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 общей химии и химической технологии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка основного оборудования установки получения концентрированных соков.

УДК 66.048.5:664.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-2К22	Рудых Марина Евгеньевна		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов И.И.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. Кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ан В.В.	к.т.н., доцент		

Томск – 2017 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
	Профессиональные компетенции	
Р1	Применять базовые математические, естественнонаучные, социально-экономические и специальные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-1,2,3,19,20), Критерий 5 АИОР (п.1.1)
Р2	Применять знания в области энерго-и ресурсосберегающих процессов и оборудования химической технологии, нефтехимии и биотехнологии для решения производственных задач	Требования ФГОС (ПК-4,5,9,15 ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2)
Р3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ПК-4,5,8,11 ОК-2,4), Критерий 5 АИОР (пп.1.2)
Р4	Проектировать и использовать новое энерго-и ресурсосберегающих процессов и оборудования химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ПК-8,11,23,24), Критерий 5 АИОР (п.1.3)
Р5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области энерго-и ресурсосберегающих процессов и оборудования химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ПК-1,4,5,19-22 ОК-7,10), Критерий 5 АИОР (п.1.4)
Р6	Осваивать и эксплуатировать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность и надежность, соблюдать правила охраны труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды	Требования ФГОС (ПК-6,12,13,14,17 ОК-3,4,8), Критерий 5 АИОР (п.1.5)
Р7	Применять знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС (ПК-3,8,9,10,11,12,13), Критерий 5 АИОР (п.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов 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)
Общекультурные компетенции		
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 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
Кафедра общей химии и химической технологии

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ _____ Ан В.В.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	**ФИО**
З-2К22	Рудых Марина Евгеньевна

Тема работы:

Разработка основного оборудования установки получения концентрированных соков.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	2840/С от 19.04.2017

Срок сдачи студентом выполненной работы:	

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе *(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*	Разработать выпарную установку производительностью 800 кг/смену для упаривания раствора с начальной концентрацией 5% до концентрации 50%

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов *(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).*	Основные конструктивные особенности выпарного аппарата.
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)*	Лист 1. Технологическая схема; Лист 2. Общий вид выпарного аппарата с естественной циркуляцией; Лист 3. Выносные элементы выпарного аппараа

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Романцов Игорь Иванович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-2К22	Рудых Марина Евгеньевна		

РЕФЕРАТ

Объектом исследования являются процессы выпаривания и производстве концентрата.

Цель работы – модернизация и конструирование выпарной установки.

В процессе работы проводились технологический, конструированный и механически расчеты выпарного аппарата.

В результате расчетов была сконструирована выпарная установка с естественной циркуляцией и соосной греющей камерой.

Достигнутые технико-эксплуатационные показатели : снижение гидравлических сопротивлений, стоимости и сроков ремонта, улучшение условий обслуживания установки.

Степень внедрения: планируется использование выпарной установки для производства соков, киселей, джемов.

Эффективность установки определяется поддержанием вакуума, что позволяет снизить температуру кипения раствора, снижением энергетических и эксплуатационных затрат.

ABSTRACT

Object of a research are processes of evaporation and production of a concentrate.

The work purpose – modernization and constructioning of evaporating installation.

In the course of work calculations of the evaporating pot were carried out technological, designed and mechanically.

As a result of calculations evaporating installation with natural circulation and the coaxial heating camera was designed.

The reached technical and operational indicators: decrease in hydraulic resistances, cost and terms of repair, improvement of conditions of an upkeep of installation.

Extent of introduction: use of evaporating installation for production of juice, kissels, jams is planned.

Effectiveness of installation is defined by vacuum maintaining that allows to reduce boiling point of solution, decrease in metabolic and operational cost.

Содержание

Содержание 8
Введение. 10
1. Аппаратурно-технологическая схема производства диффузионного 12
2.2 Конструктивный расчет выпарного аппарата. 23
2.2.1. Определение числа трубок, высоты и диаметра греющей камеры и сепарационного пространства. 23
2.2.2 Расчет диаметра циркуляционной трубы. 26
2.2.3 Подбор штуцеров. 27
2.2.4 Выбор конструктивного материала 30
2.3 Механический расчет. 30
2.3.1 Расчет толщины стенки корпуса, днища и крышки греющей камеры выпарного аппарата 30
2.3.2 Расчет толщины стенки корпуса, днища и крышки сепарационного пространства выпарного аппарата. 35
2.3.3 Расчет фланцевых соединений. 44
2.3.4 Определение напряжений, возникающих в месте сопряжения элементов конструкции аппарата. 56
2.3.5 Расчет укрепления отверстий. 61
3. Анализ эффективности действующего производства. 66
3.1 Расчёт производственной мощности 66
3.2 Расчет себестоимости готовой продукции по действующему производству 68
3.2.1 Расчет численности персонала 68
3.2.2 Расчет годового фонда заработной платы персонала 70
3.2.3 Расчет затрат на производство продукции 74
3.3 Определение цены готовой продукции 77
3.4 Анализ безубыточности по действующему производству 78
3.5 Определение технико-экономических показателей 79
4. Социальная ответственность 83
4.1. Производственная безопасность 83

4.1.1 Анализ воздушной среды 84
4.1.2 Микроклиматические условия 84
4.1.3 Вентиляция 86
4.1.4 Освещенность 87
4.1.5 Шумы и вибрации 90
4.1.6 Электробезопасность 91
4.1.7 Молниезащита зданий и сооружений 92
4.2 Экологическая безопасность 92
4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях 93
4.3.1 Пожарная и взрывная опасность 93
4.3.2 Безопасность при чрезвычайных ситуациях 94
Заключение. 96
Список используемой литературы: 97

Введение.

В Томской области все более актуальной становится задача не только сбора, но и переработки дикорастущего сырья, в частности ягод. Это вызвано, в том числе, и тем, что место произрастания удалено от потребителя. В то же время, плодово-ягодное сырье не подлежит длительному хранению в свежем виде и требует предварительной обработки из-за больших потерь на порчу, нарушение товарного вида.

С целью обеспечения высокой пищевой ценности и сохраняемости биологически активных веществ исходного сырья и внесенных витаминов, минеральных веществ, ягоды перерабатывают на сок с последующим концентрированием в выпарном аппарате.

Сущность процесса выпаривания заключается в переводе растворителя в парообразное состояние и отводе сконденсированного пара от оставшегося полученного раствора.

Процесс выпаривания широко используют в сахарном и консервном производствах при концентрировании сахарных и томатных соков, молока и др. В пищевой технологии выпаривают, как правило водные растворы.

При выпаривании под вакуумом в аппарате создается вакуум путем конденсации вторичного (сокового) пара в специальном конденсаторе и отсасывания из него неконденсирующихся газов с помощью вакуум-насоса.

Выпаривание под вакуумом позволяет снизить температуру кипения раствора, что особенно важно при выпаривании пищевых растворов, которые особенно чувствительны к высоким температурам. Применение вакуума позволяет увеличить движущую силу теплопередачи и, как следствие, уменьшить площадь поверхности выпарных аппаратов, а, следовательно, их материалоемкость. Процессы кипения и испарения происходят при непрерывной циркуляции растворов в аппарате. Использование естественной циркуляции (движение, обусловленное силой тяжести) позволяет проводить

процессы выпаривания с минимальными затратами при одновременном упрощении конструкции аппаратов. При этом главным и определяющим фактором эффективности является скорость движения раствора в циркуляционном контуре. Разработанная конструкция аппарата позволит существенно увеличить скорость циркуляции растворов, а, следовательно, и эффективность процессов выпаривания.

1. Аппаратурно-технологическая схема производства диффузионного сока.

Исходный раствор из промежуточной емкости Е1 центробежным насосом подается в теплообменник Т (где подогревается до температуры, близкой к температуре кипения), а затем поступает в выпарной аппарат АВ.

Естественная циркуляция возможна благодаря перепаду давлений, возникающему в результате создания вакуума конденсацией вторичного пара в конденсаторе К (где заданное давление поддерживается подачей охлаждающей воды). Смесь охлаждающей воды и конденсата выводится по трубопроводам в сборники для повторного использования.

Образующийся концентрированный раствор центробежным насосом подается в промежуточную емкость упаренного раствора Е2.

Конденсат греющих паров из выпарного аппарата выводится с помощью конденсатоотводчика.

Совместно с технологической схемой представлена принципиальная схема автоматического контроля и регулирования процесса сгущения диффузионного сока с использованием вакуум — выпарной установки.

Температура греющего пара на входе в пластинчатый теплообменник (Т) и температура диффузионного сока на выходе из теплообменника регулируется медным термопреобразователем сопротивления ТСМ Метран — 203 (1).

Количество диффузионного сока поступающего в теплообменник регулируется интеллектуальным расходомером модели 8800С.

На линии греющего пара установлен регулирующий вентиль ВР1 для обеспечения подачи определенного количества греющего пара, а так же для обеспечения возможности перехода на ручное регулирование в аварийных ситуациях.

Уровень продукта находящегося в выпарном аппарате (ВА) поддерживается буйковым уровнемером. Запорный вентиль В35 позволяет перейти на ручное регулирование с визуальным контролем уровня через смотровые окна. Предусмотрена сигнализация об отклонениях от нормального уровня.

Степень разряжения в системе автоматически регулируется подачей охлаждающей воды с помощью запорного вентиля В38. Датчики для измерения температуры TdRC помещаются в трубопровод для вторичного пара между сепарационным пространством выпарного аппарата и конденсатором (К) и в трубопроводе отводящем упаренный раствор. По термодинамической разности контролируется концентрация упаренного раствора. Регулирование концентрации упаренного раствора осуществляется изменением его расхода из аппарата.

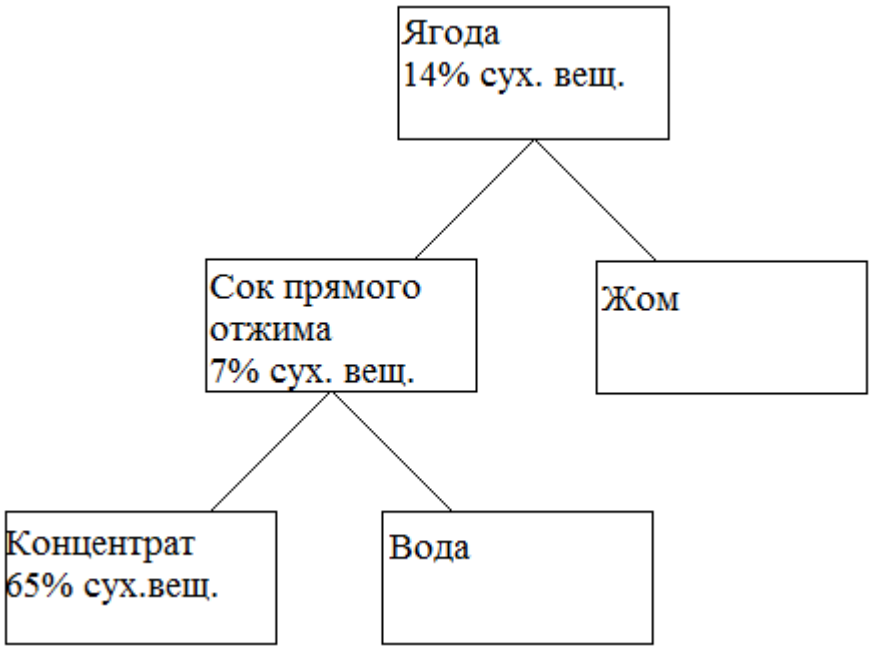
Датчики для измерения основных технологических параметров приведены в табл. 1.

Позиция контура	Наименование прибора	Количество	Примечания
1,4	Термопреобразователь сопротивления медный ТСМ Метрат-203 Класс допуска: В Диапазон измеряемых температур: -50…150℃	3	
2	Интеллектуальный вихревой расходомер модели 8800С Выходные сигналы: -4-20мА с цифровым сигналом на базе HART – протокола. Диаметр условного прохода трубопровода: D_y=25мм	1	
3	Буйковый уровнемер	1	
5	Малогабаритный датчик давления Метран-55 Диапазон измеряемых давлений: минимальный 0-0,06 Мпа Исполнение по ГОСТ 12997: обыкновенное	1	

2. Расчет выпарного аппарата.

2.1. Технологический расчет.

2.1.1 Определение производительности выпарной установки.



Вид ягоды - клюква

Производительность по ягоде — 5000кг/смену

Нормы расхода сырья на 1000кг сока: для клюквы — 1449кг

Массовая доля растворимых сухих веществ в соке прямого отжима —7%

Массовая доля растворимых сухих веществ в ягоде — 14%

Массовая доля растворимых сухих веществ в концентрате — 65%

Содержание сухих веществ в ягоде:

$B_Я = 5000*0,\ 14 = 700кг$

Количество сока полученного из 5000кг ягоды:

$5000*1000/1449= 3450\ кг$

Содержание сухих веществ в соке прямого отжима:

$B_{ПО} = 3450*0,07=242\ кг$

Количество жома полученного из 5000 кг ягоды :

5000-3450=1550 кг

Следовательно, содержание сухих веществ в жоме:

$B_{Ж}$*=700-242=458 кг*

Сок прямого отжима подвергается выпариванию, и образуется концентрат и вода.

Количество концентрата полученного после выпаривания:

242/0,65=372 кг

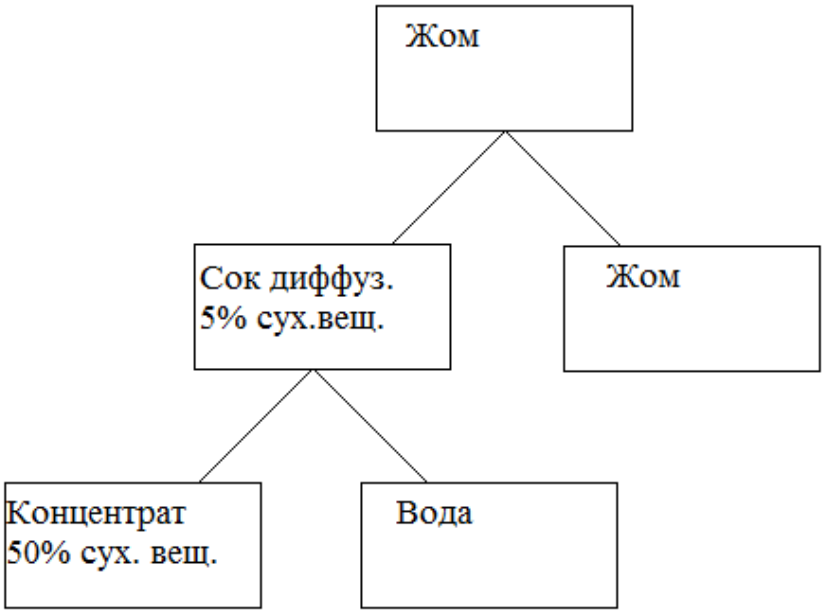
Содержание сухих веществ в концентрате такое же, как и в соке прямого отжима:

$B_{конц}$*=242 кг*

Количество воды образовавшейся после выпаривания:

3450-372=3078 кг

Далее жом помещается в экстрактор, где образуется диффузионный сок и жом.



Из 1550 кг жома при экстрагировании образуется 800 кг диффузионного сока и 750 кг жома.

Содержание сухих веществ в диффузионном соке:

$B_{ДС}$=*800*0,05=40 кг*

Содержание сухих веществ в жоме:

$B_{Ж2}$=*458-40=418 кг*

Далее диффузионный сок подвергается выпариванию. При этом образуется :

Концентрата *40/0,5=80 кг*

Воды *800-80=720 кг*

2.1.2 Определение поверхности теплопередачи выпарного аппарата.

1. Количество воды, выпариваемой установкой, или производительность установки по выпариванию воды находим по формуле:

$$W = G_H\left(1 - \frac{B_H}{B_K}\right) = 100\left(1 - \frac{5}{50}\right) = 90 \text{ кг/ч} \quad [1]$$

Где G_H – масса поступающего на выпаривание раствора, кг/ч,

B_H,B_K – начальная и конечная концентрация раствора, %

Производительность аппарата по полученному упаренному раствору, т.е. концентрату:

$$G_K = \frac{G_H B_H}{B_K} = \frac{100 * 5}{50} = 10 \text{ кг/ч} \quad [2]$$

Проверим материальный баланс аппарата:

$$G_H = G_K + W = 10 + 90 = 100 \text{ кг/ч} \quad [3]$$

2. Средняя концентрация:

$$B_{CP} = \frac{B_H + B_K}{2} = \frac{5 + 50}{2} = 25\% \quad [4]$$

3. Определение плотности сока.

Плотность сока, содержащего 5% сухого вещества, при температуре 20℃:

$$\rho_5^{20} = 950 \text{ кг/м}^3$$

Плотность сока, содержащего 50% сухого вещества, при температуре 20℃:

$$\rho_{50}^{20} = 1225 \text{ кг/м}^3$$

Принимая температуру кипения сока в корпусе 60℃, определим плотность сока при этой температуре по формуле:

$$\rho^{\text{КИП}} = \rho^{20} - 0{,}5(t_{\text{КИП}} - t_0)$$

Плотность сока, содержащего 5% сухого вещества, при температуре 65℃:

$$\rho_5^{\text{КИП}} = 950 - 0{,}5(60 - 20) = 930 \text{ кг/м}^3$$

Плотность сока, содержащего 50% сухого вещества, при температуре 65℃:

$$\rho_{50}^{\text{КИП}} = 1225 - 0{,}5(60 - 20) = 1205 \text{ кг/м}^3$$

4.Оптимальную высоту уровня жидкости в трубах находим по формуле:

$$h_0 = [50 + 0{,}122(\rho_P - \rho_B)]\frac{H_{TP}}{100} = [50 + 0{,}122(1225 - 983)]\frac{1{,}5}{100} = 1{,}2 \text{ [5]}$$

Где ρ_P, ρ_B - плотность соответственно раствора и воды, кг/м^3,

H_{TP} - высота трубок, м.

Плотность воды при температуре 65℃ находи по таблице XXXIX [1,с.537];

ρ_B =983 кг/м^3

Высотой трубок задаемся исходя из того, что высота цеха, где будет установлена выпарная установка, составляет 5 м:

$H_{ТР}$ = 1,5М

5. Общая разность температур для установки:

$$\Delta t = t^{ГП} - t^{КИП} = 100 - 60 = 40°C \quad [6]$$

Где $t_{ГП}$ - температура греющего пара, °С.

6. Давление столба жидкости рассчитываем по формуле:

$$\Delta P = h_0 \rho_{50}^{20} g = 1{,}4 * 1250 * 9{,}81 = 16549 \text{ Па} \quad [7]$$

7. Температурные потери при выпаривании определяются суммой потерь физико-химической депрессии $\Delta_Ф$, потери вследствие гидростатического эффекта $\Delta_Г$ и гидравлических потерь в паропроводах $\Delta_С$:

$$\Delta = \Delta_Ф + \Delta_Г + \Delta_С = 1{,}2 + 7{,}3 = 8{,}5 \text{ °С} \quad [8]$$

Потери вследствие физико-химической депрессии для фруктовых соков рассчитывают по формуле:

$$\Delta_Ф = 0{,}38e^{0{,}05+0{,}045B_{CP}} = 0{,}38e^{0{,}05+0{,}045*25} = 1{,}2 \text{ °С} \quad [9]$$

Общие потери вследствие гидростатического эффекта принимаем по таблице V.8 [3, с.74]:

$\Delta_Г$ = 7,3°С

Гидравлические потери:

$\Delta_С$ = 0°С

8. Температура кипения сока у середины греющих труб:

$$t_{СР} = t^{ГП} - \Delta t = 100 - 40 = 60°C \quad [10]$$

9. Температура кипения сока уверхнего уровня:

$$t_Р = t_{СР} - \Delta_Г = 60 - 7{,}3 = 52{,}7 \text{ °C} \quad [11]$$

10. Температура вторичного пара в корпусе:

$$t_{ВП} = t_Р - \Delta_Ф = 52{,}7 - 1{,}2 = 51{,}5 \text{ °C} \quad [12]$$

По температурам пара находим в таблице LVII [1, с. 549] давления пара, энтальпии пара и конденсата, а по концентрациям раствора определяем теплоемкости. Полученные результаты — характеристики сока и пара - сводим в таблицу 2. Все дальнейшие расчеты в первом приближении проводим, используя значения, приведенные в этой таблице.

Таблица 2. Характеристики сока и пара.

Параметр	Значение
Концентрация сока В, %	5
Температура греющего пара $t_{ГП}$, ℃	100
Полезная разность температур Δt, ℃	40
Температура кипения раствора у середины греющих труб $t_{СР}$, ℃	60
Гидростатические потери $\Delta_Г$, ℃	7,3
Температура кипения раствора у верхнего уровня $t_Р$, ℃	52,7
Депрессионные потери $\Delta_Ф$, ℃	1,2
Температура вторичного пара $t_{ВП}$, ℃	51,5
Гидравлические потери $\Delta_С$, ℃	0
Давление греющего пара P_2, *Па*	98100
Энтальпия греющего пара *i'', Дж/кг*	2677000
Энтальпия конденсата *i', Дж/кг*	418000
Давление вторичного пара $P_{ВП}$, *Па*	14715
Энтальпия вторичного пара *i, Дж/кг*	2596000
Теплоемкость сока $C_С$, *Дж/(кг*К)*	3420

11. Уравнение теплового баланса выпарного аппарата выглядит следующим образом:

$$Q + G_H c_H t_H = G_K c_K t_K + W i_{\text{ВП}} + Q_{\text{ПОТ}} \pm Q_{\text{Д}} \quad [13]$$

где Q - расход теплоты на выпаривание, Вт,

c_H, c_K - удельная теплоемкость начального (исходного) и конечного (упаренного) раствора, Дж/(кг*К),

$t_H = t_K = 60$ - температура начального раствора на входе в аппарат и конечного на выходе из аппарата при верхней разгрузке, т.к. раствор поступает в аппарат при температуре кипения, то $t_H = t_K = 60$℃.

$i_{ВП}$ - удельная энтальпия вторичного пара на выходе из аппарата, Дж/кг,

$Q_{ПОТ}$- расходы теплоты на компенсацию потерь в окружающую среду, Вт,

$Q_Д$ - теплота дегидратации, Вт.

Из уравнения теплового баланса, учитывая, что расход теплоты на компенсацию потерь в окружающую среду $Q_{ПОТ}$ принимаем в размере 3% , получаем расход теплоты на выпаривание:

$$Q = [W(t_{\text{ВП}} - \text{c}_\text{В} t_K)] * 1{,}03,$$

Где $c_В = 4190$*Дж/(кг. К)* - удельная теплоемкость воды при $t_{КОН}$, $t_К = 60°C$

$$Q = \left[\frac{90}{3600}(2596000 - 4190 * 60)\right] * 1{,}03 = 60373\ Вт$$

12. Поверхность нагрева непрерывно действующего выпарного аппарата определяется на основе уравнения теплопередачи:

$$F = \frac{Q}{K\Delta t_{\text{ПОЛ}}} = \frac{60373}{935 * 40} = 1{,}6\ \text{м}^2 \quad [14]$$

где Q- тепловая нагрузка аппарата, Вт,

К - коэффициент теплопередачи, ВТ,

$\Delta t_{\text{ПОЛ}}$- движущая сила процесса (полезная разность температур), ℃. Полезная разность температур в выпарном аппарате $\Delta t_{\text{ПОЛ}}$ представляет собой разность температуры конденсации греющего пара $t^{ГП}$ и температурой кипения выпариваемого раствора $t^{КИП}$:

$$\Delta t_{\text{ПОЛ}} = t^{\text{ГП}} - t^{\text{КИП}} = 100 - 60 = 40℃ \quad [15]$$

Коэффициент теплопередачи в пищевой промышленности рассчитывают по эмпирической формуле:

$$K = \frac{2500}{e^{0,023+0,024B_{CP}}} = \frac{2500}{e^{0,023+0,024*40}} = 935 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} * \text{К} \quad [16]$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 3.

Таблица 3. Результаты расчетов.

Параметр	Значение
Количество выпариваемой воды, кг/ч	90
Полезная разность температур, ℃	40
Тепловая нагрузка аппарата, Вт	60373
Коэффициент теплопередачи, Вт /(м^2*К)	935
Поверхность нагрев, м^2	1,6

13. Расход греющего пара:

$$G_{\text{ГП}} = \frac{Q_{\text{ГП}}}{r_{\text{ГП}}} = \frac{60373}{2455000} = 0,02 \text{ кг/с} = 72 \text{ кг/ч} \quad [17]$$

Где $r_{ГП} = 2455000Дж / кг$ - удельная теплота парообразования греющего пара при абсолютном давлении греющего пар $Р_{АБС}$ = 0,02МПа.

2.2 Конструктивный расчет выпарного аппарата.

2.2.1. Определение числа трубок, высоты и диаметра греющей камеры и сепарационного пространства.

Этот этап включает:

Определение числа трубок;

Размещение трубок на решетке;

Определение диаметра корпуса;

Расчет парового пространства;

Число трубок находим исходя из определенной поверхности теплообмена F. Тогда из зависимости $F = \pi dLn$ (где d и L – диаметр и длина трубки в м) находим число трубок n.

Длина трубок L=1,5м

Диаметр трубок выбираем d=*20 x 2* мм

Число трубок из приведенной зависимости будет равно:

$$n = \frac{F}{\pi * d * L} = \frac{1{,}6}{3{,}14 * 0{,}02 * 1{,}5} = 17\text{штук} \qquad [18]$$

Для более удобного размещения выбираем число трубок равное n=19 штук.

Величина минимального шага между трубами в трубной решетке составит:

*t=1,3d_H=1,3*20=26мм.*

В соответствии с рядом базовых диаметров, целесообразно принять диаметр цилиндрической обечайки выпарного аппарата: $D_B = 150\text{мм}$

Размещение труб в трубной решетке производится по вершинам равносторонних треугольников, так как оно является наиболее рациональным: при одном и том же шаге между трубами на решетке помещается максимальное количество труб.

Толщина трубной стальной решетки определяется:

$$S_T = \frac{d_H}{8} + 5\text{мм} = \frac{20}{8} + 5 \text{ мм} = 7{,}5 \text{ мм}$$

Паровое пространство (сепаратор) выпарного аппарата должно иметь такие размеры, чтобы вторичный пар полностью отделялся от капелек упаренного раствора.

Важным показателем работы выпарной установки является скорость витания капли в паровом пространстве, время нахождения в нем пара и скорость пара. Если скорость пара больше скорости витания капли, последняя движется вверх и уносится из аппарата.

Скорость витания капли:

$$v_B = \sqrt{\frac{4g(\rho_1 - \rho_2)d_K}{3\varepsilon\rho_2}} \qquad [19]$$

где $\rho_1 = 983$ кг/м^3 и $\rho_2 = 0{,}1283$ кг/м^3 – соответственно объемная масса жидкости и пара найдены по таблицам XXXIX и LVII [1, с.537, 549].

$d_K = 0{,}0003$ м - диаметр капли,

ε – коэффициент сопротивления: при $R_e > 500$ $\varepsilon = 0{,}44$.

Критерий Рейнольдса определяется по формуле:

$$V = G_{\text{ГП}} * v = 60373 * 1{,}675 = 101124 \text{ м}^2/\text{ч} \qquad Re = \frac{v_\text{П} d_K}{v_\text{П}} \qquad [20]$$

где $V_\text{П} = 0{,}295 * 10^{-6}\text{м}^2/\text{с}$ - кинематическая вязкость пара,

$v_{\text{П}} = \frac{4V}{\pi D_K^2}$ – скорость пара в надсоковом пространстве,

где V – количество пара,

$D_K = 0{,}15 * 1{,}5 = 0{,}225\text{м}$ - диаметр парового пространства принимаем равным $D_K = 0{,}25\text{м}$

$$V = G_{\text{ГП}} * v = 0{,}02 * 1{,}675 = 0{,}03\text{м}^3/\text{с}\ , \qquad [21]$$

где $v = 1{,}675$ - удельный объем пара.

Определяется скорость пара в надсоковом пространстве:

$$v_{\text{П}} = \frac{4 * 0{,}03}{\pi * 0{,}25^2} = 0{,}61\text{м}^2/\text{с}$$

Тогда критерий Рейнольдса будет равен:

$$Re = \frac{0{,}61 * 0{,}0003}{0{,}295 * 10^{-6}} = 621 > 500$$

Из найденного критерия Рейнольдса следует $\varepsilon = 0{,}44$.

Определим скорость витания капли:

$$v_B = \sqrt{\frac{4 * 9{,}81(983 - 0{,}1283)0{,}0003}{3 * 0{,}44 * 0{,}1283}} = 4{,}13\text{м}^2/\text{с}.$$

Для нормальной работы установки необходимо, чтобы соблюдалось условие $v_{\text{В}} > v_{\text{П}}$, то есть $4{,}13\text{м}^2/\text{с} > 0{,}61\text{м}^2/\text{с}$. Условие нормальной работы установки выполняется.

Объем пространства вторичного пара:

$$V = \frac{W}{\rho A} = \frac{90}{0{,}1283 * 14000} = 0{,}05\ \text{м}^3, \qquad [22]$$

где *W=90 кг/ч* - количество вторичного пара,

$\rho = 0{,}1283$ кг/м^3 – объемная масса вторичного пара,

A= 14000…16000 м^3/м^3*ч – напряжение парового пространства (вторичного пара) для пищевых заводов [3, с.80]

Зная объем парового пространства и его диаметр, находим высоту:

$$H_{\text{П}} = \frac{4V}{\pi D_K^2} = \frac{4 * 0{,}05}{3{,}14 * 0{,}25^2} = 1 \text{ м.} \qquad [23]$$

Принимаем размеры парового пространства (сепаратора) равными:

$$D_{\text{п}} = 0{,}25\text{м и } H_{\text{п}} = 1\text{м.}$$

2.2.2 Расчет диаметра циркуляционной трубы.

Диаметр циркуляционной трубы рассчитываем исходя из сечения всех трубок:

$$S = \frac{\pi d_{\text{Н}}^2}{4} * = \frac{3{,}14 * 20^2}{4} * 19 = 5966 \text{ мм}^2 \qquad [24]$$

Диаметр циркуляционной трубы:

$$D_{\text{Ц}} = \sqrt{\frac{4 * S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 5966}{3{,}14}} = 87 \text{ мм} \qquad [25]$$

По рекомендуемому сортаменту бесшовных труб по ГОСТ 8734-58 и 8732-58 из углеродистой, низколегированной и легированной сталей для трубопроводов химических производств на $\text{P}_\text{у} \leq 10$ МПа $\left[6, \text{ табл. } 2.34, \text{ с. } 121\right]$ выбираем бесшовную трубу

$$D_{\text{Н}} = 89\text{мм}$$

$$s = 4{,}5\text{мм}$$

$$D_{\text{у}} = 80\text{мм}$$

2.2.3 Подбор штуцеров.

Подбор штуцеров для ввода исходного раствора в выпарной аппарат:

Объемный расход исходного раствора:

$$V_{\text{ИР}} = \frac{G_{\text{Н}}}{\rho} = \frac{100}{930 * 3600} = 0{,}00003 \text{ м}^3/\text{с} \quad [26]$$

Зададим ориентировочной скоростью движения по таблице 1.1. $[1,\ \text{с.}\,17]$

$$\omega_{\text{ГП}} = 0{,}2 \text{ м/с}.$$

Диаметр штуцера:

$$d_{\text{ИР}} = \sqrt{\frac{V_{\text{ИР}} * 4}{\pi * \omega_{\text{ИР}}}} = \sqrt{\frac{0{,}00003 * 4}{3{,}14 * 0{,}2}} = 0{,}014\text{м}. \quad [27]$$

По рекомендуемому сортаменту бесшовных труб по ГОСТ 9940-62 и 9941-62 из высоколегированной нержавеющей и кислотостойкой сталей для трубопроводов химических производств на $\text{P}_\text{у} \leq 10$ МПа $[6,\ \text{табл. 2.35},\ \text{с.}\,121]$ выбираем бесшовную трубу

$$D_{\text{Н}} = 25\text{мм}$$

$$s = 2{,}5\text{мм}$$

$$D_{\text{у}} = 20\text{мм}$$

Подбор штуцера для ввода греющего пара выпарного аппарата:

Объемные расходы греющего пара:

$$V_{\text{ГП}} = \frac{G_{\text{ГП}}}{\rho_{\text{ГП}}} = \frac{72}{0{,}597 * 3600} = 0{,}03 \text{ м}^3/\text{с}$$

Зададим ориентировочной скоростью движения по таблице 1.1. $[1,\ с.17]$

$$\omega_{ГП} = 20\ м/с.$$

Диаметр штуцера:

$$d_{ИР} = \sqrt{\frac{V_{ИР} * 4}{\pi * \omega_{ИР}}} = \sqrt{\frac{0{,}03 * 4}{3{,}14 * 0{,}2}} = 0{,}044м.$$

По рекомендуемому сортаменту бесшовных труб по ГОСТ 9940-62 и 9941-62 из высоколегированной нержавеющей и кислотостойкой сталей для трубопроводов химических производств на $P_у \leq 10$ МПа $[6,\ табл.\ 2.35,\ с.121]$ выбираем бесшовную трубу

$$D_Н = 56мм$$

$$s = 4мм$$

$$D_у = 50мм$$

Подбор штуцера для вывода конденсата из выпарного аппарата:

Объемные расходы конденсата:

$$V_{КОНД} = \frac{G_{ГП}}{\rho_{ГП}} = \frac{72}{58 * 3600} = 0{,}00002\ м^3/с$$

Зададим ориентировочной скоростью движения по таблице 1.1. $[1,\ с.17]$

$$\omega_{КОНД} = 0{,}2\ м/с.$$

Диаметр штуцера:

$$d_{КОНД} = \sqrt{\frac{V_{КОНД} * 4}{\pi * \omega_{КОНД}}} = \sqrt{\frac{0{,}00002 * 4}{3{,}14 * 0{,}2}} = 0{,}012м.$$

По рекомендуемому сортаменту бесшовных труб по ГОСТ 9940-62 и 9941-62 из высоколегированной нержавеющей и кислотостойкой сталей для трубопроводов химических производств на $P_у \leq 10$ МПа $[6, \text{табл. } 2.35, \text{с. } 121]$ выбираем бесшовную трубу

$$D_Н = 25\text{мм}$$

$$s = 2{,}5\text{мм}$$

$$D_у = 20\text{мм}$$

Подбор штуцера для вывода вторичного пара из парового пространства:

Объемные расходы вторичного пара

$$V_{ВП} = \frac{G_{ВП}}{\rho_{ВП}} = \frac{90}{0{,}597 * 3600} = 0{,}04 \text{ м}^3/\text{с}$$

Зададим ориентировочной скоростью движения по таблице 1.1. $[1, \text{с. } 17]$

$$\omega_{КОНД} = 020 \text{ м/с.}$$

Диаметр штуцера:

$$d_{ВП} = \sqrt{\frac{V_{ВП} * 4}{\pi * \omega_{ВП}}} = \sqrt{\frac{0{,}04 * 4}{3{,}14 * 20}} = 0{,}05\text{м.}$$

По рекомендуемому сортаменту бесшовных труб по ГОСТ 9940-62 и 9941-62 из высоколегированной нержавеющей и кислотостойкой сталей для трубопроводов химических производств на $P_у \leq 10$ МПа $[6, \text{табл. } 2.34, \text{с. } 121]$ выбираем бесшовную трубу

$$D_Н = 56\text{мм}$$

$$s = 4\text{мм}$$

$$D_у = 50\text{мм}$$

Подбор штуцера для вывода упаренного концентрата из парового пространства:

Диаметр штуцера для вывода концентрата подбираем конструктивно по рекомендуемому сортаменту бесшовных труб по ГОСТ 9940-62 и 9941-62 из высоколегированной нержавеющей и кислотостойкой сталей для трубопроводов химических производств на $P_у \leq 10$ МПа $[6, \text{табл. } 2.34, \text{с. } 121]$ выбираем бесшовную трубу

$$D_н = 25\text{мм}$$

$$s = 2{,}5\text{мм}$$

$$D_у = 20\text{мм}$$

2.2.4 Выбор конструктивного материала

Для корпуса выпарного аппарата, трубных решеток, трубного пучка, то есть для всех элементов, взаимодействующих с концентратом, выбираем высоколегированную сталь 12Х18Н10Т. Из обозначения марки стали следует, что она содержит 0,12% углерода, 18% хрома, 10% никеля и до 1,5% титана.

Для всех остальных элементов выпарной установки используем сталь углеродистую обыкновенного качества ВСт3. Из обозначения марки следует, что эта сталь относится к группе В и поставляется по механическим свойствам и химическому составу.

2.3 Механический расчет.

2.3.1 Расчет толщины стенки корпуса, днища и крышки греющей камеры выпарного аппарата

1. Исходные данные необходимые для расчета. Высота цилиндрической обечайки выпарного аппарата из технологического расчета:

H = *1,5 м*

Срок эксплуатации аппарата: $\tau = 15лет.$

Поправочный коэффициент, т.к. аппарат изготовлен из листового проката

$\eta = 1.$

Коэффициент запаса прочности в рабочем состоянии, при испытаниях:

$n_y = 2,4$

$n_{yu} = 1,8$

Модуль упругости при рабочей температуре и температуре 20С:

$E = E_{20} = 2*10^{11} Па$

Допускаемое напряжение в рабочем состоянии:

$[\sigma] = \sigma * \eta = 152*10^6*1 = 152*10^6$ Па.

Допускаемое напряжение при гидравлических испытаниях:

$[\sigma]_u = \sigma_{T20}/1,1 = 240*10^6/1,1 = 218.2*10^6$ Па.

Расчетное давление:

$P_P = P = 0,1МПа.$

Пробное давление при гидростатических испытаниях:

$$P_p = max\begin{pmatrix} 1,25 * P_{pu} * \frac{\sigma_{20}}{[\sigma]} \\ P_{pu} + 0,1 * 10^6 Pa \end{pmatrix} = max\begin{pmatrix} 1,25 * 0,1 * 10^6 * \frac{160 * 10^6}{152 * 10^6} \\ 0,1 * 10^6 + 0,1 * 10^6 \end{pmatrix}$$

$$= max\begin{pmatrix} 0,13 * 10^6 \\ 0,2 * 10^6 \end{pmatrix} \quad [28]$$

$P_{u=} 0,2*10_6 Па$

Коэффициент прочности сварных швов обечайки φ= 1, т.к. принято, что швы с двусторонним сплошным проваром выполняются автоматической сваркой:

$\varphi = 1$

2. Прибавка к номинальной расчетной толщине стенки:

Суммарная прибавка в общем виде:

$c = c_к + c_э + c_{д0}$ [29]

Прибавка на коррозию или другой вид химического воздействия рабочей среды на материал:

$c_к = П*\tau = 0,1*15 = 1,5$ *мм* . [30]

Прибавка на эрозию или другой вид механического воздействия рабочей среды на материал:

$c_э$= *0мм.*

Дополнительная прибавка по технологическим, монтажным и другим соображениям:

$c_д$ = *0мм.*

c=1,5+0+0=1,5мм

3.Расчет толщины стенки цилиндрической обечайки. Расчетная и исполнительная толщины стенки цилиндрической обечайки:

$$s_P = \frac{D * P_P}{2 * [\sigma] * \varphi - P_P} = \frac{0,15 * 0,1 * 10^6}{2 * 152 * 10^6 * 1 - 0,1 * 10^6} = 0,00005 \text{ м} \quad [31]$$

$$s_u = \frac{D * P_u}{2 * [\sigma]_u * \varphi - P_u} = \frac{0,15 * 0,2 * 10^6}{2 * 218,2 * 10^6 * 1 - 0,2 * 10^6} = 0,00007 \text{ м} \quad [32]$$

$s=s_u+c+c_0$=0,00007+0,00157м

По конструктивным соображениям принимаем толщину стенки обечайки равной:

s = 0.004м

Условие применимости формул выполняется, т.к.:

$$\frac{s-c}{D} \leq 0{,}1$$

$$\frac{s-c}{D} = 0{,}016 < 0{,}1$$

Таким образом, при принятой толщине стенки s = 0,004м обеспечивается прочность цилиндрической обечайки выпарного аппарата, как в рабочем состоянии, так и в условиях испытания.

4. Расчет толщины стенки стандартного эллиптического днища (крышки): Исполнительную толщину стенки определим по формуле (5.,с.20):

$$s = max\left\{\frac{P_P * D}{(2 * \varphi * [\sigma] - 0{,}5 * P_p}; \frac{P_P * D}{(2 * \varphi * [\sigma]_u - 0{,}5 * P_u)}\right\} \quad [33]$$

$$s_1 \geq s_R + c$$

$$s = 0{,}0011 \text{ м}$$

$$s + c = 0{,}0011 + 0{,}0015 = 0{,}0026 \text{ м}$$

Принимаем $s_{1=}0{,}004$ *м*

Допускаемое давление из условия прочности:

В рабочем состоянии

$$[P]_\sigma = \frac{2 * [\sigma] * (s_1 - c)}{D + (s - c)} = \frac{2 * 152 * 10^6(0{,}004 - 0{,}0015)}{0{,}15 + (0{,}004 - 0{,}0015)} = 4{,}9 * 10^6 \text{ Па} \quad [34]$$

В условиях испытаний

$$[P]_{\sigma u} = \frac{2 * [\sigma]_u * (s - c)}{D + (s - c)} = \frac{2 * 218{,}2 * 10^6(0{,}004 - 0{,}0015)}{0{,}15 + (0{,}004 - 0{,}0015)}$$

$$= 5{,}9 * 10^6 \text{ Па} \quad [35]$$

Допускаемое давление из условия устойчивости в пределах упругости:

в рабочем состоянии

$$[P]_E = \frac{18 * 10^{-6} * E}{n_y} * \frac{D}{L} * \left[\frac{100(s-c)}{D}\right]^2 * \sqrt{\frac{100(s-c)}{D}}$$

$$= \frac{18 * 10^{-6} * 2 * 10^{11}}{2{,}4} * \frac{0{,}15}{1{,}5} * \left[\frac{100(0{,}004-0{,}0015)}{0{,}15}\right]^2$$

$$* \sqrt{\frac{100(0{,}004-0{,}0015)}{0{,}15}} = 0{,}5 * 10^6 \text{Па} \qquad [36]$$

в условиях испытания

$$[P]_{Eu} = \frac{18 * 10^{-6} * E_{20}}{n_{yu}} * \frac{D}{L} * \left[\frac{100(s-c)}{D}\right]^2 * \sqrt{\frac{100(s-c)}{D}}$$

$$= \frac{18 * 10^{-6} * 2 * 10^{11}}{1{,}8} * \frac{0{,}15}{1{,}5} * \left[\frac{100(0{,}004-0{,}0015)}{0{,}15}\right]^2$$

$$* \sqrt{\frac{100(0{,}004-0{,}0015)}{0{,}15}} = 0{,}7 * 10^6 \text{Па} \qquad [37]$$

Допускаемое наружное давление с учетом двух условий:

в рабочем состоянии

$$[p] = \frac{[p]_\sigma}{\sqrt{1 + \left(\frac{[p]_\sigma}{[p]_E}\right)^2}} = \frac{4{,}9 * 10^6}{\sqrt{1 + \left(\frac{4{,}9 * 10^6}{0{,}5 * 10^6}\right)^2}} = 0{,}5 * 10^6 \text{ Па} \qquad [38]$$

в условиях испытаний

$$[p] = \frac{[p]_{\sigma u}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[p]_{\sigma u}}{[p]_{Eu}}\right)^2}} = \frac{5{,}9 * 10^6}{\sqrt{1 + \left(\frac{5{,}9 * 10^6}{0{,}7 * 10^6}\right)^2}} = 0{,}7 * 10^6 \text{ Па} \qquad [39]$$

Условие устойчивости эллиптического днища (крышки) выпарного аппарата толщиной s_1=0,004 м выполняется для рабочего состояния:

$$P_P < [p] \quad (0{,}1 * 10^6 \text{ Па} < 0{,}5 * 10^6 \text{ Па})$$

$$P_u < [p]_u \quad (0{,}2 * 10^6 \text{ Па} < 0{,}7 * 10^6 \text{ Па})$$

По полученным данным выбираем стандартное днище эллиптическое отбортованное стальное (по ГОСТ 6533-68) по тпбл. 16.3 [6,с.444];

Днище 159×4 – 25 – 12Х18Н10Т ГОСТ6533 – 68.

$D_в$=150 мм – внутренний диаметр*;*

s=4 мм – толщина стенки;

h=25 мм – высота борта;

$h_в$=40 мм – высота верхней части;

$F_в$=0,036 м^2- внутренняя поверхность*;*

*V=0,87*10^{3}м^3* – емкость;

M=1,2 кг – масса днища.

2.3.2 Расчет толщины стенки корпуса, днища и крышки сепарационного пространства выпарного аппарата.

1. Исходные данные необходимые для расчета сепаратора.

Срок эксплуатации аппарата: τ=15 лет.

Высота цилиндрической обечайки из технологического расчета:

l=1м

Поправочный коэффициент, т.к. аппарат изготовлен из листового проката η=1.

Допускаемое напряжение для рабочего состояния:

$$[\sigma] = \sigma * \eta = 152 * 10^6 * 1 = 152 * 10^6 \text{Па}$$

Допускаемое напряжение при гидравлических испытаниях:

$$[\sigma]_u = \frac{\sigma_{\tau 20}}{1{,}1} = \frac{200 * 10^6}{1{,}1} = 181{,}8 * 10^6 \text{ Па}.$$

Расчетное давление:

$$P_p = P = 0{,}1 \text{ МПа}.$$

Пробное давление при гидравлических испытаниях:

$$P_u = max \begin{pmatrix} 1{,}25 * P_{pu} * \frac{\sigma_{20}}{[\sigma]} \\ P_{pu} + 0{,}1 * 10^6 \, Pa \end{pmatrix} = max \begin{pmatrix} 1{,}25 * 0{,}1 * 10^6 * \frac{160 * 10^6}{152 * 10^6} \\ 0{,}1 * 10^6 + 0{,}1 * 10^6 \end{pmatrix}$$

$$= max \begin{pmatrix} 0{,}13 * 10^6 \\ 0{,}2 * 10^6 \end{pmatrix} \text{Па}$$

$$P_u = 0{,}2 * 10^6 \text{ Па}$$

Коэффициент прочности сварных швов, т.к. принято, что швы с двухсторонним сплошным проваром выполняются автоматической сваркой**:**

φ = 1

2. Прибавка к номинальной расчетной толщине сепаратора.

Суммарная прибавка в общем виде:

$c = c_к + c_э + c_д$.

Прибавка на коррозию или другой вид химического воздействия рабочей среды на материал:

$$c_к = П*\tau = 0,1*15 = 1,5 \text{ мм.}$$

Прибавка на эрозию или другой вид механического воздействия рабочей среды на материал:

$$c_э = 0 \text{ мм}$$

Дополнительная прибавка по технологическим, монтажным и другим соображениям:

$c_д = 0$мм

Прибавка на округление размера:

c = 1.5+ 0 + 0 = 1,5мм

3.Расчет толщины цилиндрической обечайки сепаратора. Расчетная и исполнительная толщины стенки цилиндрической обечайки:

$$s_p = \frac{D * P_p}{2 * [\sigma] * \varphi - P_p} = \frac{0,25 * 0,1 * 10^6}{2 * 152 * 10^6 - 0,1 * 10^6} = 0,00008 \text{ м}$$

$$s_u = \frac{D * P_u}{2 * [\sigma]_u * \varphi - P_u} = \frac{0,25 * 0,2 * 10^6}{2 * 181,8 * 10^6 - 0,2 * 10^6} = 0,00013 \text{ м}$$

$$s = s_u + c + c_0 = 0,00013 + 0,0015 = 0,00163 \text{ м}$$

По конструктивным соображениям принимаем толщину стенки обечайки равной:

$$s = 0,004 \text{ м}$$

Условие применимости формул выполняется, т.к.:

$$\frac{s - c}{D} \leq 0,1$$

$$\frac{s - c}{D} = 0,01 < 0,1$$

Таким образом, при принятой толщине стенки s = 0,004м обеспечивается прочность цилиндрической обечайки, как в рабочем состоянии, так и в условиях испытания.

Допускаемое внутреннее давление в обечайке

в рабочем состоянии

$$[P] = \frac{2 * [\sigma] * \varphi * (s - c)}{D + (s - c)} = \frac{2 * 152 * 10^6 * 1 * (0{,}004 - 0{,}0015)}{0{,}25 + (0{,}004 - 0{,}0015)}$$
$$= 3{,}01 * 10^6 \text{ Па}$$

Условие прочности выполняется, т.к. $[P] > P_P$ или $3{,}01*10^6 > 0{,}1*10^6$.

при гидравлических испытаниях

$$[P]_u = \frac{2 * [\sigma]_u * \varphi * (s - c)}{D + (s - c)} = \frac{2 * 181{,}8 * 10^6 * 1 * (0{,}004 - 0{,}0015)}{0{,}25 + (0{,}004 - 0{,}0015)}$$
$$= 3{,}6 * 10^6 \text{ Па}$$

Условие прочности выполняется, т.к. $[P]_u > P_u$ или $3{,}6*10^6 > 1{,}72*10^6$.

4.Расчет толщины стенки эллиптической крышки. Исполнительную толщину стенки определим по формуле (5, с.20):

$$s = max\left\{\frac{P_p * D}{(2 * \varphi * [\sigma] - 0{,}5 * P_p}; \frac{P_u * D}{(2 * \varphi * [\sigma]_u - 0{,}5 * P_u}\right\}$$

$$s_1 \geq s_p + c$$

$$s = 0{,}011 \text{ м}$$

$$s + c = 0{,}0011 + 0{,}0015 = 0{,}0026 \text{ м}$$

Принимаем $s_1 = 0{,}004$ м.

Расчетная формула применима при условии для эллиптических днищ:

$$0{,}002 \leq \frac{s-c}{D} \leq 0{,}1$$

В нашем случае условие выполняется:

$$\frac{s_1-c}{D} = \frac{0{,}004-0{,}0015}{0{,}250} = 0{,}01$$

$$0{,}002 < ,0{,}01 < 0{,}1$$

Допускаемое давление из условия прочности:

в рабочем состоянии

$$[P]_\sigma = \frac{2*[\sigma]*(s-c)}{D+(s-c)} = \frac{2*152*10^6*(0{,}004-0{,}0015)}{0{,}25+(0{,}004-0{,}0015)} = 3{,}01*10^6 \text{ Па}$$

в условиях испытания:

$$[P]_{\sigma u} = \frac{2*[\sigma]_u*(s-c)}{D+(s-c)} = \frac{2*181{,}8*10^6*(0{,}004-0{,}0015)}{0{,}25+(0{,}004-0{,}0015)} = 3{,}6*10^6 \text{ Па}$$

Допускаемое давление из условия устойчивости в пределах упругости:

в рабочем состоянии:

$$[P]_E = \frac{18*10^{-6}E}{n_y} * \frac{D}{L} * \left[\frac{100(s-c)}{D}\right]^2 * \sqrt{\frac{100(s-c)}{D}}$$

$$= \frac{18*10^{-6}*2*10^{11}}{2{,}4} * \frac{0{,}25}{1} * \left[\frac{100(0{,}004-0{,}0015)}{0{,}25}\right]^2$$

$$* \sqrt{\frac{100(0{,}004-0{,}0015)}{0{,}25}} = 0{,}37*10^6 \text{ Па}$$

в условиях испытания

$$[P]_{Eu} = \frac{18 * 10^{-6} E_{20}}{n_{yu}} * \frac{D}{L} * \left[\frac{100(s-c)}{D}\right]^2 * \sqrt{\frac{100(s-c)}{D}}$$

$$= \frac{18 * 10^{-6} * 2 * 10^{11}}{1{,}8} * \frac{0{,}25}{1} * \left[\frac{100(0{,}004 - 0{,}0015)}{0{,}25}\right]^2$$

$$* \sqrt{\frac{100(0{,}004 - 0{,}0015)}{0{,}25}} = 0{,}5 * 10^6 \text{ Па}$$

Допускаемое наружное давление с учетом двух условий:

в рабочем состоянии

$$[p] = \frac{[p]_\sigma}{\sqrt{1 + \left(\frac{p_\sigma}{p_E}\right)^2}} = \frac{4{,}9 * 10^6}{\sqrt{1 + \left(\frac{3{,}01 * 10^6}{0{,}37 * 10^6}\right)^2}} = 0{,}6 * 10^6 \text{ Па}$$

в условиях испытаний

$$[p] = \frac{[p]_{\sigma u}}{\sqrt{1 + \left(\frac{p_{\sigma u}}{p_{Eu}}\right)^2}} = \frac{4{,}9 * 10^6}{\sqrt{1 + \left(\frac{3{,}6 * 10^6}{0{,}5 * 10^6}\right)^2}} = 0{,}7 * 10^6 \text{ Па}$$

Условие устойчивости эллиптического днища (крышки) выпарного аппарата толщиной s_1=0,004 м выполняется для рабочего состояния:

$$P_p < [p] \quad (0{,}1 * 10^6 \text{ Па} < 0{,}6 * 10^6 \text{ Па})$$

в условиях испытаний

$$P_u < [p] \quad (0{,}2 * 10^6 \text{ Па} < 0{,}7 * 10^6 \text{ Па})$$

По полученным данным выбираем стандартное днище эллиптическое отбортованное стальное (по ГОСТу 6533-68) по табл. 16.1 и 16.2[6, с.440-443]:

Днище 273×4 – 25 – 12Х18Н10Т ГОСТ6533 – 68.

$D_в$=*250 мм* – внутренний диаметр;

s= 4 мм – толщина стенки;

h=25мм – высота борта;

$h_в$=*40мм* – высота верхней части;

$F_в$=*0,064 м*^{2} – внутренняя поверхность;

*V=2,06*10*^{3} *м*^{3} – емкость;

m= 2,1 кг – масса днища.

5. Расчет толщины конического днища.

Эффективные размеры конической обечайки:

$$l_E = \frac{D - D_0}{2sin\alpha_1} = \frac{0{,}25 - 0{,}15}{2sin45} = 0{,}058 \text{ м}, \qquad [40]$$

$$D_E = max\left\{\frac{D - D_0}{2cos\alpha_1}; \frac{D}{cos\alpha_1} - 0{,}31(D + D_0)\sqrt{\frac{D - D_0}{s_K - c}}tg\alpha_1\right\} \qquad [41]$$

$$D_E = max\left\{\frac{0{,}25 - 0{,}15}{2cos45}; \frac{0{,}25}{cos45} - 0{,}31(0{,}25 - 0{,}15)\sqrt{\frac{0{,}25 - 0{,}15}{0{,}004 - 0{,}0015}}tg45\right\}$$

$$= 0{,}413 \text{ м}$$

Толщина стенки в первом приближении определяется по формуле:

$$s_R = max\left\{K_2 D_E^{-2}; 1{,}1P\frac{D}{2[\sigma]}\right\} \qquad [42]$$

$$s_K \geq s_R + c$$

K_2=0,7

$$s_R = max\left\{0{,}7 * 0{,}413^{-2}; 1{,}1 * 0{,}1 * 10^6\frac{0{,}413}{2 * 152 * 10^6}\right\} = 0{,}0032\text{м}$$

$$s_R + \text{с} = 0{,}0032 + 0{,}0015 = 0{,}0047 \text{ м}$$

Принимаем толщину стенки обечайки s_K=*0,005 м*

Расчетная формула применима при отношении толщины стенки к диаметру для обечаек *D≥200мм:*

$$\frac{s_K - c}{D} \leq 0{,}1 .$$

В нашем случае условие применимости формулы выполняется :

$$\frac{0{,}005 - 0{,}0015}{0{,}25} = 0{,}014 \leq 0{,}1 .$$

Допускаемое давление из условия прочности определяется по формуле:

$$[P]_P = \frac{2[\sigma](s_K - c)}{\frac{D_K}{cos\alpha_1} + (s_K - c)} = \frac{2 * 152 * 10^6(0{,}005 - 0{,}0015)}{\frac{0{,}25}{cos45} + (0{,}005 - 0{,}0015)} = 2{,}2 * 10^6 \text{ Па} \quad [43]$$

Допускаемое давление из условия устойчивости в пределах упругости :

$$[p]_E = \frac{18 * 10^{-6}E}{n_u B_1} * \frac{D_E}{l_E} * \left[\frac{100(s_K - c)}{D_E}\right]^2 * \sqrt{\frac{100(s_K - c)}{D_E}} \quad [44]$$

Коэффициент B_1 определяется по формуле:

$$B_1 = min\left(1{,}0; 8{,}15 * \frac{D_E}{l_E} * \sqrt{\frac{100(s_K - c)}{D_E}}\right) \quad [45]$$

$$[P]_E = min\left(1{,}0; 8{,}15 * \frac{0{,}413}{0{,}058} * \sqrt{\frac{100(0{,}005 - 0{,}0015)}{0{,}413}}\right) = 1$$

$$[P]_E = \frac{18 * 10^6 * 2 * 10^{11}}{2{,}4 * 1} * \frac{0{,}413}{0{,}058} * \left[\frac{100(0{,}005 - 0{,}0015)}{0{,}413}\right]^2$$

$$* \sqrt{\frac{100(0{,}005 - 0{,}0015)}{0{,}413}} = 4{,}6 * 10^6 \text{Па}$$

Допускаемое наружное давление рассчитываем по формуле:

$$[p] = \frac{[p]_P}{\sqrt{1 + \left(\frac{[p]_P}{[p]_E}\right)^2}} = \frac{2{,}2 * 10^6}{\sqrt{1 + \left(\frac{2{,}2 * 10^6}{4{,}6 * 10^6}\right)^2}} = 2 * 10^6 \text{ Па} \quad [46]$$

Условие устойчивости конического днища выполняется:

$$P<[P] \;\; 0{,}1*10^6 \, Па < 2*10^6 \, Па.$$

Толщина стенки s_{2R} определяется по формуле:

$$s_{2R} = \frac{PD\beta_1}{2[\sigma]\varphi - P} * \frac{1}{cos\alpha_2} \quad [47]$$

$$s_2 \geq s_{2R} + c$$

В нашем случае соединяются коническая и цилиндрическая обечайки, поэтому

cos α_2= 1

Коэффициент β_1 = 0,5

$$s_{2R} = \frac{0{,}1 * 10^6 * 0{,}25 * 0{,}5}{2 * 152 * 10^6 - 0{,}1 * 10^6} * \frac{1}{1} = 0{,}00004 \text{ м}$$

$$s_{2R} + \text{с} = 0{,}00004 + 0{,}0015 = 0{,}00154 \text{ м}$$

Принимаем $s_2 = 0{,}005м$.

Толщина стенки второго элемента перехода производится с помощью отношения толщин стенок

$$\frac{s_1 - c}{s_2 - c}:$$

$$s_1 \geq \left\{\frac{s_1 - c}{s_2 - c}\right\} s_{2R} + c$$

$$\left\{\frac{s_1 - c}{s_2 - c}\right\} s_{2R} + c = \left\{\frac{0{,}005 - 0{,}0015}{0{,}005 - 0{,}0015}\right\} 0{,}00004 + 0{,}0015 = 0{,}0015 \text{ м}$$

Принимаем s_1 = 0,005м.

Допускаемое давление из условия прочности переходной части рассчитаем по формуле:

$$[P] = \frac{2[\sigma]\varphi(s_2 - c)}{\frac{D\beta_1}{cos\alpha_2} + (s_2 - c)} = \frac{2 * 152 * 10^6 * 1(0{,}005 - 0{,}0015)}{\frac{0{,}25 * 0{,}5}{1} + (0{,}005 - 0{,}0015)}$$

$$= 8{,}1 * 10^6 \text{ Па} \qquad [48]$$

Расчетные длины переходных частей для конических обечаек:

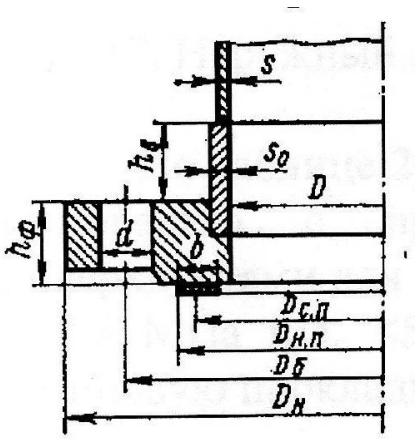
$$\alpha_1 = 0{,}7\sqrt{\frac{D}{cos\alpha_1}(s_1 - c)} = 0{,}7\sqrt{\frac{0{,}25}{cos45}(0{,}005 - 0{,}0015)} = 0{,}028 \text{ м}$$

$$\alpha_2 = 0{,}7\sqrt{\frac{D}{cos\alpha_2}(s_2 - c)} = 0{,}7\sqrt{\frac{0{,}25}{1}(0{,}005 - 0{,}0015)} = 0{,}021 \text{ м}$$

2.3.3 Расчет фланцевых соединений.

Расчет фланцевых соединений покажем на примере расчета фланца для ввода греющего пара выпарного аппарата штуцера *D = 56мм, s = 4м*. Фланцевое соединение рассчитываем в соответствии с ОСТ 26-01-1298-75 и РТМ 26-01-63-74. По таблице 1.36 [5,с.91] выбираем в соответствии с диаметром и внутренним давлением плоский приварной фланец, который представляет собой плоские кольца, приваренные к краю обечайки по ее периметру.

Рис.1. Плоский приварной фланец.



1. Расчетную температуру элементов фланцевого соединения устанавливаем в соответствии с данными табл.1.37[5,с.92]3 :

$t_Ф = t = 373K$— температура фланца;

$t_Б = 0,97 * t = 0,97*373 = 362K$ — температура болта.

2. Допускаемое напряжение для материала болтов определим по табл. 1.38[5, 93]. Материал болтов - сталь 35Х.

$[\sigma]_б = 230$ *МПа*

3.Толщина втулки фланца для плоского приварного фланца:

Принимаем $s_0 = 5мм$.

Проверяем выполнение двух условий:

$s_0 - s \leq 5 \qquad 1 < 5$

4. Высота втулки плоского приварного фланца:

$$h_B \geq 0,5\sqrt{D * (s_0 - c)};$$

$$0,5\sqrt{D * (s_0 - c)} = 0,5 * \sqrt{0,056 * (0,005 - 0,0015)} = 0,007 \text{ м;} \qquad [49]$$

Принимаем $h_B = 0,01м.$

5. Диаметр болтовой окружности:

$D_Б \geq D + 2 (2 * s_0 + d_Б + u)$ [50]

$u = 0,004м$ - нормативный зазор между гайкой и втулкой ;

$d = 0,02м$ - наружный диаметр болта выбирается по таблице 1.40 [5, с.94]

$D + 2 (2 * s_0 + d_Б + u) = 0,056+2*(0,005 + 0,02+0,004) = 0,096$ *м*

Принимаем D = 0,10м.

6.Наружный диаметр фланца:

$D_Н \geq D_Б + a$ [51]

а = 0,020м - конструктивная добавка для размещения гаек по диаметру фланца принимается по таблице 1.41 [5, с.95].

$D_E + a = 0,10 + 0,02 = 0,12м$

Принимаем $D_H = 0,12м.$

7. Наружный диаметр прокладки.

По таблице 20.1 [6, с.513] выбираем для агрессивной среды прокладочную обтюрацию с прокладкой прямоугольного сечения между плоскими поверхностями для инертной малоагрессивной среды с границами применения $P_C < 2,5$ МПа и $t_C < 540°C$. По табл.20.2 [6, с.515] выбираем 1 тип абтюрации, резиновую прокладку прямоугольного сечения.

Наружный диаметр прокладки:

$D_{Н.П.} = D_Б - e$ [52]

е = 30мм - нормативный параметр, зависящий от типа прокладки, принимаем по таблице 1.41 [5, с. 95].

$D_{Н.П.} = 0,10—0,030 = 0,07м.$

Принимаем $D_{Н.П.} = 0,07м.$

8. Средний диаметр прокладки.

$D_{С.П.} = D_{Н.П.} - b$ [53]

b = 12мм - ширина прокладки, принимаемая по таблице 1.42 [5, с. 96].

$D_{С.П} = 0,07-0,012 = 0,058$ м

9. Количество болтов, необходимое для обеспечения герметичности соединения**:**

$$n_б \geq \frac{\pi * D_Б}{t_Ш} \quad [54]$$

$t_Ш$ = (4,2/5)*$d_Б$ - рекомендуемый шаг расположения болтов, выбираемый в зависимости от давления по таблице 1.43[5, с. 97].

$t_Ш$ = 4,2*0,01 = 0,042 м

$n_б$ = 3, 14. 0,1/0,042 = 7,48

Принимаем $n_б$ = 8 (кратное 4).

10. Высота (толщина) фланца ориентировочно:

$$h_Ф \geq \lambda_Ф * \sqrt{D * s_{ЭК}} \qquad [55]$$

$\lambda_Ф$= 0,32 - принимается согласно рис. 140 [7, с. 97].

Эквивалентная толщина втулки

$$s_{ЭК} = s_0 * \left[1 + \frac{h_B * (\beta_1 - 1)}{h_B + 0{,}25 * (\beta_1 + 1) * \sqrt{D * s_0}}\right]$$

$$= 0{,}005 * \left[1 + \frac{0{,}01 * (1 - 1)}{0{,}01 + 0{,}25 * (1 + 1) * \sqrt{0{,}056 * 0{,}005}}\right]$$

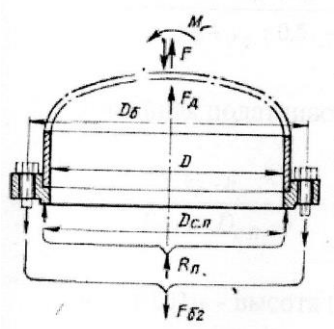
$$= 0{,}005 \text{ м} \qquad [56]$$

$$h_Ф \geq 0{,}32\sqrt{0{,}056 * 0{,}005} = 0{,}005 \text{ м}$$

Принимаем $h_Ф$=*0,005 м.*

11. Болтовая нагрузка, необходимая для обеспечения герметичности соединения определяется исходя из схемы нагружения, изображенной на рис.2. Расчет сводится к определению нагрузок для двух различных состояний: при монтаже и в рабочих условиях.

Рис.2. Схема действия нагрузок на фланец в рабочих условиях.



11.1 Болтовая нагрузка в условиях монтажа.

$$F_{б1} = max\begin{Bmatrix} k_{ж} * (F_{Д} \pm F) + R_{П} + 4 * \dfrac{M}{D_{С.П.}} \\ 0{,}5 * \pi * D_{С.П.} * b_0 * p_{ПР} \\ 0{,}4 * [\sigma]_{б20} * n_{б} * f_{б} \end{Bmatrix} \quad [57]$$

11.2 Внешняя растягивающая (+) или сжимающая (-) сила:

F=0

11.3 Внешний изгибающий момент:

M=0

11.4 Допускаемое напряжение для материала болтов при 20℃:

$[\sigma]_{б20}$*=230 МПа.*

11.5 Минимальное давление обжатия прокладки определяем по таблице 1.44 и 1.45 [5,с.98]:

$p_{ПР}$*=2Mna*

11.6 Расчетная площадь поперечного болта:

$f_б$=2,35*10^{-4} $м^2$

11.7 Равнодействующее внутреннее давление:

$$F_{Д} = \frac{P_P * \pi * D_{С.П.}^2}{4} = \frac{0{,}1 * 10^6 * 3{,}14 * 0{,}058^2}{4} = 264\ H. \quad [58]$$

11.8 Реакция прокладки:

$$R_{П} = \pi * D_{С.П.} * b_0 * k_{ПР} * P_p \quad [59]$$

$k_{ПР}$*=0,5* – коэффициент ,зависящий от материала и конструкции прокладки, выбираем по табл 1.44[5,с.98];

b_0=b – эффективная ширина прокладки.

$$R_{\text{П}} = 3{,}14 * 0{,}058 * 12 * 10^{-3} * 0{,}5 * 0{,}1 * 10^{6} = 109\ H.$$

11.9 Коэффициент жесткости фланцевого соединения:

$$k_{\text{ж}} = \frac{y_{\text{б}} * 0{,}5 * y_{\text{ф}} * (D_{\text{Б}} - D - s_{\text{ЭК}}) * (D_{\text{Б}} - D)}{y_{\text{П}} + y_{\text{б}} + 0{,}5 * y_{\text{ф}} * (D_{\text{Б}} - D_{C.\text{П.}})^2} \quad [60]$$

Линейна податливость прокладки:

$$y_{\text{П}} = \frac{k_{\text{П}} * h_{\text{П}}}{\text{E}_{\text{П}} * \pi * D_{\text{С.П.}} * b} \quad [61]$$

$h_{П}$*=0,003 м* – высота (толщина) прокладки;

$k_{П}$*=0,09* – коэффициент обжатия прокладки;

$E_{П}$*=9*10^6 Па* – модуль упругости материала прокладки.

$$y_{\text{П}} = \frac{0{,}09 * 0{,}003}{9 * 10^{6} * 3{,}14 * 0{,}058 * 0{,}012} = 1{,}4 * 10^{-8}\ \frac{\text{м}}{H}$$

Угловая податливость фланца:

$$y_{\text{ф}} = \frac{\left[1 - v(1 + 0{,}9 * \lambda'_{\text{ф}})\right]\varphi_2}{h_{\text{ф}}^3 * \text{E}} \quad [62]$$

*E=2*10^11 Па* – модуль упругости материала фланца;

$$\varphi_1 = 1{,}28 * lg\left(\frac{D_H}{D}\right) = 1{,}28 * lg\left(\frac{0{,}12}{0{,}056}\right) = 0{,}424 - \text{коэффициент;}$$

$$\varphi_2 = \frac{D_H + D}{D_H - D} = \frac{0{,}12 + 0{,}056}{0{,}12 - 0{,}056} = 2{,}75 - \text{коэффициент;}$$

$$\lambda'_{\text{ф}} = \frac{h_{\text{ф}}}{\sqrt{D * s_{\text{ЭК}}}} = 0{,}3 \quad [63]$$

$$v = \frac{1}{1 + 0{,}9 * \lambda'_{\text{ф}} * \left(1 + \frac{\varphi_1 * h_{\text{ф}}^3}{s_{\text{эк}}^2}\right)} = \frac{1}{1 + 0{,}9 * 0{,}3 * \left(1 + \frac{0{,}424 * 0{,}005^2}{0{,}005^2}\right)}$$

$$= 0{,}723 \qquad [64]$$

$$y_{\text{ф}} = \frac{[1 - 0{,}723(1 + 0{,}9 * 0{,}3)]1{,}16}{0{,}005^3 * 2 * 10^{11}} = 9{,}063 * 10^{-6}\ \frac{1}{H * \text{м}}$$

Линейная податливость болтов:

$$y_{\text{б}} = \frac{l_{\text{б}}}{E_{\text{б}} * f_{\text{б}} * n_{\text{б}}} \qquad [65]$$

$E_б=2{,}04*10^{11} Па$ – модуль упругости материала болтов;

$l_{б.0}=2*h_ф+h_П=2*0{,}005+0{,}003=0{,}013$ *м* – расстояние между опорными поверхностями головки болта и гайки.

Принимаем $l_{б.0}=0{,}015$ *м.*

$d=0{,}023$ *м* – диаметр отверстия под болт;

$l_б= l_{б.0}+0{,}28*d=0{,}015+0{,}28*0{,}022=0{,}021$ *м* – расчетная длина болта;

$$l_{\text{б}} = \frac{0{,}021}{2 * 10^{11} * 2{,}35 * 10^{-4} * 8} = 5{,}628 * 10^{-11}\,\frac{\text{м}}{H}.$$

$$k_{\text{ж}} = \frac{5{,}628 * 10^{-11} + 0{,}5 * 9{,}063 * 10^{-6} * (0{,}1 - 0{,}056 - 0{,}005) * (0{,}1 - 0{,}058)}{1{,}375 * 10^{-8} + 5{,}628 * 10^{-11} + 0{,}5 * 9{,}063 * 10^{-6} * (0{,}1 - 0{,}058)^2}$$

$$= 0{,}344;$$

$$F_{\text{б1}} = max\begin{Bmatrix} 0{,}344 * (264 \pm 0) + 109 \\ 0{,}5 * 3{,}14 * 0{,}058 * 12 * 10^{-3} * 2 * 10^6 \\ 0{,}4 * 230 * 10^6 * 8 * 2{,}35 * 10^{-4} \end{Bmatrix} = 17300\ H$$

12. Болтовая нагрузка в рабочих условиях

$$F_{\text{б2}} = F_{\text{б1}} + (1 - k_{\text{ж}}) * \left(F_{\text{Д}} \pm F\right) + F_t \qquad [66]$$

12.1 Коэффициенты расширения соответственно фланцев, болтов:

$$\alpha_{\text{ф}} = 16 * 10^{-6}\frac{1}{\text{К}}, \qquad \alpha_{\text{б}} = 16 * 10^{-6}\frac{1}{\text{К}}$$

12.2 Усилие, возникающее от температурных деформаций:

$$F_t = \frac{y_{\text{б}} * n_{\text{б}} * f_{\text{б}} * E_{\text{б}} * [\alpha_{\text{ф}} * t_{\text{ф}} - \alpha_{\text{б}} * t_{\text{б}}]}{y_{\text{П}} + y_{\text{б}} + 0{,}5 * y_{\text{ф}} * (D_{\text{б}} - D_{\text{С.П.}})^2}. \qquad [67]$$

$$F_t = \frac{5{,}628 * 10^{-11} * 8 * 2{,}35 * 10^{-4} * 2 * 10^{11}[16 * 10^{-6} * 373 - 16 * 10^{-6} * 362]}{1{,}372 * 10^{-8} + 5{,}628 * 10^{-11} + 0{,}5 * 9{,}063 * 10^{-6}(0{,}1 - 0{,}058)^2}$$

$$= 171\ H$$

$$F_{\text{б2}} = 173000 + (1 - 0{,}344) * (264 \pm 0) + 171 = 173300\ H$$

13. Условия прочности болтов:

$$\frac{F_{\text{б1}}}{n_{\text{б}} * f_{\text{б}}} \leq [\sigma]_{\text{б20}} \quad \text{и} \quad \frac{F_{\text{б2}}}{n_{\text{б}} * f_{\text{б}}} \leq [\sigma]_{\text{б}}$$

$[\sigma]_{100}=105\ МПа$ – допускаемое напряжение для материала болтов при расчетной температуре;

$[\sigma]_{б20}=110\ МПа$ – допускаемое напряжение для материала болтов при 20℃:

$$\frac{F_{\text{б1}}}{n_{\text{б}} * f_{\text{б}}} = \frac{173000}{8 * 2{,}35 * 10^{-4}} = 92\ \text{МПа} < 230\ \text{МПа}$$

$$\frac{F_{\text{б2}}}{n_{\text{б}} * f_{\text{б}}} = \frac{173300}{8 * 2{,}35 * 10^{-4}} = 92{,}18\ \text{МПа} < 230\ \text{Мпа}$$

Условие прочности болтов выполняется.

14. Условие прочности неметаллических прокладок.

$$\frac{F_{\text{б}max}}{\pi * D_{\text{С.П.}} * b} \leq [p_{\text{ПР}}] \qquad [68]$$

$[p_{ПР}]$=20 МПа – допускаемое давление на прокладку определяем по таблице 1.44[7,с.97].

$$F_{бmax} = max\{F_{б1}, F_{б2}\} = max\{173000\ H, 173300 H\} = 173300\ H$$

$$\frac{173300}{3{,}14 * 0{,}058 * 0{,}012} = 18{,}4\ \text{МПа} < 20\ \text{Мпа}$$

15. Условие прочности втулки фланца для сечения, ограниченного размером s_0:

$$\sqrt{(\sigma_0 + \sigma_m)^2 + \sigma_t^2 - (\sigma_0 + \sigma_m)\sigma_t} \leq \emptyset[\sigma]_0 \qquad [69]$$

$\sigma_0 = f_\phi \sigma_1$ – максимальное напряжение в сечении, ограниченном размером s_0;

$\sigma_1 = \frac{T_\text{ф} M_0 v}{D^*(s_1 - c)^2}$ – напряжение в сечении, ограниченном размером s1;

$$D^* = D + s_0 = 0{,}085\ \text{м}$$

$T_\text{ф} = \frac{D_H^2\left[1 + 8{,}55lg\left(\frac{D_H}{D}\right)\right] - D^2}{(1{,}05D^2 + 1{,}945D_H^2)\left(\frac{D_H}{D} - 1\right)}$ – Безразмерный параметр; [70]

$$T_\text{ф} = \frac{0{,}12^2\left[1 + 8{,}55lg\left(\frac{0{,}12}{0{,}056}\right)\right] - 0{,}056^2}{(1{,}05 * 0{,}056^2 + 1{,}945 * 0{,}12^2)\left(\frac{0{,}12}{0{,}056} - 1\right)} = 1{,}454$$

Приведенный изгибающий момент:

$$M_0 = max\left\{\begin{matrix} 0{,}5(D_\text{Б} - D_\text{С.П.})F_\text{Б1} \\ 0{,}5\left[(D_\text{Б} - D_\text{С.П.})F_\text{Б2} + (D_\text{С.П.} - D - s_\text{ЭК})F_\text{Д}\right][\sigma]_{20}/[\sigma] \end{matrix}\right\} = 3821\ H \qquad [71]$$

$$\sigma_1 = \frac{1{,}454 * 3831 * 0{,}723}{0{,}056(0{,}005 - 0{,}0015)^2} = 265\ \text{МПа}$$

$$\sigma_0 = 1 * 265 = 265\ \text{МПа}$$

Тангенциальное напряжение во втулке фланца от внутреннего давления:

$$\sigma_t = \frac{P_p * D}{2(s_0 - c)} = \frac{0{,}1 * 10^6 * 0{,}056}{2(0{,}005 - 0{,}0015)} = 0{,}8 \text{ МПа} \quad [72]$$

Меридиональное напряжение во втулке фланца от внутреннего давления:

$$\sigma_m = \frac{P_p * D}{4(s_0 - c)} = \frac{0{,}1 * 10^6 * 0{,}056}{4(0{,}005 - 0{,}0015)} = 0{,}4 \text{ МПа} \quad [73]$$

Допускаемое напряжение для фланца:

$$[\sigma]_0 = 0{,}003E = 0{,}003 * 2 * 10^{11} = 600 \text{ МПа}$$

$$\sqrt{(\sigma_0 + \sigma_m)^2 + \sigma_t^2 - (\sigma_0 + \sigma_m)\sigma_t} = 265{,}6 \text{ МПа}$$

$$\emptyset[\sigma]_0 = 600 \text{ МПа}$$

265,6 МПа<600 МПа

Условие прочности втулки фланца для сечения , ограниченного размером s_0 выполняется.

16. Условие герметичности фланцевого соединения:

$$\theta = \left(\frac{\sigma_к}{\text{E}}\right)\left(\frac{D}{h_ф}\right) \leq [\theta] \quad [74]$$

Максимальное напряжение в кольце фланца:

$$\sigma_к = \frac{M_0\left[1 - v\left(1 + 0{,}9\lambda'_ф\right)\right]\emptyset_2}{Dh_ф^2} = \frac{1733000[1 - 0{,}723(1 + 0{,}9 * 0{,}299)]2{,}75}{0{,}056 * 0{,}005}$$

$$= 28{,}03 \text{ МПа} \quad [75]$$

Допускаемый угол поворота фланца:

$$[\theta] = 0{,}013 \text{ рад}$$

$$\theta = \left(\frac{\sigma_к}{E}\right)\left(\frac{D}{h_ф}\right) = \left(\frac{28{,}03}{2 * 10^5}\right)\left(\frac{0{,}056}{0{,}005}\right) = 0{,}001 \text{ рад} \leq 0{,}013 \text{рад}$$

Условие герметичности фланцевого соединения выполняется

Таблица 4. Таблица фланцевых соединений

Параметр	Значение				
	Для ввода греющего пара	Для входа исх. раствора, выхода конденсата	Для крышки сепарационного пространства	Для вывода вторичного пара	Для днища греющей камеры
Диаметр D, мм	56	25	250	108	150
Толщина стенки s,мм	4	2,5	4	4	4
Толщина втулки фланца s_0, мм	5	4	5	5	5
Высота втулки фланца $h_В$,мм	10	5	15	10	15
Диаметр болтовой окружности $D_Б$, мм	100	65	310	170	220
Наружный диаметр фланца D_H,мм	120	85	340	200	260
Тип прокладки	Прокладочная обтюрация типа I с прокладкой прямоугольного сечения типа 1- резиновая; материл уплотняемых поверхностей – сталь 12Х18Н10Т				

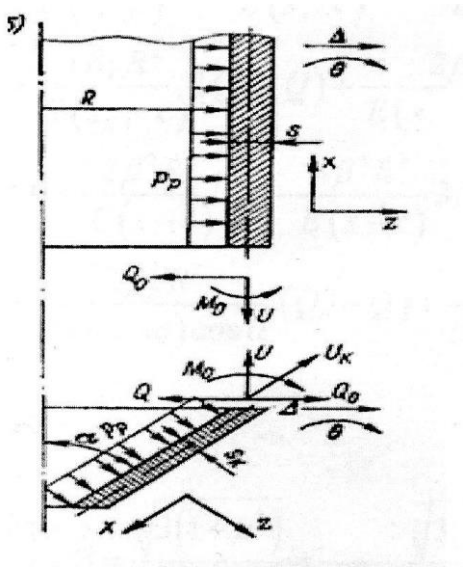
Наружный диаметр прокладки D_H, мм	70	35	270	140	190
Ширина прокладки , мм	12	12	12	12	12
Средний диаметр прокладки $D_{С.П.,}$мм	58	55	258	128	178
Количество болтов, необходимое для обеспечения герметичности соединения $n_б$, шт	8	4	12	8	8
Высота (толщина) фланца $h_ф$,мм	5	4	12	8	10
Болтовая нагрузка, необходимая для обеспечения герметичности соединения, Н					
Болтовая нагрузка в условиях монтажа $F_{б1}$	173000	86480	518900	345900	
Болтовая нагрузка в рабочих условиях $F_{б2}$	173300	86560	523000	347800	
Условие	Выполняется				

прочности болтов	
Условие прочности неметаллических прокладок	Выполняется
Условие прочности втулки фланца для сечения, ограниченного размером s_0	Выполняется
Условие герметичности фланцевого соединения	Выполняется

2.3.4 Определение напряжений, возникающих в месте сопряжения элементов конструкции аппарата.

В реальных конструкциях машин и аппаратов края оболочек прикрепляются к другим оболочкам или к соответствующим деталям. В таких узлах сопряжения возникают дополнительные, так называемые краевые, нагрузки, вызывающие местные напряжения изгиба в материале сопрягаемых элементов. Краевая сила Q_0, и краевой момент M_0, являются реакциями заделки края оболочки, которому мешает свободно деформироваться сопрягаемая деталь с иными возможностями для перемещений под действием внешних нагрузок.

Рис.3. Расчетная схема соединения цилиндрической обечайки и конического днища.



Данные необходимые для расчета:

Внутреннее давление P = 0,1Па;

Внутренний диаметр D = 0,25м, R = 0,125м;

Расчетная температура стенки аппарата t = (60+273)К;

Материал — листовой прокат из стали 12Х18Н10Т;

Сопрягаемые элементы — цилиндрическая обечайка и коническое днище;
Толщина стенки обечайки и днища $s = s_Д = 4мм$, $\alpha = 45°$;

Прибавка к расчетной толщине $c = 1,5$ *мм*;

Коэффициент прочности сварных швов φ= 1;

Допускаемое напряжение [σ] = 152МПа;

Допускаемое напряжение на краю обечайки $[\sigma]_{КР} = 1,3[\sigma] = 1,3*152 = 197МПа$

Расчетное значение модуля упругости при заданной температуре для стали 12Х18Н10Т $E = 2*10_5$МПа

1. Система уравнений совместимости деформаций

$$\Delta_P^{ц} - \Delta_{Q_0}^{ц} + \Delta_{M_0}^{ц} = \Delta_P^{к} \Delta_{(Q_0 - Q)}^{к} \Delta_{M_0}^{к} \quad [76]$$

$$-\Theta_P^{\text{ц}}+\Theta_{Q_0}^{\text{ц}}-\Theta_{M_0}^{\text{ц}} = \Theta_P^{\text{к}}+\Theta_{(Q_0-Q)}^{\text{к}} + \Theta_{M_0}^{\text{к}}$$

Где $\Delta_P^{\text{ц}}, \Delta_{Q_0}^{\text{ц}}, \Delta_{M_0}^{\text{ц}}, \Theta_P^{\text{ц}}, \Theta_{Q_0}^{\text{ц}}, \Theta_{M_0}^{\text{ц}}$- соответственно радиальные и угловые деформации края цилиндрической обечайки под действием нагрузок *p, Q0, M0;*

$\Delta_P^{\text{к}}, \Delta_{(Q_0-Q)}^{\text{к}}, \Delta_{M_0}^{\text{к}}, \Theta_P^{\text{к}}, \Theta_{(Q_0-Q)}^{\text{к}}, \Theta_{M_0}^{\text{к}}$- соответственно радиальные и угловые деформации края конической обечайки под действием нагрузок *p, Q0, M0.*

Подставляя соответствующие значения деформаций по табл.1.26. [5,с.58] получим:

$$\left\{\begin{array}{c} \dfrac{(2-\mu)R^2}{2*E(s-c)}P-\dfrac{2\beta R^2}{E(s-c)}Q_0+\dfrac{2\beta^2R^2}{E(s-c)}M_0 = \\ \dfrac{(2-\mu)R^2}{2*E(s-c)cos\alpha}P-\dfrac{2\beta_{\text{к}}R^2}{E(s_{\text{к}}-c)}(Q_0-Q)+\dfrac{2\beta^2{}_{\text{к}}R^2}{E(s_{\text{к}}-c)cos\alpha}M_0, \\ -0+\dfrac{2\beta^2R^2}{E(s-c)}Q_0-\dfrac{4\beta^3R^2}{E(s-c)}M_0=\dfrac{3Rsin\alpha}{2*E(s_{\text{к}}-c)cos^2\alpha}P+ \\ \dfrac{2\beta^2{}_{\text{к}}R^2}{E(s_{\text{к}}-c)cos\alpha}(Q_0-Q)+\dfrac{4\beta^2{}_{\text{к}}R^2}{E(s_{\text{к}}-c)cos^2\alpha}M_0 \end{array}\right\}$$

где

$$\beta=\frac{\sqrt[4]{3(1-\mu^2)}}{\sqrt{R(s_{\text{к}}-c)}}=\frac{\sqrt[4]{3(1-0{,}3^2)}}{\sqrt{0{,}125(0{,}004-0{,}0015)}}=72{,}7\frac{1}{\text{м}}$$

$$\beta_{\text{к}}=\frac{\sqrt[4]{3(1-\mu^2)}}{\sqrt{R(s_{\text{к}}-c)/cos\alpha}}=\frac{\sqrt[4]{3(1-0{,}3^2)}}{\sqrt{0{,}125(0{,}004-0{,}0015)/cos45}}=61{,}14\frac{1}{\text{м}}$$

$$Q=\frac{p_P*R}{(2ctg\alpha)}=\frac{0{,}1*0{,}125}{(2ctg45)}=1{,}25\frac{MH}{\text{м}} \qquad [77]$$

Подставляя в систему уравнений известные значения геометрических размеров аппарата и физических свойств материала, получим:

$$Q_0=0{,}416\frac{MH}{\text{м}}, M_0=4{,}03*10^{-3}\frac{MH*\text{м}}{\text{м}}$$

2. Суммарные напряжения на краю цилиндрической о-3бечайки, с учетом направления нагрузок, их вызывающих определим по табл. 1.26. [5, с.58]:

меридиональное напряжение

$$\sigma_{m0} = \sigma_{m_0}^{P} - \sigma_{m_0}^{Q_0} + \sigma_{m_0}^{M_0} = \frac{p_p R}{[2(s-c)]} - 0 \pm \frac{6M_0}{(s-c)^2}$$

$$= \frac{0{,}1 * 0{,}125}{[2(0{,}004 - 0{,}0015)]} \pm \frac{6 * 4{,}03 * 10^{-3}}{(0{,}004 - 0{,}0015)^2}$$

$$= \{-386 \text{ МПа}; 386 \text{ МПа}\} \qquad [78]$$

кольцевое напряжение

$$\sigma_{t0} = \sigma_{t_0}^{P} - \sigma_{t_0}^{Q_0} + \sigma_{t_0}^{M_0} = \frac{p_p R}{(s-c)} - \frac{2\beta R(Q_0 - \beta M_0)}{(s-c)} \pm \frac{6\mu M_0}{(s-c)^2} =$$

$$\frac{0{,}1 * 0{,}125}{(0{,}004 - 0{,}0015)} - \frac{2 * 72{,}7 * 0{,}125(0{,}416 - 72{,}7 * 4{,}03 * 10^{-3})}{(0{,}004 - 0{,}0015)}$$

$$\pm \frac{6 * 0{,}3 * 4{,}03 * 10^{-3}}{(0{,}004 - 0{,}0015)^2} = \{1{,}178{,}8\} \text{ МПа} \qquad [79]$$

3. Суммарные напряжения на краю конического днища следующие: меридиональное напряжение

$$\sigma_{mk} = \sigma_{mk}^{P} + \sigma_{mk}^{(Q_0 - Q)} + \sigma_{mk}^{M_0} = \frac{p_p R}{[2(s_к - c)cos\alpha]} - \frac{(Q_0 - Q)sin\alpha}{(s_к - c)} \pm \frac{6M_0}{(s_к - c)^2} =$$

$$\frac{0{,}1 * 0{,}125}{[2(0{,}004 - 0{,}0015)cos45]} - \frac{(0{,}416 - 1{,}25)sin45}{(0{,}004 - 0{,}0015)} \pm \frac{6 * 4{,}03 * 10^{-3}}{(0{,}004 - 0{,}0015)^2}$$

$$= \{398, -375\} \text{МПа} \qquad [80]$$

кольцевое напряжение

$$\sigma_{tk} = \sigma_{tk}^{P} + \sigma_{tk}^{(Q_0-Q)} + \sigma_{tk}^{M_0} = \frac{p_p R}{[(s_к - c)cos\alpha]} + \frac{2\beta_к R(Q_0 - Q)}{(s_к - c)} +$$

$$+ \frac{2\beta_k^2 R M_0}{[(s_k - c)cos\alpha]} \pm \frac{6\mu M_0}{(s_к - c)^2} = \frac{0{,}1 * 0{,}125}{[(0{,}004 - 0{,}0015)cos45]} +$$

$$+ \frac{2 * 61{,}14 * 0{,}125(0{,}416 - 1{,}25)}{(0{,}004 - 0{,}0015)} + \frac{2 * 61{,}14^2 * 0{,}125 * 4{,}03 * 10^{-3}}{[(0{,}004 - 0{,}0015)cos45]}$$

$$\pm \frac{6 * 4{,}03 * 10^{-3}}{(0{,}004 - 0{,}0015)^2} = \{583{,}351\}\text{МПа} \qquad [81]$$

4. Максимальное напряжение на краю:

цилиндрической обечайки

$$\sigma_{max0} = max\{|\sigma_{m0}^{max}|, |\sigma_{t0}^{max}|\} = max\{386; 178{,}8\} = 386 \text{ МПа}$$

конического днища

$$\sigma_{maxK} = max\{|\sigma_{mK}^{max}|, |\sigma_{tK}^{max}|\} = max\{398; 583\} = 583 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{maxK} < \emptyset[\sigma]_{KP} \qquad 583\text{МПа} > 197\text{МПа}$$

Таким образом, условие прочности в месте сопряжения элементов не выполняется. Это требует увеличения толщины стенки цилиндрической и конической обечаек в пределах краевой зоны, ограниченной размерами

$$l_ц = \frac{\pi}{2{,}5\beta} = \frac{3{,}14}{2{,}5 * 72{,}7} = 0{,}017 \text{ м} \qquad l_к = \frac{\pi}{2{,}5\beta_к} = \frac{3{,}14}{2{,}5 * 61{,}14} = 0{,}02 \text{ м}$$

Увеличивая толщину стенок обечаек в краевой зоне до 12 мм и проводя аналогичные расчеты снова, получим результаты, приведенные в табл. 5.

Табл.5 Результаты расчета краевых напряжений

$s=s_к$, мм	Меридиональные напряжения, МПа				Кольцевые напряжения, МПа			
	Цилиндр		Конус		Цилиндр		Конус	
12	-156,8	156,9	-155,3	158,4	1	95,7	-10,91	83,2

Как видно из этой таблицы, все значения напряжений при $s=s_к$=12 мм удовлетворяют условию прочности в месте сопряжения элементов

При $s = s_к = 12$ мм $- l_Ц = \pi/(2{,}5\beta) = 3{,}14/(2{,}5 * 35{,}481) = 0{,}035$м

и $l_К = \pi/(2{,}5\beta_К) = 3{,}14/(2{,}5 * 29{,}836) = 0{,}042$ м

2.3.5 Расчет укрепления отверстий.

Корпус аппарата снабжается необходимым количеством штуцеров диаметром до 200мм и более для подключения его к технологическим линиям, лазами-люками диаметром 250-700мм для осмотра и ремонта аппарата, смотровыми окнами для наблюдения за процессом и т.д. Отверстия не только уменьшают несущую площадь материала корпуса, механически ослабляя конструкцию, но и вызывают высокую концентрацию напряжений вблизи края отверстия.

Как показывают эксперименты, максимальные напряжения быстро уменьшаются по мере удаления от края отверстия, т.е. прирост напряжений носит локальный характер. Таким образом, при проектировании аппаратуры необходимо решать задачу о снижении повышенных напряжений в области отверстий до допускаемых значений за счет компенсации ослабления, вызванного наличием выреза.

Внутренний диаметр аппарата D = 250мм;

Расчетное давление P = 0,1 МПа;

Диаметр отверстия d = 25мм

Расчетная температура t = (60+273)К;

Исполнительная толщина стенки s = 4мм;

Толщина стенки штуцера s = 2,5 мм;

Прибавка к расчетной толщине стенки с = 1,5 мм;

Материал — сталь 12Х10Н18Т

Допускаемое напряжение [σ]=152МПа

Коэффициент прочности сварных швов φ = 1

1. Ширина зоны укрепления при отсутствии накладного кольца

$$B_0 = \sqrt{D(s-c)} = \sqrt{0{,}25(0{,}004 - 0{,}0015)} = 0{,}025\text{мм} \quad [82]$$

2. Расстояние от оси штуцера до края цилиндрической обечайки

$$x_0 = \frac{B_0 + d}{2} = \frac{0{,}025 + 0{,}025}{2} = 0{,}025 \text{ мм} \quad [83]$$

3. Внутренний диаметр штуцера

$$d_ш = d - 2(c + s_ш) = 0{,}025 - 2(0{,}0015 + 0{,}0025) = 0{,}0017\text{мм} \quad [84]$$

4. Расстояние от наружной стенки штуцера до ближайшего несущего конструктивного элемента на укрепляемом элементе

$$l_К = D - \left(s_ш + \frac{d_ш}{2}\right) = 0{,}25 - \left(0{,}0025 + \frac{0{,}0017}{2}\right) = 0{,}246 \text{ мм} \quad [85]$$

Проверим условие

$$l_К > x_0 \qquad 0{,}246 > 0{,}025$$

условие выполняется

5. Расчетная ширина зоны укрепления в стенке обечайки

$$b_r = min\{l_К; B_0\} \qquad b_r = 0{,}246 \text{ мм}$$

6. Расчетная толщина стенки в месте расположения отверстия

$$s_P = \frac{PD}{2[\sigma]\varphi - P} = \frac{0{,}02 * 0{,}25}{2 * 152 * 1 - 0{,}02} = 0{,}0026 \text{ мм} \quad [86]$$

7. Расчетная толщина стенки штуцера, нагруженного внутренним давлением

$$s_{\text{шр}} = \frac{P(d_{\text{ш}} + \text{c})}{2[\sigma]\varphi - P} = \frac{0{,}02 * (0{,}0017 + 0{,}0015)}{2 * 152 * 1 - 0{,}02} = 0{,}0012 \text{ мм} \quad [87]$$

8. Расчетный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления при наличии избыточной толщины стенки укрепляемого элемента

$$d_{\text{отв}} = 2\left(\frac{s_0 - c}{s_r} - 0{,}8\right)B_0 = 2\left(\frac{0{,}004 - 0{,}0015}{0{,}0026} - 0{,}8\right) * 0{,}025 = 0{,}008 \text{ м} \quad [88]$$

$$d_{\text{ш}} < d_{\text{отв}} \qquad 0{,}0017 < 0{,}008$$

Т.к. внутренний диаметр штуцера меньше диаметра отверстия, не требующего укрепления, то укреплять отверстие не нужно.

Аналогично рассчитаем укрепление остальных отверстий. Результаты сведем в табл.6.

Табл.6 Результаты расчета укрепления одиночных отверстий

Диаметр аппарата 150 мм		
Диаметр неукрепленного отверстия 56 мм	Внутренний диаметр штуцера	Расчетный диаметр одиночного отверстия
	0,048	0,085
Диаметр неукрепленного отверстия 25 мм	0,017	0,03
Диаметр аппарата 250 мм		
Диаметр неукрепленного отверстия 89 мм	0,081	0,112

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-2К22	Рудых Марина Евгеньевна

Институт	Электронного обучения	Кафедра	ОХХТ
Уровень образования	Бакалавр	**Направление/специальность**	Энерго-и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. *Стоимость ресурсов проекта: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих*	*Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.*
2. *Нормы и нормативы расходования ресурсов*	
3. *Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования*	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. *Оценка коммерческого и инновационного потенциала проекта*	*Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта*
2. *Определение возможных альтернатив проведения научных исследований*	*Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.*
3. *Планирование процесса управления проектом: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок*	*Определение производственной мощности. Расчет сырья, материалов, оборудования, фонда оплаты труда. Расчет себестоимости готового продукта. Расчет точки безубыточности.*
4. *Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности*	*Проведение оценки экономической эффективности производства серной кислоты контактно-компрессорного цеха медеплавильного завода*
Перечень графического материала*(с точным указанием обязательных чертежей):*	
1. *Расчет точки безубыточности графическим и математическим методами.* 2. *Расчет технико-экономических показателей* 3. *Расчёт чистого денежного потока* 4. *Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности проекта*	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-2К22	Рудых Марина Евгеньевна		

3. Анализ эффективности действующего производства.

3.1 Расчёт производственной мощности

Производственная мощность действующей установки – это максимально возможный годовой выпуск готовой продукции в номенклатуре и ассортименте, предусмотренных на плановый период при наилучшем использовании производственного оборудования.

$$M = П \cdot T_{эфф} \cdot K_{об},$$

где П – производительность оборудования в единицу времени ($П = 80\ кг/час$);

$T_{эфф}$ – эффективный фонд времени работы оборудования;

$K_{об}$ – количество однотипного оборудования, установленного в цехе.

Эффективный фонд времени оборудования:

$$T_{эфф} = T_{ном} - T_{ППР} - T_{ТО},$$

где $T_{ном}$ – номинальный фонд работы оборудования;

$T_{ППР}$ – время простоя в ремонтах за расчетный период;

$T_{ТО}$ – время технологических остановок.

$$T_{ном} = T_{кал} - T_{вых} - T_{пр},$$

где $T_{кал}$ – календарный фонд времени;

$T_{вых}$ – количество выходных дней в году;

$T_{пр}$ – количество праздничных дней в году.

Таблица 1 – Баланс рабочего времени оборудования

Показатели	Количество дней	Количество
Календарный фонд времени	365	2920
Режимные потери рабочего времени • выходные	125	1000
Номинальный фонд рабочего времени	240	1920
Простой оборудования в ремонтах	15	120
Эффективное время работы оборудования	225	1800

Производственная мощность равна:

$$M = 80 \cdot 1800 \cdot 1 = 144000 кг/год = 144 т/год.$$

Для анализа использования оборудования рассчитываем экстенсивный и интенсивный коэффициенты.

Коэффициент экстенсивного использования оборудования равен:

$$К_{экс} = T_{эфф} / T_{ном} = 225/240 = 0{,}94.$$

Коэффициент интенсивного использования оборудования равен:

$$К_{инт} = Q_{пп} / Q_{\max} = 75/80 = 0{,}94,$$

где $Q_{пп}$ – производительность единицы оборудования в единицу времени;

Q_{max} – максимальная производительность в единицу времени.

Интегральный коэффициент использования мощности:

$$К_{им} = К_{экс} \cdot К_{инт} = 0{,}94 \cdot 0{,}94 = 0{,}88.$$

Для определения фактического выпуска продукции рассчитывается производственная программа ($N_{год}$):

$$N_{год} = К_{им} \cdot M = 0{,}88 \cdot 144 = 126{,}72 т/год,$$

где $К_{им}$ – коэффициент использования мощности.

Вывод: установка работает на неполную мощность, степень загрузки равна 88%.

3.2 Расчет себестоимости готовой продукции по действующему производству

3.2.1 Расчет численности персонала

Таблица 2 – Расчет численности ИТР, служащих и МОП

Профессия	Категория	Тарифный разряд	Количество смен в сутках	Штатная численность
Начальник цеха	Административно управленческий персонал		1	1
Технолог	ИТР	Высшее	1	1
Оператор	Производственный рабочий	5	1	4
Слесарь РТУ	Ремонтно-обслуживающий персонал	4	1	1
Электрик установки		4	1	1
ИТОГО				8

Расчет баланса эффективного годового времени одного среднесписочного работника.

Таблица 3 – Баланс эффективного времени одного среднесписочного работника

№	Показатели	Дни	Часы
1.	Календарный фонд рабочего времени	365	2920
2.	Нерабочие дни • выходные • праздничные	 125 -	
3.	Номинальный фонд рабочего времени	240	1920
4.	Планируемые невыходы • очередные и дополнительные отпуска • невыходы по болезни • декретные отпуска • отпуск в связи с учебой без отрыва от производства • выполнение гос. обязанностей	 26 - - - 3	
5.	Эффективный фонд рабочего времени	211	1688

Количество выходных дней в году, ночных смен определяется из графика сменности.

Таблица 4 – График сменности

Номер смены	Часы работы	Дни месяца													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	8 – 16	А	А	А	А	А	-	-	А	А	А	А	А	-	-
Отдых							А	А						А	А

Рабочий день длится 8 часов, 5 дней в неделю.

3.2.2 Расчет годового фонда заработной платы персонала

Расчет годового фонда зарплаты ИТР, служащих и МОП производится на основании их окладов.

Общий фонд заработной платы рабочих за год:

$$З_{год} = З_{осн} + З_{доп},$$

где $З_{осн}$ – основной фонд заработной платы рабочих, тыс. руб;

$З_{доп}$ – дополнительный фонд заработной платы рабочих, тыс. руб.

Основной фонд заработной платы для рабочих повременников:

$$З_{осн} = З_{тар} + Пр + Д_{н.вр.} + Д_{пр.дни} + Д_{бриг},$$

где $З_{тар}$ – тарифный фонд заработной платы, тыс. руб.;

Пр – оплата премий, тыс. руб.;

$Д_{н.вр.}$ – доплата за работу в ночное время, тыс. руб.;

$Д_{пр.дни}$ – доплата за работу в праздничные дни, тыс. руб.;

$Д_{бриг}$ – доплата не освобожденным бригадирам, тыс. руб.

Тарифный фонд заработной платы:

$$З_{тар} = \sum Ч_{сп} \cdot Т_{ст} \cdot Т_{эфф.раб},$$

где $Ч_{сп}$ – списочная численность рабочих данного разряда, чел.;

$Т_{сп}$ – дневная тарифная ставка данного разряда, тыс. руб.

Размер премий берется из интервала 20–70 % от тарифного фонда заработной платы. Принимаем 30%.

По отношению к тарифному фонду заработной платы доплата за праздничные дни составит 30 %.

Дополнительная зарплата ($З_{доп}$):

$$З_{доп} = (Д_н \cdot З_{осн}) / Т_{эфф},$$

где $Д_н$ – количество дней невыхода на работу по планируемым причинам (отпуск, ученические, гособязанности).

Районный коэффициент для Кемеровской области – 1,3. Отчисления на социальные нужды на зарплату – 26 % от ($З_{осн}$+$З_{доп}$).

Таблица 5 – Общий фонд заработной платы повременников

Наименование профессий	Списочная численность	Тарифный разряд	Тарифная ставка, руб./час	Основной фонд заработной платы, тыс. руб.				Дополнительный фонд з/п, тыс. руб.	Общий годовой фонд з/п, тыс. руб.	Общий фонд з/п с учетом районного коэф., тыс. руб.
				Тарифн. фонд	Премия	Доплата за работу в празд.	Основной фонд з/п			
Административно управленческий персонал	1		120	202,56	60,768	60,768	324,096	44,544	368,64	479,232
ИТР	1	5	90	151,92	45,576	45,576	243,072	33,408	276,48	359,424
Оператор	4	5	70	472,64	141,792	141,792	756,224	103,936	860,16	1118,21
Слесарь РТУ	1	4	50	84,4	25,32	25,32	135,04	18,56	153,6	199,68

Электрик установки	1	4	50	84,4	25,32	25,32	135,04	18,56	153,6	199,68
Итого:	8			995,92	298,776	298,776	1593,47	219,008	1812,48	2356,22

3.2.3 Расчет затрат на производство продукции

Расчет годовой потребности в сырье и материалах

Определение затрат на сырье и материалы производим исходя из принятого объема производства, удельных норм расхода сырья и материалов и планово-заготовительных цен.

Таблица 6 – Расчет годовой потребности в сырье и материалах

Наименование сырья	Ед. изм.	Цена, тыс. руб.	Расход		Сумма затрат, тыс. руб.	
			На единицу готовой продукции	На весь объем производства	На единицу готовой продукции	На весь объем производства
Клюква	т	30	19,375	2455,2	581,25	73656
Тара	шт.	0,6	4	510	2,4	306
Запасные части					0,158	20
Итого						73982

Расчет годовой потребности в энергии

Таблица 7 – Расчет потребной энергии

Наименование	Годовой расход	Цена ед., руб.	Годовая сумма затрат, тыс. руб.
Топливо и энергия:			
Электроэнергия, кВт/ч	1205120	3,15	3796,13

Таблица 8 – Расчет амортизационных отчислений

Наименование основных средств	Стоимость, тыс. руб.	Норма амортизации, %	Годовые амортизационные отчисления, тыс. руб.
1. Здания, сооружения производственного назначеня	4000	10	400
2. Оборудование:			
2.1. Рабочие средства	900	10	90
2.2. Транспортные средства	120	10	12
Итого:	1020		102
Итого общее:			**502**

Таблица 9 – Калькуляция себестоимости на производство и реализацию продукции при заданном объеме производства ($Q = 126{,}72\ т/год$)

Наименование статьи расходов	Ед. изм.	Затраты тыс. руб.	
		На 1 т.	На N год
1. Сырье	тыс. руб.	584	73982
2. Энергия на технологические нужды	тыс. руб.	30	3796,13
3. З/П основных произв. рабочих	тыс. руб.	9	1118,21

4. Отчисления на СН (25%)	тыс. руб.	2	290,7346
Итого условно-переменных издержек	тыс. руб.	614	77778,13
5. Общепроизводственные накладные расходы			
5.1. РСЭО:			
- Амортизация оборудования	тыс. руб.	0,8049	102
- Ремонт оборудования	тыс. руб.	0,2415	30,6
- Заработная плата ремонтного персонала	тыс. руб.	1,5758	199,68
- Отчисление на соц. нужды ремонтного персонала (25%)	тыс. руб.	0,4097	51,9168
5.2. Заработная плата ИТР	тыс. руб.	6,6182	838,656
- Отчисление на соц. нужды ИТР (30%)	тыс. руб.	1,7207	218,05056
5.3. Заработная плата вспомогательного персонала	тыс. руб.	1,5758	199,68
- Отчисление на соц. нужды вспомогательного персонала (25%)	тыс. руб.	0,4097	51,9168
Итого условно-постоянных издержек	тыс. руб.	24,4748	3101,44476
Цеховая (производственная)	тыс. руб.	638,2542	80879,57476

себестоимость (1+2+3+4+5)			
6. Управленческие расходы (5% от цеховой себестоимости)	тыс. руб.	31,9127	4043,978738
Заводская себестоимость (цеховая себестоимость + стр.6)	тыс. руб.	670,1669	84923,5535
7. Коммерческие расходы (1% от заводской себестоимости)	тыс. руб.	6,7017	849,236
Полная себестоимость (заводская себестоимость +стр.7)	тыс. руб.	676,87	85772,789
Условно-переменные издержки	тыс. руб.	620,48	78627,366
Условно-постоянные издержки	тыс. руб.	56,38	7145,423

3.3 Определение цены готовой продукции

Цену продукта определяем по формуле:

$$Ц = C \cdot (1 + P/100),$$

где С – полная себестоимость единицы готовой продукции;

Р – рентабельность продукции (%).

Рентабельность продукции можно принять от 10% до 25%.

$$Ц = 676{,}87 \cdot (1 + 25/100) = 846{,}1 \text{тыс. руб.}$$

3.4 Анализ безубыточности по действующему производству

Цель анализа – определение точки безубыточности, т.е. минимального объема продаж, начиная с которого предприятие не несет убытков. В точке безубыточности выручка от продажи продукции ($В_{ПР}$) равна общим затратам на производство и реализацию продукции:

$$B_{ПР} = Изд._{пост} + Изд._{пер}.$$

Определение точки безубыточности:

1. Аналитическим способом:

$$Q_{кр} = \frac{Изд._{пост}}{Ц_{1\,ГП} - Изд_{пер\,1\,ГП}}, \text{ т,}$$

где $Ц_{1\,ГП}$ – цена единицы готовой продукции (1 тонны);

$Изд_{1ГП}$ – удельные переменные издержки (переменные издержки на единицу готовой продукции – 1 тонну).

$$Q_{кр} = \frac{7145{,}423}{846{,}1 - 620{,}48} = 31{,}67\ т.$$

2. Графическим способом:

Графически точка безубыточности определяется согласно рис. 1.

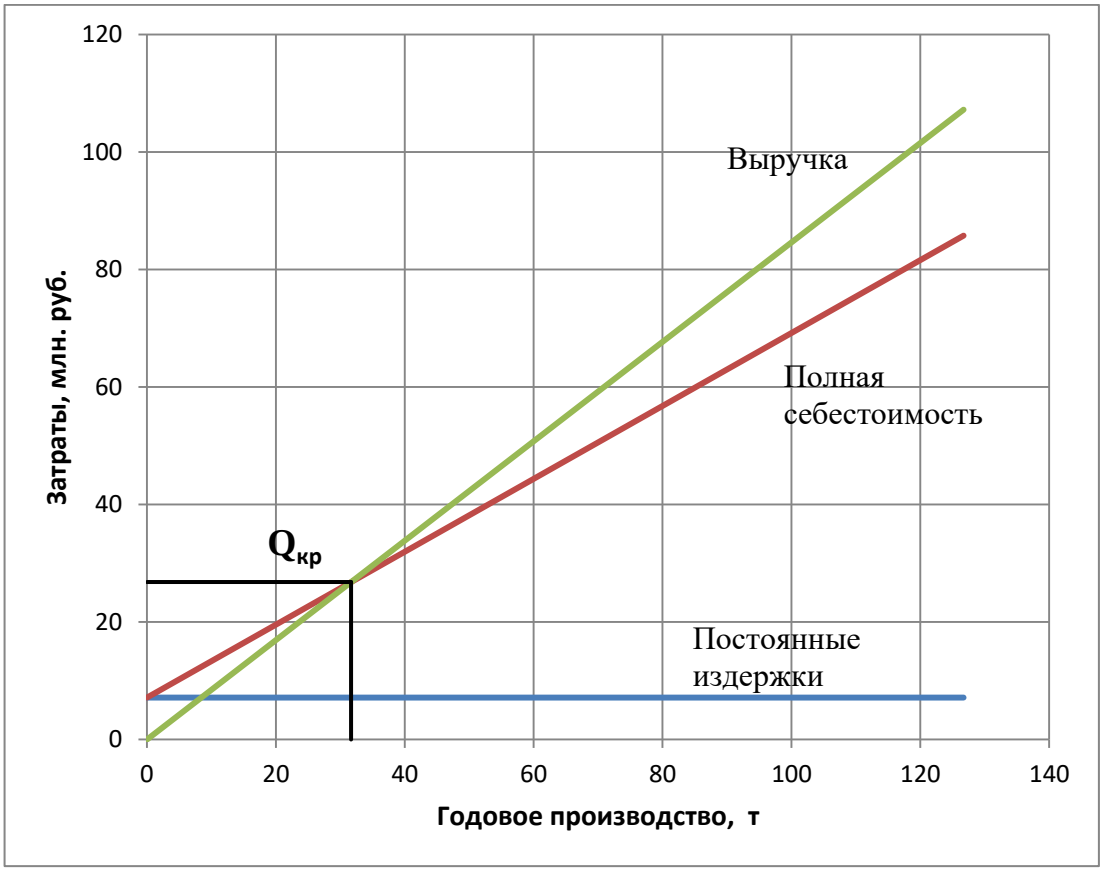


Рисунок 1 – График безубыточности

3.5 Определение технико-экономических показателей

Таблица 10 – Технико-экономические показатели

Наименование показателя	Ед. изм.	Плановый год
1. Объем производства	т	126,72
2. Объем продаж	т	126,72
3. Цена 1 тонны	тыс. руб.	846,1
4. Выручка от продажи (2*3)	тыс. руб.	107217,79

5. Суммарные издержки	тыс. руб.	85772,78903
5.1. Издержки переменные	тыс. руб.	78627,366
5.2. Издержки постоянные	тыс. руб.	7145,423
6. Операционная прибыль (4-5)	тыс. руб.	21445,00
7. Налог на прибыль (6*20%)	тыс. руб.	4289,00
8. Чистая прибыль (6-7)	тыс. руб.	17156,00
9.Себестоимость 1 тонны	тыс. руб.	676,87
10. Стоимость основных средств	тыс. руб.	102
11. Численность основных рабочих	чел.	8
12. Фондовооруженность (10/11)	тыс. руб./чел	12,75
13. Фондоотдача (4/10)	руб./руб.	1051,15
14. Фондоемкость (10/4)	руб./руб.	0,0010
15. Производительность труда (4/11)	тыс. руб./чел	13402,22
16. Рентабельность производства (8*100%/5)	%	20,0
17. Рентабельность продаж (8*100%/4)	%	16,0
18. Критический объем продаж (Qкр)	тыс. т.	31,67
19.Критический объем продаж (Qкр)	тыс. руб.	26795987

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-2К22	Рудых Марина Евгеньевна

Институт	ТПУ	Кафедра	ОХХТ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Энерго-и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	– Выпарная установка с естественной циркуляцией и соосной камерой , для производства концентрированного сока. –
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:	– действие следующих факторов на организм человека: • недостаточная освещенность • отклонение параметров микроклимата • шум,вибрация – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:	– механические опасности (источники, средства защиты; – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – - пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).
2. Экологическая безопасность:	– Данное производство не оказывает негативного влияния на экологию окружающей среды
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации

	проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов Игорь Иванович	Кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-2К22	Рудых Марина Евгеньевна		

4. Социальная ответственность

Введение

Социальная ответственность означает способность организации или предприятия оценить последствия своей деятельности для устойчивого социального развития общества. Социальная ответственность — широкое понятие, охватывающее и такие проблемы, как экология, социальная справедливость, равноправие. Организации обязаны проявлять ответственность в трех областях — финансы, влияние их деятельности на общество и окружающую среду, воздействие на экологию.

Поддержание комфортных условий труда и отдыха ведет к повышению производительности труда. Анатомические и физиологические особенности человека должны приниматься во внимание при выборе оптимальных параметров среды. Поддержание безопасности на работе и отдыхе способствует сохранению жизни и здоровья человека в результате уменьшения, как числа несчастных случаев, так и темпов роста болезней под воздействием отрицательных факторов, вызванных оборудованием или окружающей средой, воздействием природы и экологическими катастрофами и чрезвычайными обстоятельствами [12].

Данный раздел выполняется с целью проанализировать вредные и опасные факторы, а также средства защиты от них. Приводится характеристика условий освещенности рабочего места, средств взрывзащиты и прочие. Проводится анализ условий труда на соответствие требованиям нормативных документов.

4.1. Производственная безопасность

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

концентраций.

Данная дипломная работа выполнялась по расчету выпарной установки в НПО «Здоровое питание» г. Кемерово, который относится к 1 группе административного района.

4.1.1 Анализ воздушной среды

Выпарная установка находится в цехе по переработке плодово-ягодного сырья и производству сухих гранулированных пищевых продуктов. В данном дипломном проекте в качестве сырья использовался жом клюквы и вода. Эти вещества не имеют никаких вредных воздействий, следовательно, состояние воздушной среды соответствует нормам.

4.1.2 Микроклиматические условия

Одним из необходимых условий здорового и высокопроизводительного труда является обеспечение нормальных микроклиматических условий, являющихся важной характеристикой санитарно-гигиенических условий труда. К микроклиматическим условиям на рабочем месте относятся температура воздуха, относительная влажность, скорость движения воздуха. Микроклиматические условия в цехе очень часто изменчивы и зависят от метеорологических условий наружной атмосферы, мощности источников тепловыделений в цехе, расположения рабочего места, воздухообмена и т.д. Вызываемое метеорологическими условиями тепловое воздействие или воздействие холода может привести к значительным изменениям жизнедеятельности организма человека и вследствие этого к снижению производительности труда, повышению общей заболеваемости работающих. Для исключения вредного влияния микроклиматических факторов на организм человека и создания нормальных условий труда в рабочей зоне параметры воздушной среды должны соответствовать СанПин 2.2.4.548-96. [15]

Для измерения температуры воздуха в помещении чаще всего применяют ртутные термометры. Поскольку температура воздуха в цехе не является постоянной величиной, ее измеряют в нескольких точках в разное время на высоте 1,3...1,5 м от уровня пола и на расстоянии не менее 1...1,5 м от приборов и аппаратов, излучающих тепло, а также от наружных стен.

Параметры микроклиматических условий соответствуют СанПин 2.2.4.548-96 [15].

Температура, влажность и скорость движения воздуха нормированы с учетом сезона года, категории выполняемых физических работ. В процессе производства персонал работает стоя, большинство операций связано с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождается умеренным физическим напряжением, поэтому работа относится как средней тяжести, категории 2б. Данные сведены в таблицу 30.

Табл.30 Допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Сезон года	Категория Тяжести выполняемых работ	Температура воздуха,Cº		Относительная влажность,%		Скорость движения воздуха ,м/сек	
		Фактич. значение	Допустим. значение	Фактич. значение	Допустим. значение	Фактич. значение	Допустим. Значение
Холодный	2б	20	19,1-22,0	53	12-75	0,1	0,2-0,4
Теплый		22	21,1-27	55	15-75	0,2	0,2-0,5

Для обеспечения нормальных метеорологических условий и поддержания теплового равновесия между телом человека и окружающей средой в цехе проводится ряд мероприятий, основными из которых являются: обеспечение приточно-вытяжной вентиляцией, системой водяного отопления, которые всегда должны находиться в рабочем состоянии. [12]

В нашем цехе существуют действующие вентиляция и водяное отопление, которые позволяют поддерживать необходимую температуру, соответствующую СанПин 2.2.4.548-96 [15].

4.1.3 Вентиляция

Вентиляция представляет собой организованный воздухообмен, обеспечивающий удаление из помещения воздуха, загрязненного вредными газами, парами, пылью, а также улучшающий метеорологические условия в цехах. По способу подачи в помещение свежего воздуха и удаления загрязненного системы вентиляции делят на естественную, искусственную (механическую) и смешанную. По назначению вентиляция может быть общеобменной и местной.

На исследуемом участке используется естественная вентиляция помещения (аэрация).

Аэрация представляет собой естественную организованную управляемую вентиляцию. Физической основой такой вентиляции является тепловое (теплый воздух, более легкий, чем холодный поднимается вверх, вытекает наружу, в результате чего внизу создается пониженное давление и наружный воздух устремляется внутрь), а также ветровое давление. При аэрации воздухообмен контролируют с помощью фрамуг, расположенных в нижней части здания.

4.1.4 Освещенность

Освещение оказывает большое влияние на зрительную работоспособность, физическое и моральное состояние людей, производительность и качество труда.

Следовательно, для сохранения работоспособности в течение рабочей смены необходимым условием является рациональное освещение помещений и рабочих мест, которое обеспечивается естественным и искусственным освещением согласно СП 52.13330.2011 [14].

Город Кемерово относится к 1 группе административного района. Характеристика зрительной работы средней точности, поэтому разряд зрительной работы принимаем 2б, а освещение должно удовлетворять следующим требованиям: обеспечивать равномерность освещения, не вызывать слепящего действия, не образовывать резких теней, быть экономичным.

В качестве искусственного освещения выбираем люминесцентные открытые двухламповые светильники типа ОДО-2-40, удовлетворяющим требованиям взрыво-пожаробезопасности, а также для работы в пыльных помещениях. В качестве естественного освещения выбираем боковую систему освещения от оконных проемов, коэффициент естественного освещения е=1,2.

В цехе искусственное освещение обеспечивается четырьмя люминисцентными лампами и освещенность Е = 400 люкс (СП 52.13330.2011) [14].

Расчет освещенности

Геометрические размеры лаборатории следующие:

Ширина А-6 м;

Длинна В=5 м;

Высота Н=5 М.

Минимальное освещение:

E_T =400 лк.

Коэффициент запаса для помещения с малым выделением пыли при люминесцентных лампах:

k=1,5.

Расчетная освещенность:

$E_P = E_T * k = 400 * 1,5 = 600$ лк.

Свес светильников с потолка:

h_C=0,2 м.

Высота рабочей поверхности над полом:

h_P=3 м.

Высота подвеса светильников над рабочим местом:

$h = H - h_C - h_P = 5 - 0,2 - 3 = 1,8$ м.

Площадь помещения:

$S = A * B = 6 * 5 = 30$ м^2.

Удельная мощность:

w=31Вт/м^2.

Суммарная установленная мощность:

$P = S \cdot w = 30 * 31 = 903$ Вт.

Мощность одного светильника:

P_i=80 Вт.

Количество светильников:

$n = P/P_i = 903/80 = 10$ шт.

Для равномерного общего освещения светильники располагаются в коридорном порядке.

Размеры светильника типа ОД-2-40:

Ширина 266 мм;

Длина 1230 мм;

Высота 156 мм.

Величина светового потока лампы:

F=(EkSz)/(nη),

где E=400 лк — минимальная освещенность,

k=1,5 — коэффициент запаса для люминесцентных ламп,

S=5*6=30м — площадь помещения

z=0,9 — коэффициент неравномерности освещения

i-S/(h(A+B))=30/(5(5+6))=0,54-индекс помещения,

$p_п$=70% - коэффициент отражения потолка

$p_с$-50% - коэффициент отражения стен

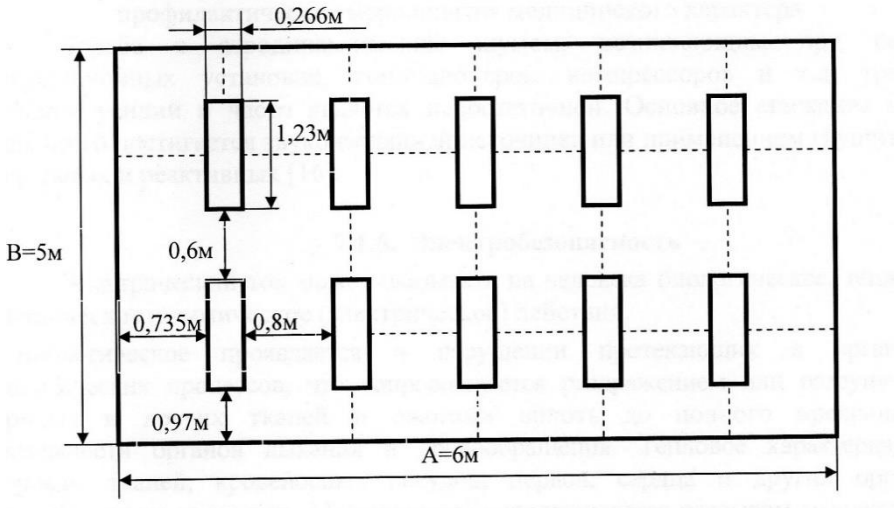
η=0,3 — коэффициент использования светового потока.

F=(400*1,5*30*0,9)/(20*0,3)=2700лм

$F_{ТАБЛ}$=2480лм

((F-$F_{ТАБЛ}$)/F)100%-((2700-2480)/2700)*100%=8%

План - схема размещения светильников



4.1.5 Шумы и вибрации

Шум и вибрация в большей или меньшей степени могут временно активизировать или постоянно подавлять определенные психические процессы организма человека. Физиопатологические последствия могут проявляться в форме нарушения слуха и других анализаторов.

Шум и вибрация не только ухудшают самочувствие человека и снижают производительность труда в среднем на 10-15%, но и очень часто приводят к профессиональным заболеваниям.

Шумы создаются работающими приборами, вентиляторами. В большинстве случаев технически трудно снизить шум до очень малых уровней, поэтому при нормировании исходят не из оптимальных, а из терпимых условий, т.е. таких, когда вредное действие шума на человека не проявляется или проявляется незначительно.

Нормирование допустимых уровней звукового давления производится в соответствии с ГОСТ 12.1.003. -2014 [17]. По данному ГОСТу уровень звука в производственных помещениях и на территориях предприятия не должен превышать 85 дБА.

Снижение шума и вибрации можно достичь следующими методами:

— устранение причин шума и вибрации или существенное их ослабление в источнике образования;

— изоляция источников шума и вибрации от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения;

— применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения;

— архитектурно - планировочные решения, предусматривающие рациональное размещение технологического оборудования, машин, механизмов, акустическая обработка помещений;

— применение средств индивидуальной защиты;

— профилактические мероприятия медицинского характера. Борьба с аэродинамическим шумом, возникающим при работе вентиляционных установок, кондиционеров, компрессоров и т.д. требует больших усилий и часто является недостаточной. Основное снижение шума чаще всего достигается звукоизоляцией источника или применением глушителей — активных и реактивных [16].

4.1.6 Электробезопасность

Электрический ток может оказывать на человека биологическое ,тепловое, механическое и химическое (электрическое) воздействие.

Биологическое проявляется в нарушении протекающих в организме биологических процессов, что сопровождается раздражением или разрушением нервных и других тканей и ожогами вплоть до полного прекращения деятельности органов дыхания и кровообращения. Тепловое характеризуется нагревом тканей, кровеносных сосудов, нервов, сердца и других органов, находящихся на пути тока. Механическое сопровождается разрывом мышечных и других тканей, кровеносных сосудов в результате электродинамического эффекта. Химическое разлагает кровь, лимфу и плазму, нарушая их физико-химический состав**.**

Опасное и вредное воздействие на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей проявляются в виде электротравм и профессиональных заболеваний. Для предотвращения этих и других несчастных случаев необходимо разработать электробезопасность конструкций.

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

4.1.7 Молниезащита зданий и сооружений

В соответствии с инструкцией СО 153-34.21.122-2003 здания и сооружения подразделяются на три категории по устройству молниезащиты. Категории устанавливаются с учетом классификации зданий и сооружений по классу взрыв0- и пожароопасных зон, предусмотренной правилами (ПУЭ); интенсивности грозовой деятельности в районе, сложности молниезащитных устройств, в зависимости от типа зоны молниезащиты и ожидаемого количества молний. Данные по молниезащите приведены в таблице.

Табл.31 Молниезащита зданий и сооружений.

Район расположения предприятия	Среднегодовая продолжительность гроз, ч/год	Вид объекта и класс взрывоопасных зон	Тип зоны защиты	Категория молниезащиты	Тип молниеотвода
Г.Кемерово	40-60	Пищевое предприятие	Б	Ш	Молниеприемная сетка, стержневой молниеотвод

4.2 Экологическая безопасность

Данное производство не оказывает негативного влияния на экологию окружающей среды. Сырьем производства являются натуральные ягоды. В процессе переработки не добавляются никакие химические соединения. Поэтому предприятие является экологически безопасным.

4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.3.1 Пожарная и взрывная опасность

Цех относится к взрывоопасному помещению категории Д. К категории Д относятся помещения, связанные с обработкой несгораемых веществ и материалов в холодном состоянии.

Пожарная безопасность на предприятии обеспечивается системой предотвращения пожара путем организационных мероприятий и технических средств, обеспечивающих невозможность возникновения пожара, а также системой пожарной защиты, направленной на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара и ограничения ущерба от него.

Опасными факторами пожара является открытый огонь и искры, повышенная температура воздуха и предметов, токсичные продукты горения, дым, пониженная концентрация кислорода в воздухе, обрушение и повреждение зданий, установок, а также взрывы.

Система пожарной защиты предусматривает следующие меры:

- предотвращение распространения пожара за пределы очага;
- применение конструкций производственных объектов с регламентированным пределом их огнестойкости и горючести;
- эвакуацию людей в случае пожара;
- применение средств индивидуальных и коллективных средств защиты от огня;
-применение средствпожарной сигнализации и средствизвещения о ПО)Kape,
- организацию пожарной охраны объекта.

На блочном щите управления из средств пожаротушения находятся пенные, порошковые и водные огнетушители.

При работе на участке водоочистки необходимо следить за тем, чтобы вода не попадала на электропроводку и распределительные коробки, так как это может привести к короткому замыканию и пожару.

Все переходы должны быть свободными и иметь, по крайней мере, хотя бы два выхода, не должно быть длинных тупиковых проходов.

Все двери и все ворота для машин должны открываться наружу. Здание иметь оконные перелеты, которые располагаются, как правило, в одной плоскости с внутренней поверхностью стен. В зданиях должны быть предусмотрены вытяжные шахты для дымоудаления.

Для оказания первой помощи в цехе всегда должны быть:

1.бинты;

2.гигроскопическая вата;

3. 3%-ый раствор йода;

4. 2%-ый раствор борной кислоты;

5. 2%-ый раствор уксусной кислоты;

6. 3-5%-ый раствор двууглекислого натрия (питьевой соды).

4.3.2 Безопасность при чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации (ЧС) — совокупность таких обстоятельств, которые сопровождаются разрушениями, поражениями людей, изменением экологической обстановки.

К чрезвычайным ситуациям относятся: производственные аварии, стихийные бедствия, военные конфликты.

В условиях ЧС необходимо знать правила поведения во избежание паники и несчастных случаев.

При возникновении аварии необходимо, в первую очередь, отключить все электроприборы и рубильники.

При возникновении пожара необходимо отключить электронагревательные приборы, вентиляцию, убрать огнеопасные вещества в безопасное место, одновременно, по возможности, ликвидировать очаг.

Средства тушения применять с учетом того, что является источником пожара.

Для тушения горящей одежды использовать воду, для горящих электроустановок — углекислые огнетушители, для тушения воспламененных установок, закрепленных штативом — асбестовое одеяло.

Стихийные бедствия — ураганы, наводнения, землетрясения предотвратить нельзя, поэтому, отключив электричество в здании, его необходимо покинуть или спуститься в подвальное помещение (бомбоубежище).

При возникновении военного конфликта нужно эвакуировать из здания людей или спуститься в подвал (бомбоубежища).

Эвакуационные пути — это пути, ведущие к эвакуационным выходам. Наиболее распространенными путями эвакуации являются проходы, коридоры, фойе и лестницы.

Самое главное — при любой чрезвычайной ситуации сохранять спокойствие и не забывать отключить электроэнергию и электроприборы. Иначе, это приведет к ещё большим разрушениям.

При поступлении сигнала об угрозе нападения противника все работники лаборатории должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты, после чего должны удалиться в убежище согласно плану эвакуации из помещения [12].

Заключение.

В данной дипломной работе была разработана и сконструирована выпарная установка с естественной циркуляцией. Проведены технологический, конструктивный и механический расчеты выпарной установки. Рассчитаны экономические показатели - чистый дисконтированный доход, индекс доходности, внутренние нормы дохода. Рассмотрена техника безопасности и противопожарная техника.

Список используемой литературы:

1. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие для вузов под ред. Чл.-корр АН России П.Г. Романкова.-14-е изд., стериотипное. М.:ООО ИД «Альянс», 2007.-576с.
2. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию/ Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др. Под редакцией Ю.И. Дытнерского, 2-е изд., перераб. и дополн. М.: Химия, 1991-496с.
3. Проектирование процессов и аппаратов пищевых производств. Под ред. В.Н.Стабникова.- Киев: Высшая школа. Головное изд-во, 1982.-199с.
4. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Изд. 2 е. в 2-х кн.: Часть 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты. М.: Химия, 1995-400с. ил.
5. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств:

Примеры и задачи: Учебное пособие для студентов вузов/М.Ф.Михалев, Н.П.Третьяков, А. И.Мильченко и др. Под общей ред. М.Ф.Михалева. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. -301 с.,ил.

6. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Лащинский А.А., Толчинский А.Р., Л., «Машиностроение», 1970.-752с.
7. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник.-Л.:

Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1981.-382с.

7. Пластинчатые теплообменники: Каталог. Под ред. Н.Н.Бенсман, 2-е изд. перераб. и дополн. М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1974-59с.

8. Фланцы и арматуры, соединительных частей и трубопроводов. ГОСТ 12815-80 (СТ СОВ 3249-81, СТ СОВ 3250-81, СТ СОВ 3251-81)-ТОСТ 12822-80, М.: Издательство стандартов, 1984.-104с.
9. Справочник конструктора-инструментальщика: Под общ. ред. В.И. Баранчикова. - М.Машиностроение, 1994-560с., ил.
10. Менеджмент: Программа технологической практики и методические указания по выполнению курсовой работы для студентов химикотехнологического факультета. - Томск: Изд. ТПУ, 2002.-53с.
11. Бобков А.С., Блинов А.А., Роздин И.А., Хабарова Е. И. Охрана труда и экологическая безопасность в химической промышленности-М.: Химия, 1998-400С.
12. Беспамятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник. — Л.: Химия, 1985. - 528 с.
13. СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение».
14. СанПин 2.2.4.548 — 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».