗП_{осн} + ЗП_{доп}) * K_p,$$

где $ЗП_{осн}$ - плата за труд;

$ЗП_{доп}$ - дополнительная плата за нерабочее время;

K_p - районный коэффициент (для Томска он равен 1,3).

$$ЗП_{осн} = ЗП_{тар} + D_{прем} + D_{н.вр.} + D_{праз} + D_{бр}$$

$$ЗП_{доп} = (t_{отп} + t_{гос.об} + t_{уч}) * ЗП_{осн} / T_{эфф},$$

где $ЗП_{тар}$ - зарплата по тарифу;

$D_{прем}$ - доплата премиальная;

$D_{н.вр.}$ - доплата за ночное время;

$D_{праз}$ - доплата за работу в праздничные дни;

$D_{бр}$ - доплата за бригадирство.

Начисления на зарплату за год определяется по формуле:

$$H_{зач.} = (З_{осн} + З_{доп}) / 100 * 26$$

Заработная плата рабочих установки по производству газоочистки, рассчитанная по формулам, изложенным выше, представлена в таблице 19

Таблица 19 Заработная плата рабочих на установке

Категории рабочих	Количество во человек	ЗП тар	Д прем	Д н.вр	Д празд	Д фм	Д бр	ЗП осн	ЗП доп	ЗП год	ЗП с учетом районного коэффици ента	ЗП с учетом численно сти	Начислен ия на зарплату
Основные рабочие:													
1. Оператор технологической установки:													
- 5-го разряда	12	111840	33552	17472	42240	3355,2	—	208459,2	36681,6	245140,8	318683	3824196	63736,6
- 6-го разряда	4	125820	37746	19656	47520	3774,6	—	234516,6	41266,9	275783,5	358518,5	1434074	71703,7
Сумма:												5258270	135440,3
Вспомогательные рабочие:													
2. Слесарь ремонтник 6-го разряда	2	125820	37746	19656	47520	3774,6	—	234516,6	41266,9	275783,5	358518,5	551567	71703,7
Сумма:												551567	71703,7
Итого:	18	363480	109044	54784	137280	10904,4	—	677582,4	119215,4	796707,8	1035720	5809837	207144

6.2. Расчет заработной платы ИТР

Примем, ИТР в количестве 3 человек работают только в день.

Расчет ЗП ИТР(оклад 10000 руб/мес), проводим аналогично расчету ЗП рабочих, принимая для них тот же график работы и такое же эффективное время работы. Результаты расчета заработной платы ИТР приведены в таблице:

Таблица 20
Заработная плата ИТР

Количество человек	ЗПтар	Д прем	Д н.вр	Д празд	ЗП осн	ЗП доп	ЗП год	ЗП с учетом районного коэффициента	ЗП с учетом численности	Начисления на зарплату
3	165168	46553,4	—	21978	233700	41123	274823	357270	1071809,7	71453,98

6.2.1. Расчет заработной платы МОП

Расчет ЗП МОП (оклад 5500 руб/мес) производим по тем же формулам, что использовались при расчете ЗП основных рабочих. Результаты расчета приведены в таблице:

Таблица 21 Заработная плата МОП

Количество человек	ЗПтар	Д прем	Д н.вр	Д празд	ЗП осн	ЗП доп	ЗП год	ЗП с учетом районного коэффициента	ЗП с учетом численности	Отчисления на социальные нужды
2	85278	25583,4	—	8052	118913,4	20924,7	139838,1	181789,5	363579	36357,9

Полученные расчеты представим в таблице 22

Таблица 22 Потребность в заработной плате.

Основные рабочие	Вспомогательные рабочие	ИТР	МОП	Сумма
5258270	717037	1071809,7	363579	7410695,7

6.3. Расчёт стоимости основных производственных фондов и амортизационных отчислений от них.

Производственные фонды представляют собой совокупность средства труда, необходимых для осуществления непрерывного процесса производства. Производственные фонды обслуживают производство в течение длительного времени, они участвуют в процессе производства продукции и переносят стоимость на готовый продукт по частям, по мере своего износа и не меняют своей натуральной формы.

Оборотные фонды в энергетической промышленности составляют 20 - 25% от основных фондов.

Таблица 23 Стоимость основных фондов.

Наименование	Стоимость, руб.	Нормы амортизации
Здания	700 000 000	5
Машины и оборудование	250 000 000	15
Приборы КИП и А, лабораторное оборудование	376 500 000	10,3
Инвентарь и инструменты	15 000 000	1,6
Итого	1 241 500 000	

Амортизационные отчисления от зданий:

$$A_{\text{год}} = 700\,000\,000 / 100 * 5 = 35\,000\,000$$

От машин и оборудования:

$$A_{\text{год}} = 250\,000\,000 / 100 * 15 = 37\,500\,000$$

От приборов КИП и А и лабораторий:

$$A_{\text{год}} = 376\,500\,000 / 100 * 10,3 = 38\,779\,500$$

От инвентаря и инструментов:

$$A_{год} = 15000000 / 100 * 1,6 = 240\ 000$$

Итого: $A_{год} = 152\ 065\ 000$

80

Основные фонды представляют собой средства труда, которые многократно используются и не меняют натурально-вещественную форму. Основные фонды делятся на производственные (здания, сооружения, рабочие машины) и непроизводственные (жилые дома, больницы, детские сады).

1. Величина капитальных затрат на строительство здания может быть определена укрупнено:

$$C_{зд} = C_{1м^3} * V_{зд},$$

где $C_{1м^3}$ - стоимость одного $м^3$ производственного здания, руб/ $м^3$;

$V_{зд}$ - объем здания, $м^3$.

$$C_{зд} = 2250 * 10000 = 22\ 500\ 000 \text{ руб.}$$

2. Величина капитальных затрат на приобретение и монтаж оборудования может быть рассчитана, исходя из стоимости материалов на изготовление оборудования плюс дополнительные затраты на приобретение и монтаж оборудования.

6.4. Рабочие машины и оборудование:

По данным Интернета находим стоимость трубчатого реактора, теплообменников и насосов записываем в таблицу 13.

Таблица 24

наименование основных фондов	кол-во	стоимость, руб, $C_{т.п.}$	Стоимость с учетом количества, руб.
Абсорбер тарельчатый	3	300 000	900 000
Десорбер	3	200 000	600 000
Теплообменни	2	250 000.	500 000

80

ки			
Насос	6	40 000.	240 000
Промежуточная емкость	6	50 000	300 000
Холодильник	6	40 000	240 000
Итого:	26		2 780 000

Таблица 25 Расходы на наладку и монтаж оборудования

Наименование нормативов	% от стоимости материалов оборудования	Сумма, руб.
1. На устройство фундаментов	10	2 521 000
2. На технологические трубопроводы	20	5 042 000
3. На антикоррозионные работы	5	1 250 500
4. На кабельные разводки	5	1 250 500
5. На КИПиА	10	2 521 000
6. На монтаж оборудования	22	5 546 200
8. На вспомогательное оборудование	5	1 250 500
Итого:		13 139 620

Расчет необходимой массы исходного сырья, материалов и энергии.

$$C_{\text{ед.с.}} = C_{\text{ед.}} \cdot N_p,$$

где: $C_{\text{ед.с.}}$ - стоимость сырья на единицу продукта, руб/т.

$C_{\text{ед.}}$ - цена за единицу сырья, руб.

Цена за единицу сырья взяты по данным предприятий «Северский Водоканал».

N_p - норма расхода сырья взята из данных АО «ОТЭК».

$$N_{\text{с.вып}} = N_p \cdot M_{\text{г}},$$

где: $H_{с.вып}$ - количество сырья на весь выпуск.

M_r - годовая мощность выпуска продукта, 10000 тонн в год

$$C_{с.вып} = H_{с.вып} \cdot C_{ед.с.}$$

где: $C_{с.вып}$ - стоимость сырья на весь выпуск, тыс. руб.

Расчет необходимой массы исходного сырья, материалов и энергии на год.

Таблица 25

Наименование сырья, материалов и энергии.	Цена за единицу сырья, руб.	Норма расхода сырья, ед./т.	Стоимость сырья на единицу продукта, руб./т.	Количество сырья на весь выпуск ,т/г.		Стоимость сырья на весь выпуск, тыс. руб.	
				120	100	120	100
Вспомогательное сырье	1069698,3	0,00249	2663,47	0,2988	0,249	319 616,4	266 355
Вода деминерализованная, т*м ³ .	16642	0,42	6989,64	50,4	42	838 756,8	698 964
Электроэнергия, кВт* ч.	1092,1	0.91	993,8	109,2	91	119 256	99 380
Пар, Гкал.	238,62	0.389	92,58	46,68	38,9	11 109,6	9 258
Вода обратная, т*м	577,1	0.48	277,008	57,6	48	33 240,96	27 700,8
Итого:						1 321 979,76	1 101 657,8

6.5. Планирование себестоимости продукции.

Калькуляция себестоимости 1 тонны продукции

$N_{2015} = 100$ тыс.т/год, $N_{2016} = 120$ тыс.т/год

Таблица 26

Калькуляция себестоимости

Наименование затрат	100000		120000	
	Сумма на 1 т, тыс. руб.	Сумма затрат на объем производства, тыс. руб	Сумма на 1 т, тыс. руб.	Сумма затрат на объем производства, тыс. руб
Прямые переменные затраты				
1. Сырье и материалы	16,516076	1651607,627	16,516076	1981929
2. Электроэнергия на технологические цели	8,353282	835328,218	8,3532822	1002394
Итого переменные затраты:	24,869358	2486935,845	24,8693584	2984323
Постоянные затраты				
Заработная плата				
1.1 Заработная плата основных работающих	0,05945349	5945	0,0495417	5945
1.2 Отчисления на социальные нужды основных рабочих	0,0180144	1801,44	0,015012	1801,44
Общепроизводственные расходы				
Заработная плата ИТР, МОП	0,01543201	1543,201	0,01286	1543,201
Отчисления на социальные нужды ИТР, МОП	0,0046759	467,59	0,0038966	467,59
амортизация	1,115195	111519,5	0,9293292	111519,5
ремонт	0,1313962	13139,62	0,1094968	13139,62
цеховая себестоимость	1,344167	134416,700	1,1201392	134416,700
общезаводские расходы (5% к цеховой себестоимости)	0,06720835	6720,835	0,056007	6720,835
коммерческие расходы (1% к заводской себестоимости)	0,000672084	67,20835	0,0005601	67,20835
Итого постоянные затраты:	2,756214434	275621,4434	2,2968425	275621,1
Полная себестоимость:	27,625573	2762557	27,166201	3259944

6.5.1. Расчет цены.

Цену 1 тонны продукта рассчитываем по формуле:

$$Ц = C \cdot (1 + P/100);$$

где P – рентабельность 20 %;

C – себестоимость;

$$Ц_{100} = 27626 \cdot (1 + 20/100) = 33151 \text{ руб.}$$

$$Ц_{115} = 27166 \cdot (1 + 20/100) = 32599 \text{ руб.}$$

Цену одной тонны полиэтилена при производстве 120 тонн в год оставляем 33151 руб. за тонну.

Цену 110 тонн (выручка) продукта рассчитываем по формуле:

$$Ц_{\text{год}} = Ц \cdot Q; \text{ где}$$

$$Q_{2015} = 100 \text{ тыс.т. (объём продаж).}$$

$$Q_{2016} = 120 \text{ тыс.т. (объём продаж).}$$

$$В_{\text{реал.2015}} = 33151 \cdot 100 = 3315100 \text{ тыс. руб.}$$

$$В_{\text{реал.2016}} = 33151 \cdot 120 = 3978120 \text{ тыс. руб.}$$

6.5.2. Построение точки безубыточности.

Точки безубыточности - минимальный объем продаж, начиная с которого предприятие не несет убытков.

2015 год

$$U_{\text{пост}} = 2,756214434 \text{ тыс.руб.}$$

$$U_{\text{перем.}} = 24,869358 \text{ тыс.руб.}$$

$$Q = 100 \text{ тыс.т. (объём продаж).}$$

$$U_{\text{пост}} \cdot Q = 2,756214434 \cdot 100 = 275621,4434 \text{ тыс.руб.}$$

$$U_{\text{перем.}} \cdot Q = 24,869358 \cdot 100 = 2486935,845 \text{ тыс.руб.}$$

$$U = U_{\text{пост}} + U_{\text{перем.}} = 275621,4434 + 2486935,845 = 2762557 \text{ тыс.руб.}$$

$$Q_{\text{кр}} = U_{\text{пост}} / Ц_{1\text{т}} - U_{\text{перем.1т.}}$$

$$Q_{\text{кр}} = 2762557 / 33151 - 28,278104 = 33,3 \text{ тыс.т}$$

2016 год

$$U_{\text{пост}} = 2,2968425 \text{ тыс. руб.}$$

$$U_{\text{перем.}} = 24,869358 \text{ тыс. руб.}$$

$Q = 120$ тыс.т. (объём продаж).

$$U_{\text{пост}} \cdot Q = 2,2968425 \cdot 120 = 275621,1 \text{ тыс. руб.}$$

$$U_{\text{перем.}} \cdot Q = 24,869358 \cdot 120 = 2984322,96 \text{ тыс.руб.}$$

$$U = U_{\text{пост}} + U_{\text{перем.}} = 275621,1 + 2984322,96 = 3259944,06 \text{ тыс.руб.}$$

Тогда точка безубыточности определится следующим образом:

$$Q_{\text{кр}} = U_{\text{пост}} / \text{Ц}_{\text{1т}} - U_{\text{перем.1т.}}$$

$$Q_{\text{кр}} = 2762557 / 33151 - 28,278104 = 33,3 \text{ тыс.т}$$

По результатам вычислений строим график безубыточности.

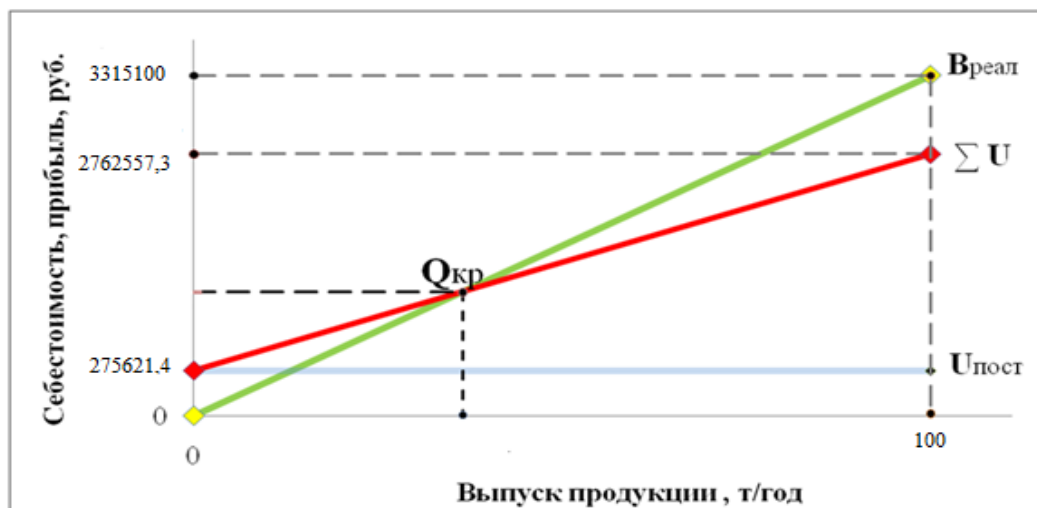


рис.1 График безубыточности за 2015 год.

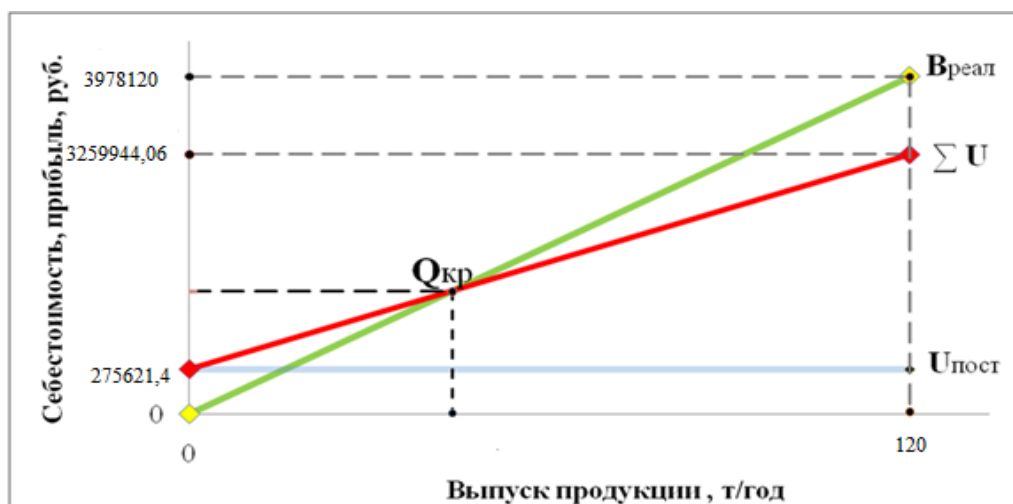


рис.2 График безубыточности за 2016 год.

Технико-экономические показатели.

Таблица 27

Наименование показателя	Ед. изм.	2015	2016
Объем производства	т	100000	120000
Объем продаж	т	100000	120000
Цена за тонну	тыс. руб.	33,151	33,151
Выручка от продаж	тыс. руб.	3315069	3978120
Суммарные издержки,	тыс. руб.	2762557,3	3259944,06
в т.ч переменные издержки	тыс. руб.	2486935,8	2984322,96
в т. ч. постоянные издержки	тыс. руб.	275621,4	275621,4
Операционная прибыль	тыс. руб.	552511,5	718175,94
Налог на прибыль	тыс. руб.	143653,0	186725,74
Чистая прибыль	тыс. руб.	408858,5	531450,2
Себестоимость 1 тонны продукции	тыс. руб.	27,626	27,166
Среднегодовая стоимость основных средств	тыс. руб.	37500,0	37500,0
Численность основных рабочих	чел.	21	21
Фондо-вооруженность	тыс. руб.	1785,7	1785,7
Фондоотдача (объем выпущенной товарной продукции / Среднегодовая стоимость основных средств)	руб./руб.	88,4	106,1
Фондоёмкость (показатель обратный фондоотдаче)	руб./руб.	0,011	0,009
Производительность труда	тыс. руб./чел	157860,42	189434,29
Рентабельность производства	%	20,00	22,03
Рентабельность продаж	%	12,33	13,4
Qкр. (критический объем продаж)	тыс. т	33,3	33,3

Вывод

При увеличении годовой производительности со 100 тыс.тонн абсорбента до 120 тыс.тонн, получены следующие результаты:

- 1) уменьшение себестоимости с 27626 руб./т. до 27166 руб./т. на весь выпуск продукции;
- 2) увеличение чистой прибыли с 408858,5 тыс. руб. до 531450,2 тыс. руб.;
- 3) увеличение выручки от реализации, показателя фондоотдачи, производительности, рентабельности производства и рентабельности продаж.

При увеличении мощности производительности абсорбента, рассчитанные показатели себестоимости продукции исследуемого предприятия, а также расчет основных технико-экономических показателей предприятия, позволяют сделать вывод об экономической эффективности его будущего функционирования.

Список литературы

1. ГОСТ Р 52857.1 - 2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования.
2. ГОСТ Р 52857.2-2007 Расчет обечаек и днищ.
3. ГОСТ Р 52857.3-2007 Укрепление отверстий.
4. ГОСТ Р 52857.4-2007 Расчет фланцевых соединений.
5. ГОСТ Р 52857.5-2007 Обечайки и днища от воздействия опорных нагрузок.
6. Брисов Г.С., Брыков В.П., Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию. М.: Химия, 1991. 496с.
7. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Изд. 2-е В 2-х кн. М.: Химия, 1995. 400с., ил.
8. Лащинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры: Справочник. Л.: Машиностроение, 1970. 752с.
9. Лащинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник. Л.: Машиностроение, 1981. 382с.
10. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Л.: Химия, 1987. 576с., ил.
11. Ануриев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т.1. 5-е изд. переработанная. и дополнительная. М.: Машиностроение, 1978.
12. Ануриев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т.2. 5-е изд. переработанная. и доп. М.: Машиностроение, 1978.
13. Фролов К.В. К.В. Требования предъявляемые к конструкционным материалам.
14. В. М. Беляев. Задание 2. Исходные данные – Томск 2016г.

- 15.. В. М. Беляев, В. М. Миронов "Конструирование и расчёт элементов оборудования отрасли. Часть I". Тонкостенные сосуды и аппараты химических производств". - Томск: Изд - во Томского политехнического университета. - 2011. - 300 с.
16. Процессы и аппараты химической технологии. Проектирование ректификационных колонн. Часть 1. Основы теории расчета и основные конструкции ректификационных колонн. Методические указания к курсовому проектированию для студентов химико-технологического и заочного энерго-механического факультетов. Томск: изд. ТПУ, 1997. 32с.
17. Процессы и аппараты химической технологии. Проектирование ректификационных колонн. Часть 2. Технологический, конструктивный и гидравлический расчеты. Методические указания к курсовому проектированию для студентов химико-технологического и заочного энерго-механического факультетов. Томск: изд. ТПУ, 1997. 32с.
18. Справочник химика. Том III: Химическое равновесие и кинетика., Свойства растворов. Электродные процессы. М.: Химия, 1964, 1093с.
- Справочник химика. Том VI: Характеристика сырья и продуктов производства органической технологии, техника безопасности и промышленная санитария. М.: Химия, 1978, 1093с.
19. Экономика промышленности: учеб. пособие для вузов / под ред. А.М. Барановского, Н.Н. Кожевникова, Н.В. Пирадовой. – М.: Изд-во МЭИ, 2007. – 345 с.
- а. Волков О.И. Экономика предприятия. – М.: Инфра, 2013. – 690 с.
20. Горфинкель В.Я. и Швандер В.А. Экономика предприятия. – М.: ЮНИТИ, 2007. – 670 с.
21. Грузинов В.П. Экономика предприятия: учебник. – М.: Банки и биржи, 2005. – 336 с.
22. Зайцев Н.Л. Экономика промышленного предприятия: Учебник. – М.: Инфра-М., 2008. – 491 с.
23. Ильин А.И. Планирование на предприятии. – Мн.: Новое знание, 2010. – 700 с.
24. Лапуста М.Г., Мазурина Т.Ю., Скамай Л.Г. Финансы организаций (предприятий) М.: Инфра-М, 2008. – 575 с.

25. Экономика и управление производством. Часть 3. Издержки предприятия. Себестоимость. Эффективность производства: метод. указ. к контрольной работе для студентов, обучающихся по хим. спец. ИДО / сост. Т.Г. Рыжакина; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 16 с.
26. Савицкая Г.В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия. – М.: ИНФРА-М, 2008. – 512 с.
27. Савчук В.П. Диагностика предприятия: поддержка управленческих решений. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 174 с.
28. Сачко Н.С. Теоретические основы организации производства. – Минск, 2005. – 387 с.
29. Семенов В.М. Экономика предприятия. Книга № 4. – М.: Центр экономики и маркетинга, 2005. – 384 с.
30. Сергеев И.В. Экономика предприятия: учеб. пособие. – М.: Финансы и статистика, 2007. – 460 с.
31. Складенко В.К., Прудников В.М. Экономика предприятия. Конспект лекций. – М.: ИНФА-М, 2006. – 528 с.
32. Фатхутдинов Р.А. Производственный менеджмент. – М.: Банки и биржи: ЮНИТИ, 2011. – 496 с.
33. Фатхудинов Р. А. Инновационный менеджмент. – СПб.: Питер, 2008. – 448 с.