

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий

Направление 18.03.01 Химическая технология Машины и аппараты химических производств

Отделение школы (НОЦ) НОЦ Кижнера Н.М.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование выпарного аппарата для производства аммиачной селитры

УДК 661.525.048.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г6Б	Ахматов Хуршидбек Хасан угли		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ан В.В.	д.х.н, доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кашук И.В.	к.т.н, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина М.С.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Беляев В.М.	к.т.н., доцент		

Томск – 2020 г.

Запланированные результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
P1	Применять базовые математические и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и специальные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОПК1,2,3; ПК-8,10,11,12; ОК1,2,3,4), Критерий 5 АИОР (п.1.1)
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач	Требования ФГОС (ОПК1,2; ПК-1,3,,9; ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2)
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии.	Требования ФГОС (ОПК-2; ПК-2,4,5,16; ОК5,7), Критерий 5 АИОР (пп.1.2)
P4	Разрабатывать новые технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия , общества и окружающей среды	Требования ФГОС (ОПК – 1; ПК-2,4,5,8,17,18; ОК3,4), Критерий 5 АИОР (п.1.3)
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий	Требования ФГОС (ОПК -2,3; ПК-13,14,15; ОК-7), Критерий 5 АИОР (п.1.4)
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, выводить на рынок новые материалы, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды	Требования ФГОС (ОПК – 3; ПК1,4,6,7,9,10,11; ОК-9), Критерий 5 АИОР (п.1.5)
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности. собственности.	Требования ФГОС (ОК1,6), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5)
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-7), Критерий 5 АИОР (2.6)
P9	Активно ладеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-5) , Критерий 5 АИОР (п.2.2)

P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве, ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации	Требования ФГОС (ОК4,6,8) , 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»**

Школа **Инженерная школа новых производственных технологий**
Направление подготовки (специальность) **18.03.01 Химическая технология**
Отделение школы (НОЦ) **НОЦ Кижнера Н.М**

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

(Подпись) _____ (Дата) **Беляев В.М**
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
4Г6Б	Ахматову Хуршидбеку Хасан угли

Тема работы:

Проектирование выпарного аппарата для производства аммиачной селитры

Утверждена приказом директора (дата, номер)	27.02.2020г., № 58-47/с
---	-------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:

03.06.2020

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.).	Объектом исследования является химический реактор для нейтрализации раствора нитрата аммония (NH_4NO_3) марка А, высший сорт (ГОСТ 2-2013) 1. Производительность по продукту, т/год – 450000; 2. Состав сырья: Газообразный аммиак (NH_3 99-99.%), азотная кислота (HNO_3 57-58 %); 3. Продукт: аммиачной селитры марка А высший сорт (ГОСТ 2-2013) 4. Способ организации процесса: непрерывный; 5. Годовой фонд рабочего времени, дн – 333.
---	---

<p>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).</p>	<p>Реферат; Введение; Литературный обзор Технологический раздел Механический расчет Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; Социальная ответственность; Заключение.</p>
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>Лист 1 - Технологическая схема (А1) Лист 2 - Выпарной аппарат (А1) Лист 3 - Крышка (А4) Лист 4 - Днища (А4)</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Конструктивно-механический раздел</p>	<p>Беляев Василий Михайлович</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Кашук Ирина Вадимовна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Черемискина Мария Сергеевна</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Реферат</p>	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент НОЦ Н.М. Кижнера</p>	<p>Ан Владимир Вилорьевич</p>	<p>д.х.н., доцент</p>		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>4Г6Б</p>	<p>Ахматов Хуршидбек Хасан угли</p>		

Реферат

Тема бакалаврской работы связана с проектирование выпарного аппарата для производства аммиачной селитры.

В обзоре литературы рассмотрены свойства плава аммиачной селитры. Произведен технологический, конструктивный и прочностной расчеты выпарного аппарата.

В расчетно-конструкционном разделе был произведен расчет: Конструирование элементов основного оборудования, выбор материала для изготовления аппарата, расчет толщины стенки парового пространства греющей камеры, расчет толщины стенки эллиптических днищ, расчет укрепления отверстия кольцом, расчет опоры для вертикального аппарата. Описаны мероприятия по социальной ответственности и финансовый менеджмент.

Бакалаврская работа состоит из пояснительной записки, содержащий 97 листов формата А4 стр, 20 рисунок, 21 таблицы, графического материала 2 листах формата А1.

Ключевые слова: выпарной аппарат, греющая камера, фланец.

Abstract

The theme of bachelor's work is related to the design of an evaporator for the production of ammonium nitrate.

In a review of the literature, the properties of ammonium nitrate melt are considered. Produced technological, structural and strength calculations of the evaporator.

In the calculation and construction section, the following calculations were made: Designing the elements of the main equipment, selecting the material for the manufacture of the apparatus, calculating the wall thickness of the steam space of the heating chamber, calculating the wall thickness of the elliptical bottoms, calculating the hole reinforcement with the ring, calculating the support for the vertical apparatus. Social responsibility measures and financial management are described.

Bachelor's work consists of an explanatory note containing 97 sheets of A4 page format, 20 figure, 21 tables, graphic material 2 sheets of A1 format.

Key words: evaporator, heating chamber, flange.

Оглавление

Введение	10
1 Литературный обзор	13
1.1 Сырье для получения аммиачной селитры.....	13
1.1.1 Классификация выпарных аппаратов	13
1.1.2 Выпарные аппараты с естественной циркуляцией.....	14
1.1.3 Выпарные аппараты с принудительной циркуляцией	18
1.1.4 Пленочные выпарные аппараты	19
2 Технологический раздел	22
2.1 Описание технологической схемы и проектируемого оборудования.....	22
3. Технологический расчет	26
3.1. Исходные данные	26
3.2. Материальный баланс.....	27
3.3. Тепловой баланс	28
3.4. Расчет и подбор вспомогательного оборудования	39
4. Механический расчет	42
4.1. Конструирование аппарата	43
4.2 Выбор материала для изготовления аппарата	43
4.3 Расчет толщины стенки парового пространства греющей камеры поз.2	45
4.4. Расчет толщины стенки эллиптических днищ	47
4.5. Расчет укрепления отверстия на греющей камере (поз.2)	52
4.6. Расчет опоры для вертикального аппарата поз.5	54
4.7. Основные полученные результаты (резюме)	56
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	58
5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	59
5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования	59
5.1.2. Анализ конкурентных технических решений.....	60
5.1.3. SWOT-анализ	62
5.2. Планирование научно-исследовательских работ	65
5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	65
5.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ.....	68
5.3. Бюджет научно-технического исследования.....	76

5.3.1. Расчет материальных затрат НТИ.....	77
5.3.2. Затраты на оборудование.....	78
5.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы	79
5.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы	81
5.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды.....	81
5.4. Накладные расходы и формирование бюджета	82
6. Социальная ответственность	86
6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	87
6.1.1. Специальные нормы трудового законодательства	87
6.1.2. Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зона.....	88
6.2. Производственная безопасность.....	88
6.2.1. Анализ вредных и опасных производственных факторов, который может создать объект исследования.	90
6.2.1.1. Превышение уровня шума.....	90
6.2.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	91
6.2.1.3 . Электрический ток.....	91
6.2.1.4 Повышенная температура поверхностей оборудования и обрабатываемых их материала.....	92
6.2.1.5 Механические повреждения (движущийся машины и механизм; подвижные части производственного оборудования)	92
6.3 Экологическая безопасность.....	92
6.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	92
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	93
6.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований	93
6.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	94
Заключение	95
Список использованных источников	96

Введение

В Узбекистане были разработаны и освоены агрегаты производства аммиачной селитры мощностью 450 тыс. т/год, являющиеся одними из наиболее крупных и совершенных в мире. В отличие от зарубежных установок в этих агрегатах, благодаря применению более совершенной системы грануляции, отсутствуют стадии классификации и дробления селитры [1].

Процесс производства гранулированной аммиачной селитры из газообразного аммиака и азотной кислоты состоит из следующих стадий:

- Нейтрализация азотной кислоты (HNO_3 - не менее – 57 %) с газообразным аммиаком осуществляется в аппаратах Исполнитель теплоты нейтрализации;
- Донеитрализация аммиачной селитры и введения магниевой или кальций содержащей добавки;
- Упаривание полученного раствора в выпарном аппарате до состояния высококонцентрированного плава и перекачивания плава наверх грануляционной башни;
- Гранулирование плава с последующим охлаждением гранул осуществляется в агрегате кипящего слоя.
- Процесс получения аммиачной селитры.

сеп применяется в сельском хозяйстве в качестве азотного удобрения. А также экспортируется в такие страны как Киргизия, Таджикистан, Казахстан, в дальнее зарубежье. Селитра аммиачная NH_4NO_3 – применяется в качестве азотного удобрения и во многих отраслях промышленности. Аммиачная селитра упаковывается в полипропиленовые мешки. А также допускается транспортирование аммиачной селитры в неупакованном виде в минераловозах или хопперах. Транспортирование селитры в мешках производится в крытых железнодорожных вагонах и автотранспортом. Гарантийный срок хранения аммиачной селитры – шесть месяцев со дня изготовления.

Продукция АО «Farg'onaazot» востребована как на внутреннем, так и на внешнем рынках. На внутреннем рынке минеральные удобрения предприятие

реализует в адрес республиканских сельхозтоваропроизводителей, в том числе через специализированные территориальные акционерные общества «Кишлохужаликкиме». Через данные организации предприятие реализует минеральные удобрения и дефолианты по государственному заказу и для прочих нужд фермерских хозяйств. Основными экспортируемыми видами продукции предприятия являются карбамид, аммиачная селитра и хлорат натрия. На протяжении многих лет АО «Farg'onaazot» успешно экспортирует продукцию, а также закрепил свои позиции на азиатском рынке химической продукции. Основной экспорт продукции производится в следующих направлениях: Азиатские страны (Малайзия, ОАЭ, Шри-Ланка, Корея, Филиппины, Турция) и страны СНГ (Россия, Казахстан, Кыргызстан, Туркменистан). С целью расширения номенклатуры и увеличения объемов экспорта, а также укрепления позиций на новых рынках химической продукции принимаются участие на международных выставках и ярмарках, ежедневно проводится анализ внешнего рынка по вновь освоенной продукции в Интернете, сравнение цен и заключение договоров с потребителями в соответствии с конъюнктурой рынка. Основной экспорт продукции АО «Farg'onaazot» производится через компанию ГАВК «Марказсаноатэкспорт». В целях конкуренции на мировых рынках химической продукции совместно с ГАВК «Марказсаноатэкспорт» ведутся маркетинговые исследования, изучаются конкурентоспособные цены в вышеуказанных регионах, а также ведутся поиски новых рынков сбыта.

В промышленности аммиачную селитру получают различными способами, различающийся друг от друга как по виду добавок и способу их приготовления, так и по способу гранулирования плава. Одной из стадий производства является, концентрирование раствора в выпарном аппарате [2].

Выпариванием называют концентрирование растворов практически нелетучих или малолетучих веществ в жидких летучих растворителях [2].

Выпариванию подвергают растворы твердых веществ (водные растворы щелочей, солей и др.), также высококипящие жидкости, обладающие при

температуре выпаривания весьма малым давлением пара, – некоторые минеральные и органические кислоты, многоатомные спирты и др.

Получение высококонцентрированных растворов, практически сухих и кристаллических продуктов облегчает и удешевляет их перевозку и хранение.

Тепло для выпаривания можно подводить любыми теплоносителями, применяемыми при нагревании. В большинстве случаев в качестве греющего агента при выпаривании применяется водяной пар, которого называют греющим, или первичным.

Образующийся пар при выпаривании кипящего раствора, называется вторичным или соковым паром. Процессы выпаривания проводят под вакуумом, при повышенном и атмосферном давлении. Процесс выпаривания относится к тепловым процессам и осуществляется в аппаратах, под названием выпарной аппарат.

Выпаривание может осуществляться в одиночных выпарных аппаратах (однокорпусных выпарных установках) и в многокорпусных выпарных установках, состоящих из нескольких выпарных аппаратов, или корпусов, в которых вторичный пар каждого предыдущего корпуса направляется в качестве греющего в последующий корпус [2].

Целью данной бакалаврской работы является разработка выпарного аппарата, работающего в составе установки производства аммиачной селитры.

1 Литературный обзор

1.1 Сырье для получения аммиачной селитры

В производстве аммиачной селитры используются азотная кислота концентрацией до 60% и газообразный аммиак или газы, содержащие аммиак (продувочные и танковые газы, газы дистилляции производства карбамида).

В ряде случаев применяются также водные растворы, содержащие нитрат аммония, и являющиеся побочным продуктом других производств – например, получаемые после конверсии тетрагидрата нитрата кальция в производстве нитроаммофоски методом азотнокислотного разложения апатита.

Используемое сырье не должно содержать сверхдопустимых пределов примесей хлоридов, масла, органических соединений и ряда других веществ, усугубляющих опасность термического разложения и взрыва в технологическом процессе производства.

1.1.1 Классификация выпарных аппаратов

Наибольшее распространение в химической и смежных отраслях промышленности получили высокопроизводительные выпарные аппараты непрерывного действия, особенно трубчатые выпарные аппараты различных типов. Нагревательные камеры таких аппаратов могут быть непосредственно соосно соединены с сепараторами в единое устройство. Возможно и устройство, состоящее из двух самостоятельных элементов: нагревательной камеры и сепаратора.

Выпарные аппараты классифицируются по различным признакам. Наиболее существенной является классификация по принципу организации циркуляции кипящего раствора в аппарате. Различают выпарные аппараты с естественной и принудительной циркуляцией раствора, пленочные и барботажные (с погружными горелками) аппараты.

Подп. и дата					
Взам. инв. №					
Инв. № дубл.					
Подп. и дата					
Инв. № подл.					
ФЮРА ПВА 000000 ПЗ					
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.	Ахматов Х.Х				Обзор литературы
Пров.	Ан В.В				
Т. контр.					
Н. контр.					
РуковООП	Беляев В.М				
Лит	Лист	Листов			
Д	13	97			
ТПУ			ИШНПТ		
Группа			4Г6Б		

Хорошая циркуляция раствора в аппарате способствует интенсификации теплообмена, в первую очередь со стороны кипящей жидкости. Как известно, увеличение скорости движения жидкости приводит к уменьшению толщины теплового пограничного слоя, снижению его термического сопротивления и повышению коэффициента теплоотдачи. Кроме того, циркуляция раствора предотвращает быстрое отложение на стенках кипятильных труб твердой фазы (накипи).

1.1.2 Выпарные аппараты с естественной циркуляцией

Одна из конструкций таких аппаратов с центральной циркуляционной трубой показана на рисунке 1.4.

Циркуляция раствора в таких аппаратах вызывается различием плотностей парожидкостной смеси в циркуляционной трубе и кипятильных трубах. Скорость циркуляции здесь невелика (скорость движения парожидкостной смеси составляет 0,3-0,8 м/с). Поэтому коэффициенты теплопередачи также относительно низкие. Несмотря на достаточную простоту, аппараты этого типа заменяются на другие – с более интенсивной циркуляцией.

Греющая камера состоит из ряда вертикальных кипятильных труб 2, обогреваемых снаружи паром. По оси греющей камеры расположена циркуляционная труба 3 значительно большего диаметра, чем кипятильные трубы. Хотя в таком аппарате циркуляционная труба обогревается снаружи паром, раствор нагревается в ней значительно меньше, чем в кипятильных трубах. Это объясняется тем, что поверхность трубы пропорциональна ее диаметру, а объем жидкости в ней пропорционален квадрату диаметра; таким образом, в циркуляционной трубе объем жидкости на единицу поверхности трубы значительно больше, чем в кипятильных трубах.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	ФЮРА ПВА 000000 ПЗ					Лист
										14

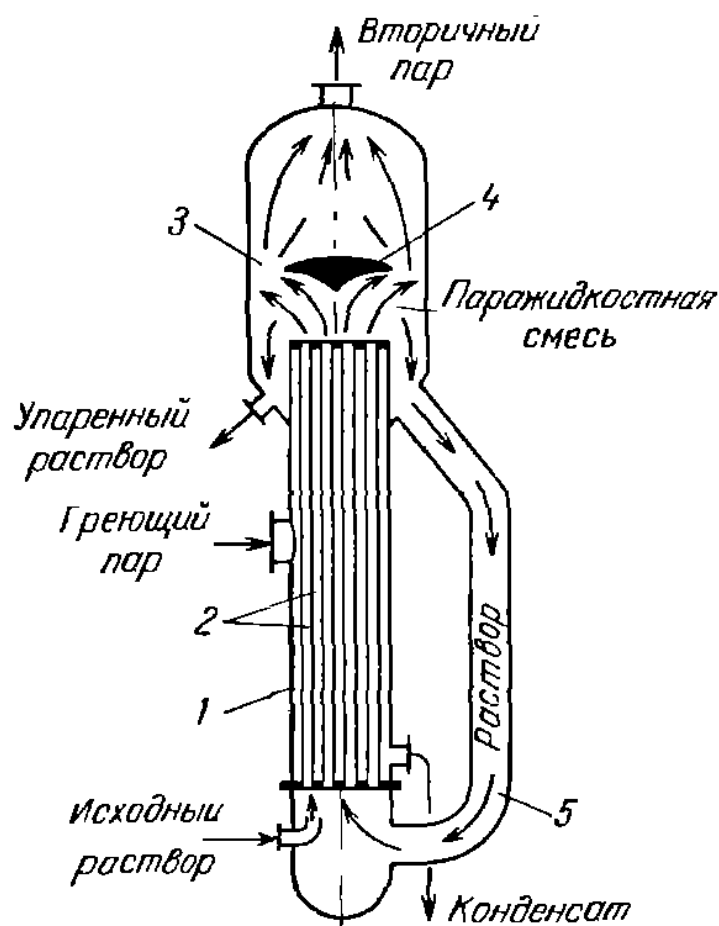


Рисунок 2 – Выпарной аппарат с вынесенной циркуляционной трубой:

1 – нагревательная камера; 2 – кипяtilьные трубки; 3 – сепаратор; 4 – брызгоотбойник; 5 – циркуляционная труба

В этом аппарате циркуляционная труба не обогревается, следовательно раствор в ней не кипит и парожидкостная смесь не образуется. Разность плотностей парожидкостной смеси в кипяtilьных трубах 2 и раствора в циркуляционной трубе больше, чем в аппаратах с центральной циркуляционной трубой, поэтому кратность циркуляции и коэффициенты теплопередачи несколько выше. Повышение скорости движения парожидкостной смеси в кипяtilьных трубах уменьшает возможность отложения солей, которые могут выделяться при концентрировании растворов.

Существенного снижения отложения солей можно достичь при использовании аппаратов с вынесенной зоной кипения (см. рисунок 3).

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № инв.					
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	ФЮРА ПВА 000000 ПЗ					
					Лист 16					

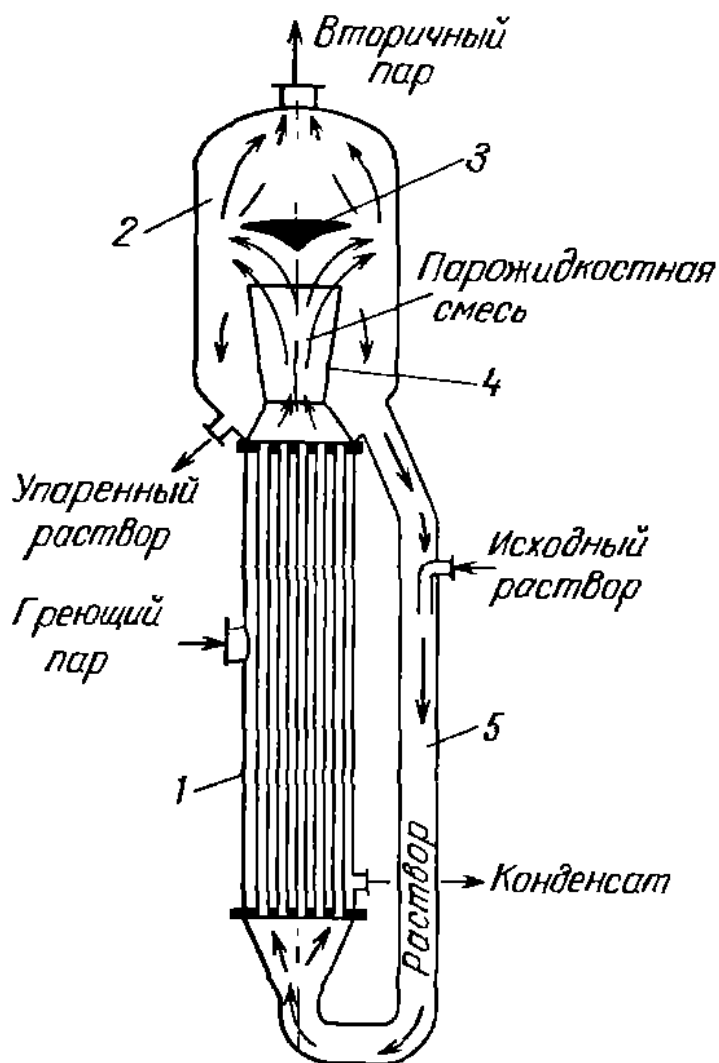


Рисунок 3 – Выпарной аппарат с вынесенной зоной кипения:

1 – нагревательная камера; 2 – сепаратор; 3 – брызгоотбойник; 4 – труба вскипания; 5 – циркуляционная труба

В таких аппаратах вследствие увеличенного гидростатического давления столба жидкости кипения в трубах нагревательной камеры 1 не происходит, упариваемый раствор только перегревается.

При выходе перегретого раствора из этих труб в трубу вскипания 4 он попадает в зону пониженного гидростатического давления, где и происходит интенсивное его закипание. Таким образом предотвращается возможность отложения накипи на теплообменной поверхности труб и, следовательно, увеличиваются коэффициент теплопередачи и время эксплуатации аппарата между профилактическими ремонтами.

Рисунок 3 – Выпарной аппарат с вынесенной зоной кипения:

1 – нагревательная камера; 2 – сепаратор; 3 – брызгоотбойник; 4 – труба вскипания; 5 – циркуляционная труба

В таких аппаратах вследствие увеличенного гидростатического давления столба жидкости кипения в трубах нагревательной камеры 1 не происходит, упариваемый раствор только перегревается.

При выходе перегретого раствора из этих труб в трубу вскипания 4 он попадает в зону пониженного гидростатического давления, где и происходит интенсивное его закипание. Таким образом предотвращается возможность отложения накипи на теплообменной поверхности труб и, следовательно, увеличиваются коэффициент теплопередачи и время эксплуатации аппарата между профилактическими ремонтами.

ФЮРА ПВА 000000 ПЗ

Лист
17

1.1.3 Выпарные аппараты с принудительной циркуляцией

Более высокие кратности циркуляции, соответствующие скоростям движения парожидкостной смеси более 2-2,5 м/с, достигаются в выпарных аппаратах с принудительной циркуляцией (см. рисунок 4).

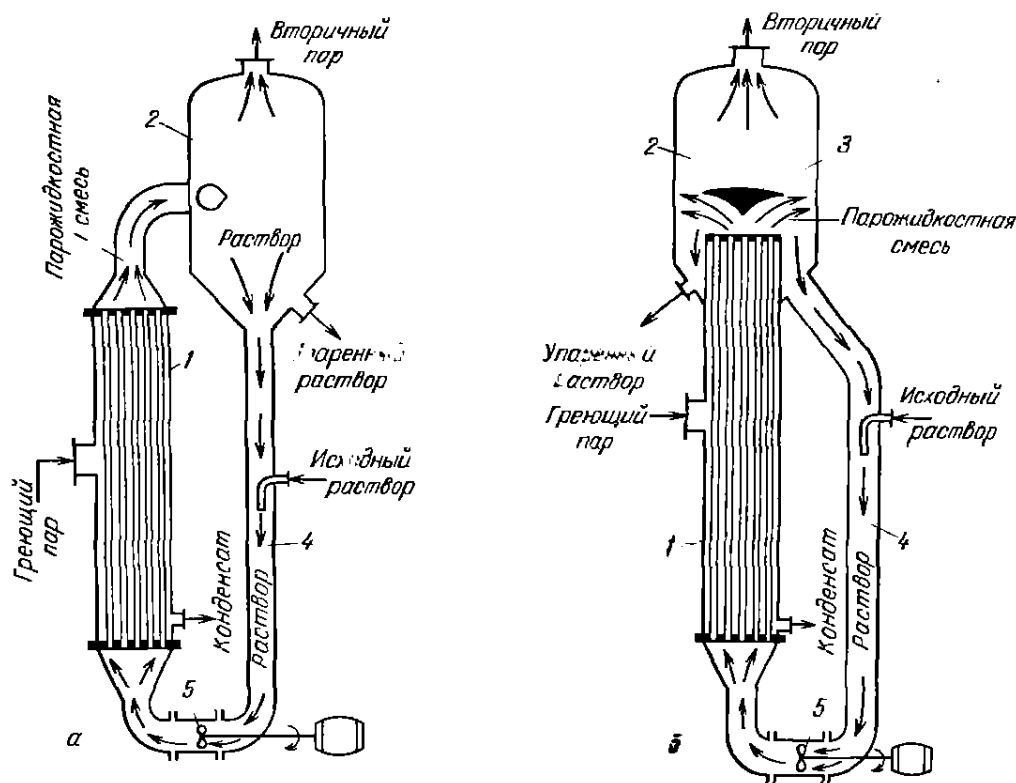


Рисунок 4 – Выпарной аппарат с принудительной циркуляцией и вынесенными нагревательной камерой (а) и циркуляционной трубой (б):

1 – нагревательные камеры; 2 – сепараторы; 3 – брызгоуловитель; 4 – циркуляционные трубы; 5 – насосы.

Повышение кратности циркуляции обеспечивается установкой в циркуляционной трубе осевых насосов 5, обладающих высокой производительностью. В связи с более высокими скоростями движения жидкости в этих аппаратах достаточно высоки коэффициенты теплопередачи – более 2000 Вт/(м²× К), поэтому такие аппараты могут эффективно работать при меньших полезных разностях температур (равных 3–5 °С). В аппаратах с принудительной циркуляцией можно с успехом концентрировать высоковязкие или кристаллизующиеся растворы.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
ФЮРА ПВА 000000 ПЗ				
				Лист
				18

В ряде случаев выпарные аппараты с принудительной циркуляцией выполняют с вынесенной нагревательной камерой (см. рисунок 1.7, а). В этом случае появляется возможность производить замену нагревательной камеры при ее загрязнении, а иногда к одному сепаратору подсоединять две или три нагревательные камеры. Роль зоны вскипания выполняет труба, соединяющая нагревательную камеру и сепаратор. Достоинством выпарного аппарата с соосными греющей камерой и сепаратором (см. рисунок 1.7, б) является меньшая производственная площадь, необходимая для его размещения.

К общим недостаткам выпарных аппаратов с принудительной циркуляцией следует отнести повышенный расход энергии, связанный с необходимостью работы циркуляционного насоса.

Все рассмотренные выше конструкции аппаратов по структуре движения в них жидкости близки к моделям идеального перемешивания, поэтому при сравнительно большом объеме циркулирующего раствора последний находится при повышенных температурах достаточно длительное время (а отдельные частицы жидкости - бесконечно долго). Это существенно затрудняет выпаривание нетермостойких растворов. Для таких растворов можно использовать пленочные выпарные аппараты.

1.1.4 Пленочные выпарные аппараты

Их относят к группе аппаратов, работающих без циркуляции; процесс выпаривания осуществляется за один проход жидкости по кипяtilьным трубам, причем раствор движется в них в виде восходящей или нисходящей пленки жидкости. Как правило, эти аппараты работают при прямоточном движении раствора и образующегося вторичного пара, который занимает центральную часть труб. В связи с этим здесь отсутствует гидростатический столб парожидкостной смеси и, следовательно, гидростатическая депрессия. Для обеспечения заданных пределов изменения концентраций упариваемых растворов кипяtilьные трубы делают длинными (6-10 м).

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист 19
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	ФЮРА ПВА 000000 ПЗ

Выпарной аппарат с восходящей пленкой жидкости (см. рисунок 5, а) работает следующим образом.

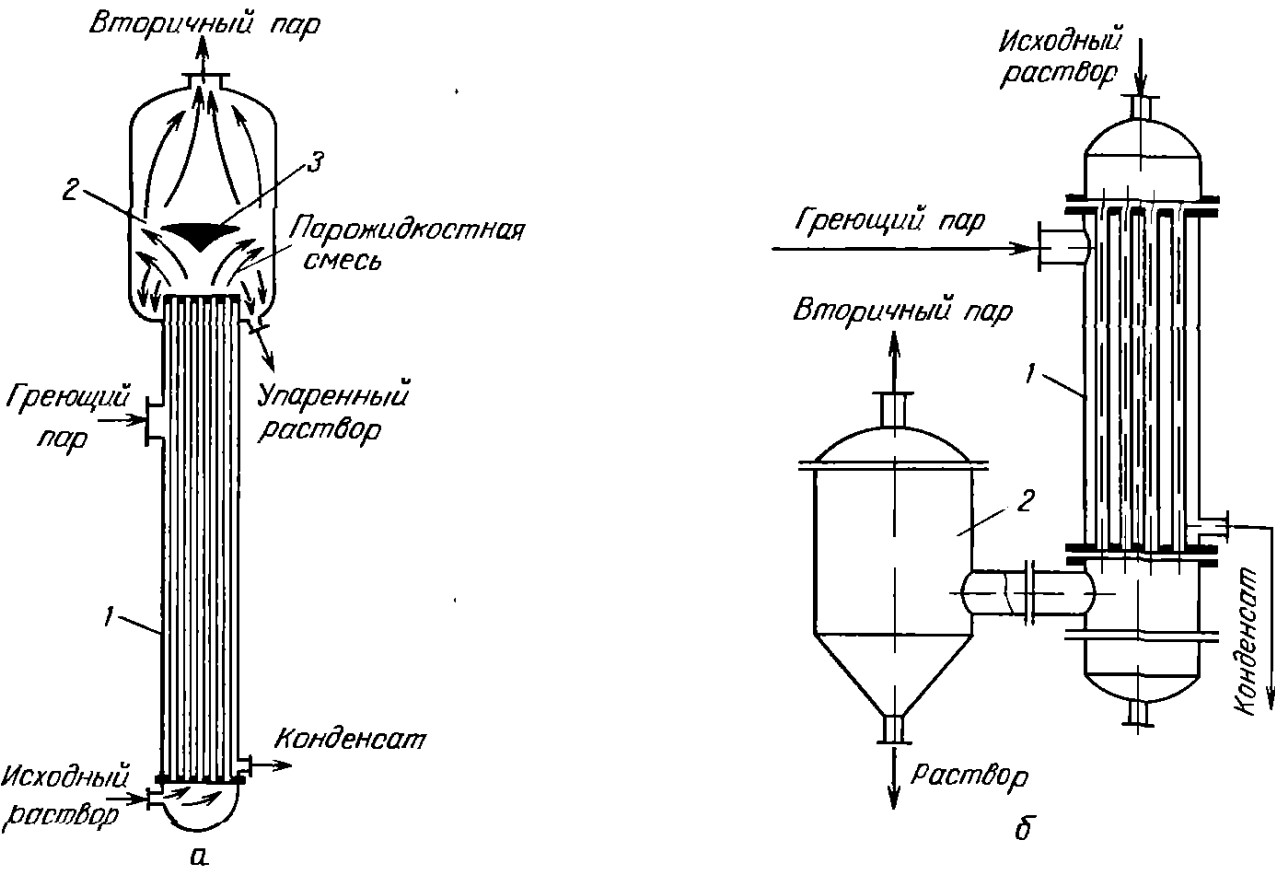


Рисунок 5 – Выпарные пленочные аппараты
с восходящей (а) и нисходящей (б) пленкой жидкости:

1 – нагревательные камеры; 2 – сепараторы; 3 – брызгоотбойник

Снизу заполняют раствором трубы на 25% их высоты, подают греющий пар, который вызывает интенсивное кипение. Выделяющийся вторичный пар, поднимаясь по трубам, за счет сил поверхностного трения увлекает за собой раствор. В сепараторе пар и раствор отделяются друг от друга.

В выпарном аппарате с нисходящей пленкой жидкости (см. рисунок 5, б) исходный раствор подают в верхнюю часть нагревательной камеры 1, где обычно расположен распределитель жидкости, из которого последняя по трубам стекает вниз. Образующийся вторичный пар также движется в нижнюю часть нагревательной камеры, откуда вместе с жидкостью попадает в сепаратор 2 для отделения от раствора.

Инв. № подл.	Подл. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Инв. № подл.	Подл. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА ПВА 000000 ПЗ	Лист
	20

Для снижения температуры кипения раствора процесс, как правило, проводят под вакуумом. В этих аппаратах удается упаривать также растворы, склонные к интенсивному пенообразованию. Вместе с этим пленочным аппаратам свойствен ряд недостатков. Они очень чувствительны к изменениям нагрузок по жидкости, в особенности при малых расходах растворов. Существует определенный минимальный расход раствора, ниже которого не удастся достигнуть полного смачивания поверхности теплопередачи. Это может приводить к местным перегревам трубок, выделению твердых осадков, резкому снижению интенсивности теплопередачи. В таких аппаратах не рекомендуется выпаривать кристаллизующиеся растворы. Для них также требуются большие производственные площади.

Всем трубчатым выпарным аппаратам свойствен существенный недостаток: в них затруднительно, а часто и практически невозможно выпаривать агрессивные растворы. Для таких растворов применяют аппараты, в которых отсутствуют теплопередающие поверхности, а процесс теплообмена осуществляют путем непосредственного соприкосновения теплоносителя (нагретых или топочных газов) с упариваемым раствором.

На основании выполненного анализа конструкций оборудования и технологических схем производства аммиачной селитры принимаем пленочный выпарной аппарат со стекающей пленкой.

Упаренный раствор аммиачной селитры выводится снизу аппарата. Для предотвращения кристаллизации плава в нижней части греющей камеры установлены специальные тарелки, часть из которых оборудована змеевиками, обогреваемыми водяным паром.

Нижнее днище выпарного аппарата оборудовано рубашкой, которая также обогревается водяным паром.

Инв. № подл	Подп. и дата
	Взам. инв. №
	Инв. № дубл.
	Подп. и дата
	Инв. № подл

2 Технологический раздел

2.1 Описание технологической схемы и проектируемого оборудования

Схема установки производства аммиачной селитры показана на рисунке 6.

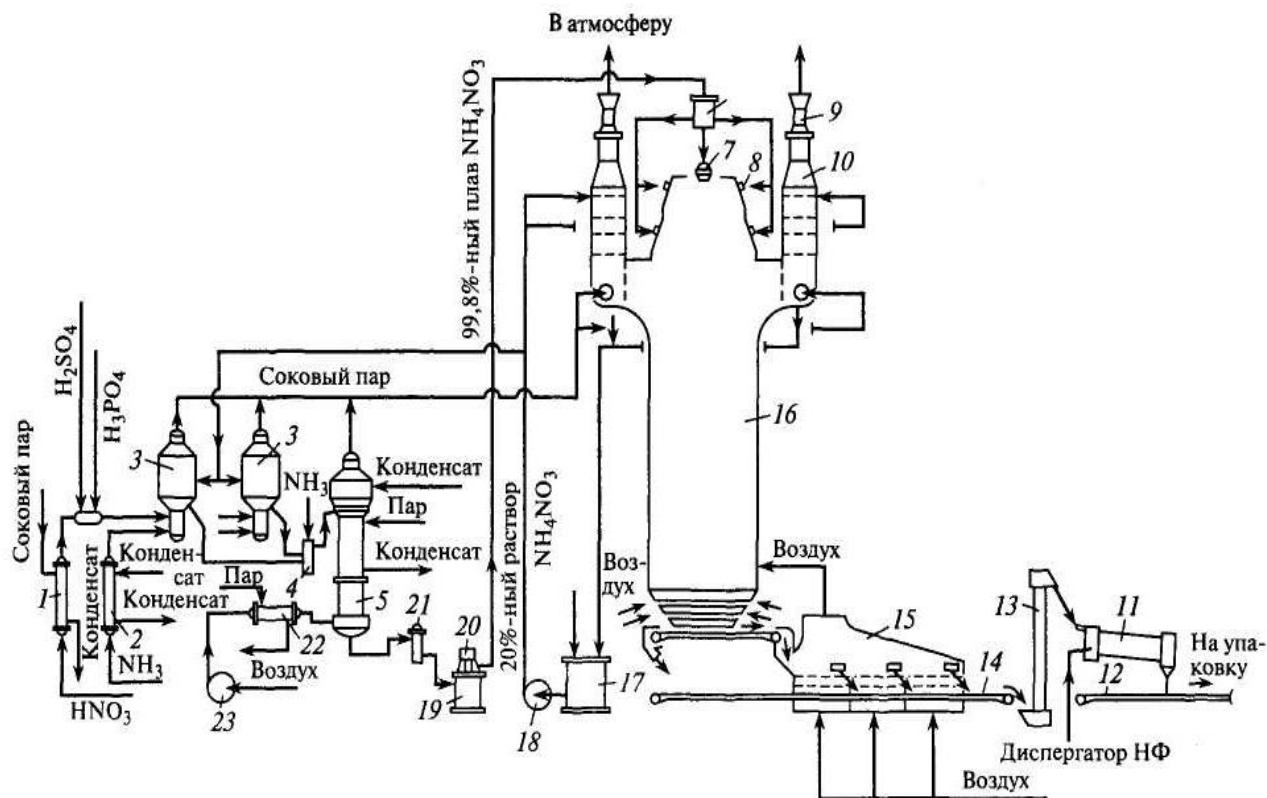


Рисунок 6 – Схема агрегата по производству аммиачной селитры АС-72:

1 – подогреватель кислоты; 2 – подогреватель аммиака; 3 – аппараты ИТН; 4 – донейтрализаторы; 5 – выпарной аппарат; 6 – напорный ак; 7,8 - грануляторы; 9,23 – вентиляторы; 10 – промывной скруббер; 11 – барабан; 12,14 – транспортеры; 13 – элеватор; 15 – аппарат кипящего слоя; 16 – грануляционная башня; 17 – сборник; 18,20 – насосы; 19 – бак для плава; 21 – фильтр для плава; 22 – подогреватель воздуха

В современном крупнотоннажном агрегате по производству аммиачной селитры АС-72 мощностью 1360 т/сут. исходная 55 – 60 %-ная азотная кислота подогревается в подогревателе 1 до 70– 80 °С соковым паром из аппарата ИТН 3 и подается на нейтрализацию. Перед аппаратами 3 к азотной кислоте добавляют фосфорную и серную кислоты в таких количествах, чтобы в готовом продукте содержалась 0,3 – 0,5 % P_2O_5 и 0,05 – 0,2 % сульфата аммония.

Инв. № подл. Подп. и дата. Инв. № инв. Взам. инв. №. Инв. № дубл. Подп. и дата. Инв. № подл.

ФЮРА ПВА 000000 ПЗ

Лист

22

Ли. Изм. № докум. Подп. Дат

В агрегате установлены два аппарата ИТН, работающие параллельно. Кроме азотной кислоты в них подают газообразный аммиак, предварительно нагретый в подогревателе 2 паровым конденсатом до 120 – 130°C. Количество подаваемых азотной кислоты и аммиака регулируют таким образом, чтобы на выходе из аппарата ИТН раствор имел небольшой избыток кислоты (2 – 5 г/л), обеспечивающий полноту поглощения аммиака.

В нижней части аппарата происходит реакция нейтрализации при температуре 140 – 165°C. Получается концентрированный раствор, содержащий 80–85 % NH_4NO_3 . В верхней части аппарата водяные пары (так называемый соковый пар) отмываются от брызг аммиачной селитры и паров азотной кислоты. Часть теплоты сокового пара используется на подогрев азотной кислоты. Затем соковый пар направляют на очистку и выбрасывают в атмосферу.

Кислый раствор аммиачной селитры направляют в донейтрализатор 4, куда поступает аммиак, необходимый для взаимодействия с оставшейся азотной кислотой. Затем раствор подают в выпарной аппарат 5. Полученный плав, содержащий 98 – 99 % селитры, при 175-185 °C проходит фильтр 21 и центробежным погружным насосом 20 подается в напорный бак 6, а затем в прямоугольную металлическую грануляционную башню 16.

В верхней части башни расположены грануляторы 7 и 8, в нижнюю часть которых подают воздух, охлаждающий падающие сверху капли селитры. Во время падения капель селитры с высоты 50 – 55 м при обтекании их потоком воздуха образуются гранулы удобрения. Температура гранул на выходе из башни равна 90 – 110 °C; горячие гранулы охлаждают в аппарате кипящего слоя 15. Это прямоугольный аппарат, имеющий три секции и решетку с отверстиями. Под решетку вентиляторами подают воздух. Создается псевдо-ожиженный слой гранул селитры, поступающих по транспортеру из грануляционной башни. Воздух после охлаждения попадает в грануляционную башню. Гранулы аммиачной селитры транспортером 14 подают на обработку поверхностно-активными веществами во вращающийся барабан 11. Затем готовое удобрение транспортером 12 направляют на упаковку.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	ФЮРА ПВА 000000 ПЗ	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		23

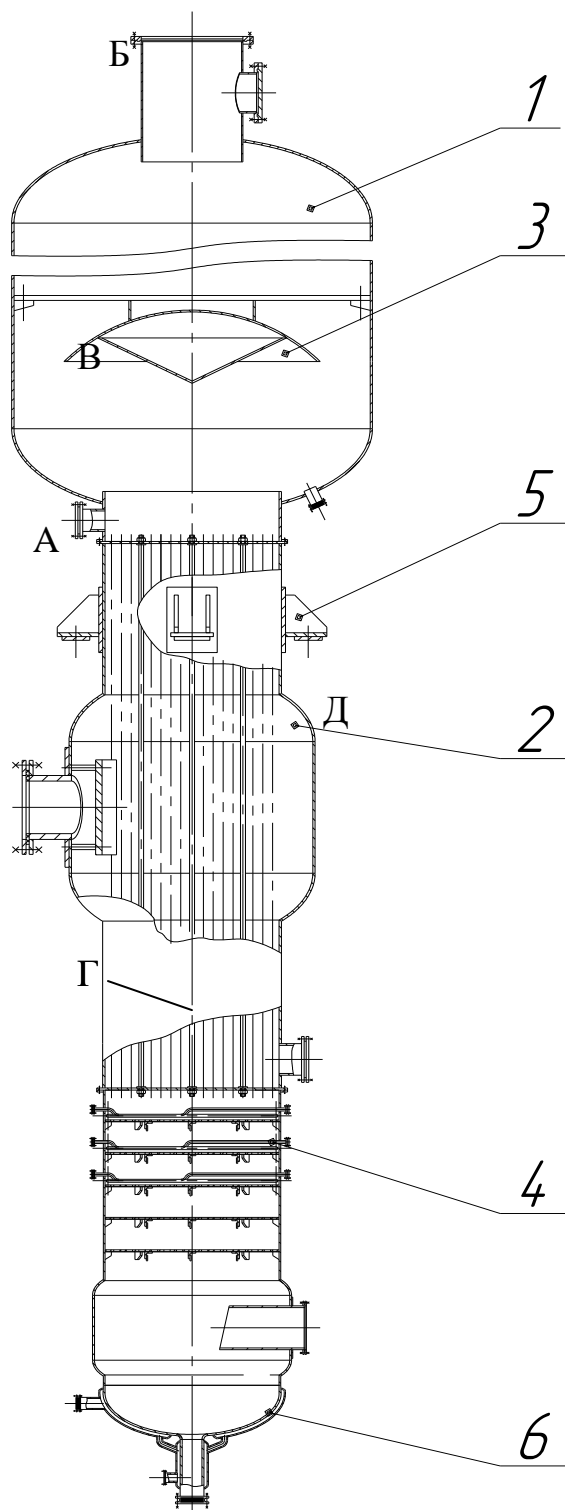


Рисунок 7 – Конструкция выпарного аппарата

1 – сепаратор; 2 – греющая камера; 3 – отбойник; 4 – тарелка; 5 – опора; 6 – днище с рубашкой.

Несмотря на большую высоту труб греющей камеры, потери полезной разности температур за счет гидростатического столба невелики и их можно не учитывать при расчете аппарата.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА ПВА 000000 ПЗ

Лист

25

Греющий пар через штуцер А поступает в межтрубное пространство аппарата. Конденсат удаляется через штуцер Д.

Вторичный пар из сепаратора аппарата выводится через штуцер Б.

Для наблюдения за работой аппарата предусмотрены смотровые окна, для установки манометров и термометров – бобышки. Аппарат рассчитан на непрерывную работу.

3. Технологический расчет

3.1. Исходные данные

Целью выполнения данного раздела является расчет основных геометрических размеров выпарного аппарата или выбор типоразмера. Методика расчета описана в источнике [3, 4]. Физико-химические параметры раствора определены из источника [1]. Параметры водяного пара определены из источника [3].

В качестве исходных данных приняты следующие величины, сведенные в таблицу 1.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета выпарного аппарата

Наименование параметра	Обозначение	Размерность	Величина
Производительность по сырью	G_H	т/ч	45
Давление греющего пара	$P_{гп}$	МПа	1,2
Температура греющего пара	$t_{гп}$	°C	170,9
Среда: плав аммиачной селитры, плотность	$\rho_{пл}$	т/м ³	1,69...1,73
Температура плава	$t_{пл}$	°C	169,6

Принимаем дополнительные исходные данные по аналогии с существующим промышленным объектом (см. таблицу 2)

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № инв.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	ФЮРА ПВА 000000 ПЗ					Лист
										26

Таблица 2 – Исходные данные для расчета выпарного аппарата

Наименование параметра	Обозначение	Величина
Начальная концентрация плава	X_H	84,2 %
Конечная концентрация плава	X_K	98,4%

3.2. Материальный баланс

Схема к расчету материального баланса приведена на рисунке 8.

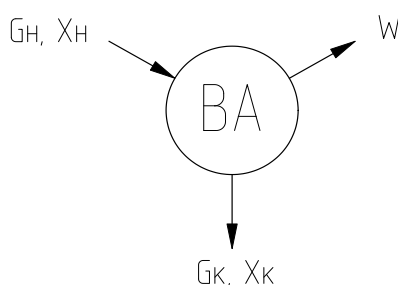


Рисунок 8 – Схема к расчету материального баланса

Все используемые расчетные формулы и зависимости взяты из [1, 3, 4].

Материальный баланс составляется исходя из материальных потоков продукта входящих (выходящих) в выпарной аппарат, представленных на рисунке 8.

Уравнение материального баланса

$$G_H = W + G_K, \text{ кг/с}, \quad (2.1)$$

где W – расход сокового пара, кг/с;

G_K – расход упаренного раствора, кг/с.

Производительность

$$G_H = 45000 / 3600 = 9,00 \text{ кг/с}$$

Расход сокового пара W рассчитывается по формуле [2.2]

$$W = G_H \cdot \left(1 - \frac{x_H}{x_K}\right) = 12,5 \cdot \left(1 - \frac{84,2}{98,4}\right) = 1,80 \text{ кг/с}. \quad (2.2)$$

Расход упаренного раствора G_K , кг/с определяется по формуле [2.3]

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	ФЮРА ПВА 000000 ПЗ	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	27	

$$G_K = G_H \cdot \frac{x_H}{x_K} = 12,5 \cdot \frac{84,2}{98,4} = 10,70, \text{ кг/с.} \quad (2.3)$$

3.3.Тепловой баланс

Схема к расчету теплового баланса представлена на рисунке 9.

Температура вторичного пара, поступающего из выпарного аппарата определяется по давлению. Принимаем давление вторичного пара $p_{в.п} = 0,120$ МПа, соответственно его температура при этом составит $t_{в.п.} = 104,2$ °С [3].

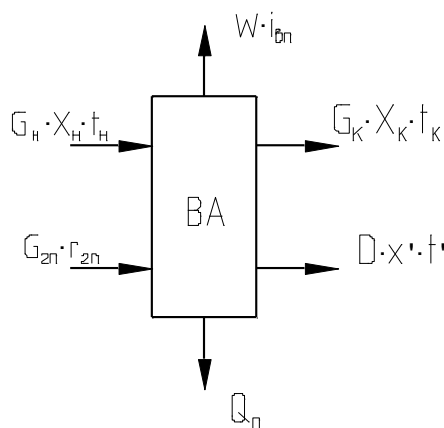


Рисунок 9 – Схема к расчету теплового баланса

На основании практических рекомендаций принимаем гидравлическую депрессию $\Delta''' = 1$ °С [3]. Тогда температура вторичного пара в выпарном аппарате равна по формуле

$$t'_{п} = t_{в.п.} + \Delta''' \quad (2.4)$$

Зная температуру $t_{в.п.}$ по формуле (2.4) получим

$$t'_{п} = 104,2 + 1 = 105,2 \text{ °С.}$$

Этой температуре соответствует давление $p'_{п} = 0,122$ МПа и теплота парообразования $r = 2279,84$ кДж/кг. Площадь поверхности теплоотдачи выпарного аппарата $F_{оп}$ определяется по формуле

$$F_{оп} = W \cdot \frac{r}{q}, \quad (2.5)$$

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

где q – удельная тепловая нагрузка, Вт/м².

При кипении водных растворов солей удельная тепловая нагрузка для аппаратов с нисходящей пленкой $q = 30000$ Вт/м².

Тогда по формуле (3.5) определим

$$F_{op} = 1,80 \times 2279,84 \times 10^3 / 30000 = 98,79 \text{ м}^2.$$

По ГОСТ 11987-81 принимается выпарной аппарат с падающей пленкой со следующей характеристикой: поверхность теплообмена 100 м²; диаметр труб 38×2 мм; шаг между трубами 48 мм; длина труб 3 м.

Температуру кипения в этих аппаратах находят, как среднюю между температурами кипения растворов с начальной и конечной концентрациями при давлении в данном корпусе полагая, что движение раствора в аппарате соответствует модели полного вытеснения. Так температура кипения раствора $t_{кип}$, °С определяется по формуле:

$$t_{инп} = (t_{кип.1} + t_{кип.2}) / 2. \quad (2.6)$$

По справочнику определим, что при $X_H = 84,2$ % и давлении 0,122 МПа температура кипения раствора $t_{кип 1} = 93,3$ °С, а при $X_K = 98,4$ % и таком же давлении $t_{кип 2} = 163,3$ °С.

Тогда по формуле (2.6) найдем

$$t_{инп} = (93,3 + 163,3) / 2 = 128,3 \text{ °С.}$$

Полезная разность температур $\Delta t_{пол}$, °С определяется по формуле:

$$\Delta t_{пол} = t_{г.п} - t_{кип}, \quad (2.7)$$

где $t_{г.п}$ – температура греющего пара, °С.

Давление греющего пара согласно заданию на проектирование составляет $P_{гп} = 1,2$ МПа. Этому давлению соответствует теплота парообразования $r_{гп} = 2095$ кДж/кг [5].

Тогда по формуле (2.7) получим

$$\Delta t_{пол} = 158,1 - 128,3 = 29,8 \text{ °С.}$$

Расход греющего пара $G_{гп}$ определяется из уравнения теплового баланса.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	ФЮРА ПВА 000000 ПЗ					Лист
										29

$$G_{Г.П} \cdot r_{Г.П} + G_H \cdot C_H \cdot t_H = W \cdot i_{В.П} + G_K \cdot C_K \cdot t_K + Q_{П}, \quad (2.8)$$

где $(G_H \cdot X_H \cdot t_H)$ – количество тепла, поступающего с исх. раствором, Дж/с;

$(G_{Г.П} \cdot r_{Г.П})$ – количество тепла, поступающего с греющим паром, Дж/с;

$(W \cdot i_{В.П})$ – количество выделившейся теплоты с вторичным паром, Дж/с;

$(G_K \cdot X_K \cdot t_K)$ – количество теплоты, выделившееся с кон. раствором, Дж/с;

$(D \cdot x' \cdot t')$ – количество теплоты, выделившееся с конденсатом, Дж/с;

$Q_{П}$ – тепловые потери;

$r_{Г.П}$ – удельная теплота конденсации греющего пара, Дж/кг;

c_H и c_K – теплоемкость соответственно поступающего на выпарку и упаренного раствора, Дж/(кг·К);

$i_{В.П}$ – удельная энтальпия вторичного пара, Дж/кг;

t_H – температура раствора, поступающего в выпарной аппарат, $t_H = 95$ [3]°C;

t_K – конечная температура раствора, °C;

$Q_{пот}$ – потери теплоты в окружающую среду, Дж.

Принимаем температуру вторичного пара по аналогии с существующим промышленным объектом $t_{В.П} = 91$ °C, соответственно удельная энтальпия $i_{В.П} = 2282$ кДж/кг [3].

Теплоемкости 84,2 % раствора NH_4NO_3 и 98,4 % соответственно равны: $C_H = 2,008$ кДж/кг; $C_K = 1,761$ кДж/кг.

Удельная теплота конденсации греющего пара при $p_{Г.П} = 1,2$ МПа равна $r_{Г.П} = 2095$ кДж/кг.

Расход греющего пара $G_{Г.П}$ с учетом 5 % потерь теплоты можно определить из формулы (2.8)

$$G_{ГП} = \frac{W i_{ВП} + G_K C_K t_K - G_H C_H t_H}{\Delta q r_{ГП}} =$$

$$= \frac{1.80 \times 2282 + 10.70 \times 1761 \times 128,3 - 12.50 \times 2008 \times 95}{0,95 \times 2095} = 1,502 \text{ кг/с.}$$

Тепловая нагрузка греющей камеры определяется по формуле:

$$Q = G_{Г.П} \cdot r_{Г.П}, \quad (2.9)$$

Инв. № подл.	Подп. и дата				Лист 30
	Взам. инв. №				
	Инв. № дубл.				
	Подп. и дата				
	Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	
ФЮРА ПВА 000000 ПЗ					

где $\rho_{пл}$ – плотность конденсата, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с².

По таблице при $t = 158,1^\circ\text{C}$, $\rho_{пл} = 908,9$ кг/м³.

Тогда по формуле (2.14), получим

$$\delta_{пр} = \left(\frac{(0,12 \cdot 10^{-3})^2}{908,9^2 \cdot 9,81} \right)^{0,33} = 0,1356 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Критерий $Nu_{пл}$ для пленки, так как $Re_{пл} > 400$ рассчитывается по формуле:

$$Nu_{пл} = \frac{Re_{пл}}{\frac{6,25 \cdot (Re_{пл} - 400)}{Pr^{0,33}}}, \quad (2.15)$$

где Pr – критерий Прандтля, для пленки конденсата $Pr = 1,1133$.

$$Nu_{пл} = \frac{2497,62}{\frac{6,25 \cdot (2497,62 - 400)}{1,1133^{0,33}} + 1580} = 0,1754$$

Коэффициент теплоотдачи от конденсирующегося водяного пара к стенке труб α_1 , Вт/(м²·К) рассчитывается по формуле:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_{пл} \cdot \lambda_{пл}}{\delta_{пр}}, \text{ Вт/(м}^2\text{·К)}, \quad (2.16)$$

где $\lambda_{пл}$ – коэффициент теплопроводности конденсата, Вт/(м·К).

Примем при температуре $t_{кон} = 158,1^\circ\text{C}$ $\lambda_{пл} = 0,6832$ Вт/(м·К).

Тогда по формуле (3.16), получим

$$\alpha_1 = \frac{0,1754 \times 0,6832}{0,1356 \times 10^{-4}} = 8838 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}.$$

Коэффициент теплоотдачи от стенки к раствору α_2 , Вт/(м²·К) для пленочных аппаратов рассчитывается по формуле:

$$\alpha_2 = C \cdot \frac{\lambda_{кр}}{\delta_{кр}} \cdot (0,25 \cdot Re_{кр})^n \cdot \left(\frac{q \cdot \delta_{кр}}{\lambda_{кр} \cdot t_B} \right)^m, \text{ Вт/(м}^2\text{·К)}, \quad (2.17)$$

где $\lambda_{кр}$ – теплопроводность кипящего раствора, Вт/(м·К);

$\delta_{кр}$ – толщина пленки раствора, м;

$Re_{кр}$ – критерий Рейнольдса, для пленки раствора;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	ФЮРА ПВА 000000 ПЗ

q – удельная тепловая нагрузка, Вт/м²;

C – коэффициент, при $q < 20000$ Вт/м² $C=163,1$, иначе $C=2,6$; n – коэффициент, при $q < 20000$ Вт/м² $n=-0,264$, иначе $n=0,203$;

m – коэффициент, при $q < 20000$ Вт/м² $m=0,685$, иначе $m=0,322$.

При расчете пленочных аппаратов параметры кипящей жидкости берут при средней концентрации раствора $X_{c.p.}=91,3$ %.

Критерий Рейнольдса, для пленки раствора $Re_{кр}$, рассчитывается по формуле

$$Re_{кр} = \frac{4 \cdot \Gamma_B}{\mu_{кр}}, \quad (2.18)$$

где $\mu_{кр}$ – коэффициент динамической вязкости раствора, Па·с;

Γ_B – линейная массовая плотность орошения, кг/(м·с).

Коэффициент динамической вязкости раствора при $X_{c.p.}=91,3$ % равен $\mu_{к.р.}=2,2778 \cdot 10^{-3}$ Па·с. Массовая плотность орошения рассчитывается по формуле:

$$\Gamma_B = \frac{G_H}{\pi \cdot (d_T - 2 \cdot \delta_{TP}) \cdot n} = \frac{8,93}{3,14 \cdot (0,038 - 2 \cdot 0,002) \cdot 168} = 1,433 \text{ кг/(м·с)} \quad (2.19)$$

Тогда по формуле (2.18), определим

$$Re_{кр} = \frac{4 \cdot 1,433}{2,2778 \cdot 10^{-3}} = 717,11.$$

Плотность 91,3 % раствора NH_4NO_3 равна $\rho_p = 1355$ кг/м³.

Толщина пленки раствора $\delta_{кр}$, м определяется по формуле:

$$\delta_{кр} = \left(\frac{0,75 \cdot \mu_{кр}^2}{\rho^2 \cdot g} \right)^{0,33} \cdot Re_{кр}^{0,33}, \quad (2.20)$$

$$\delta_{кр} = \left(\frac{0,75 \cdot (2,2778 \cdot 10^{-3})^2}{1355^2 \cdot 9,81} \right)^{0,33} \cdot 717,11^{0,33} = 0,6603 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Коэффициент теплопроводности кипящего раствора $\lambda_{к.р.}=0,353$ Вт/(м·К).

Значение коэффициента и показателей степеней в уравнении (2.17) при $q = 30000$ Вт/м² равны $C=2,6$, $n = 0,203$, $m = 0,322$. По формуле (2.20), определим

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	ФЮРА ПВА 000000 ПЗ	Лист
											33

$$\alpha_2 = \frac{2,6 \cdot 0,353}{0,66 \cdot 10^{-3}} \cdot (0,25 \cdot 717,11)^{0,203} \cdot \left(\frac{q \cdot 0,6603 \cdot 10^{-3}}{0,353 \cdot 91,15} \right)^{0,322} = 123,312 \cdot q^{0,322} \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Коэффициент теплопередачи К, Вт/(м²·К) рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \Sigma \frac{\delta_{TP}}{\lambda_{TP}} + \Sigma \frac{1}{r_3} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (2.21)$$

где $\lambda_{TP} = 16,4$ Вт/(м·К) – коэффициент теплопроводности стали 08Х18Н10Т;

$\delta_{CT} = 0,002$ м – толщина стенки труб;

$1/r_{31} = 5000$ Вт/(м²·К) – тепловая проводимость загрязнений со стороны раствора;

$1/r_{32} = 5800$ Вт/(м²·К) – тепловая проводимость загрязнений со стороны пара.

Тогда по формуле (2.21), получим

$$K = \frac{1}{0,6075 \cdot 10^{-3} + 0,0081 \cdot q^{-0,322}}.$$

Распределение температур в процессе теплопередачи от пара через стенку к кипящему раствору показано на рисунке 10.

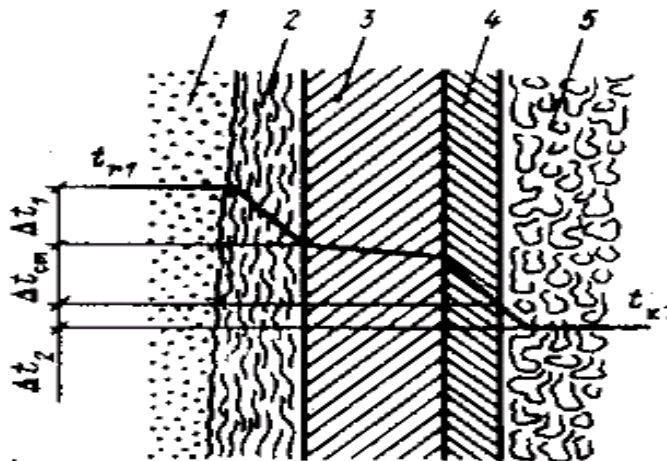


Рисунок 10– Распределение температур в процессе теплопередачи:

1 – греющий пар; 2 – пленка конденсата; 3 – стенка трубы; 4 – отложение накипи; 5 – соковый пар.

Полезная разность температур $\Delta t_{пол}$, °С определяется по формуле:

$$\Delta t_{\text{пол}} = \frac{q}{K}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.22)$$

Подставим в выражение (2.22) значение коэффициента К и получим

$$\Delta t_{\text{пол}} = 0,6075 \cdot 10^{-3} \cdot q + 0,0081 \cdot q^{0,678}. \quad (2.23)$$

Расчет удельной тепловой нагрузки q , Вт/м² проводится методом последовательных приближений: задаются значения q , рассчитывается $\Delta t_{\text{пол}}$ и по полученным результатам строится график зависимости $\Delta t_{\text{п}} = f(q)$, по которому определяется истинное значение q .

По формуле (2.23), получим

$q, \text{Вт} / \text{м}^2$	20000	30000
$t_{\text{пол}}, ^\circ\text{C}$	18,8	27,01.

По графику определяется значение q при $\Delta t_{\text{пол}} = 29,8 \text{ } ^\circ\text{C}$, $q = 33000 \text{ Вт/м}^2$.

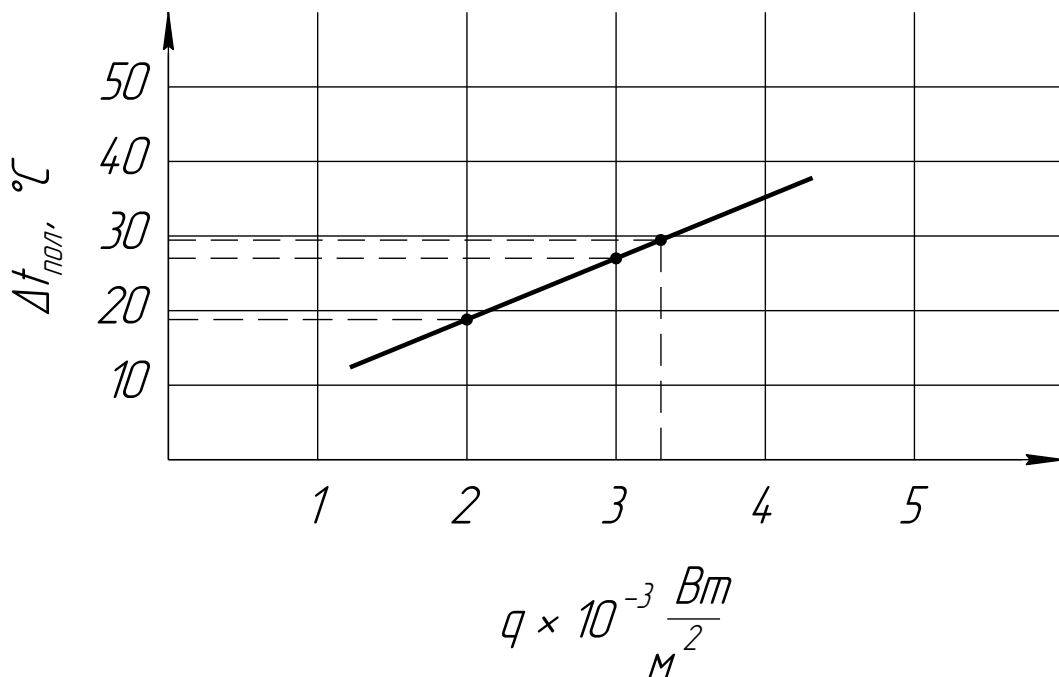


Рисунок 11 – График зависимости $\Delta t_{\text{пол}} = f(q)$.

Коэффициент теплоотдачи, определим из формулы (2.22)

$$K = 33000 / 29,8 = 1107,38 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Площадь поверхности теплообмена F , м² определяется по формуле

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № подл.
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

$$F = \frac{Q}{q} = \frac{3147,544 \cdot 10^3}{33000} = 95,4, \text{ м}^2 \quad (2.24)$$

В первом приближении получена расчетная поверхность теплообмена лежащая в допустимых пределах отклонения от площади теплообмена предварительно выбранного выпарного аппарата. Поэтому в соответствии с ГОСТ 11987 – 81 принимается выпарной аппарат с площадью теплообмена $F=100 \text{ м}^2$ с числом греющих трубок расположенных по шестиугольнику $n=168$ их длина $l=3 \text{ м}$, наружный диаметр $d_T=38 \text{ мм}$, толщина стенки $\delta_{TP}=2 \text{ мм}$ с шагом между трубами $t=48 \text{ мм}$.

Внутренний диаметр греющей камеры при размещении труб по вершинам равносторонних треугольников $D_K, \text{ м}$, рассчитывается по формуле

$$D_K = \sqrt{1,27 \cdot \sin \alpha \cdot t^2 \cdot \frac{n}{\psi}}, \text{ м}, \quad (2.25)$$

где α – угол равностороннего треугольника $\alpha=60^\circ$;

ψ – коэффициент использования трубной решетки $\psi=0,7$.

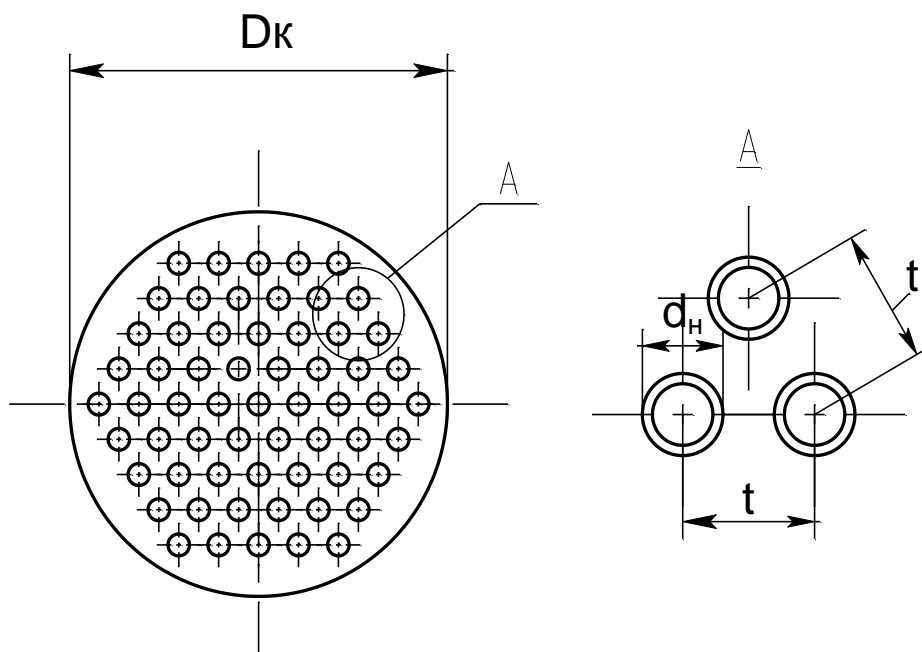


Рисунок 12 – Схема к расчету диаметра корпуса

Зная величину $n=168$ по формуле (2.25), определим

Инов. № подл.	Подп. и дата
Инов. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Инов. № подл.	Инов. инв. №

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА ПВА 000000 ПЗ

Лист

36

$$D_k = \sqrt{1,27 \cdot \sin 60 \cdot 0,048^2 \cdot \frac{168}{0,7}} = 0,780 \text{ м.}$$

Внутренний диаметр принимается из ряда стандартных величин $D_k=800$ мм. В соответствии с ГОСТ 11987 – 81 диаметр парового пространства $D_2=1200$ мм.

Объем парового пространства сепаратора V , м^3 рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{W}{W'}. \quad (2.26)$$

где W' – допускаемое напряжение парового пространства, $\text{кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч})$.

Допускаемое напряжение парового пространства, определим по формуле

$$W' = W_{\text{АТМ}} \cdot f_1 \cdot f_2, \text{ кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч}), \quad (2.27)$$

где $W_{\text{АТМ}}$ – значение допускаемого напряжения парового пространства при атмосферном давлении, составляющая для раствора-1000 $\text{кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч})$;

f_1 – коэффициент, зависящий от давления в сепараторе;

f_2 – коэффициент, зависящий от уровня раствора над точкой ввода парожидкостной смеси в паровое пространство.

Значение коэффициента при $p=0,075$ МПа $f_1=0,85$. Допускаемое напряжение парового пространства при атмосферном давлении для концентрированных растворов солей $W_{\text{АТМ}}=500$ $\text{кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч})$. Значение $f_2=1$ при уровне раствора $H=0$.

Тогда по формулам (2.27) и (2.28), получим:

$$W' = 500 \cdot 0,85 \cdot 1 = 425 \text{ кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч}),$$

$$V = \frac{1,3 \cdot 3600}{425} = 11,01 \text{ м}^3.$$

Допустимая скорость пара в паровом пространстве $w_{\text{п}}$, м/с определяется в зависимости от давления. Принимается при давлении в сепараторе 0,075 МПа $w_{\text{п}} = 1,8$ м/с.

Диаметр обечайки сепаратора D_c , м рассчитывается по формуле

$$D_c = \sqrt{\frac{W \cdot v_{\text{п}}}{w_{\text{п}} \cdot 0,785}}, \text{ м}, \quad (2.28)$$

где $v_{\text{п}}$ – удельный объем пара, $\text{м}^3/\text{кг}$.

Инов. № подл.	Подп. и дата
Инов. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Инов. № подл.	Инов. инв. №

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

ФЮРА ПВА 000000 ПЗ

Примем $\nu_{II}=2,2695 \text{ м}^3/\text{кг}$ при 0,075МПа, тогда по формуле (2.28), получим:

$$D_c = \sqrt{\frac{1,3 \cdot 2,2695}{1,8 \cdot 0,785}} = 1,445 \text{ м.}$$

Диаметр сепаратора, принимается стандартный для данного выпарного аппарата $D_c=1,8 \text{ м}$.

Высота парового пространства H , м рассчитывается по формуле:

$$H = \sqrt{V_c / (0,785 \cdot D_c^2)}, \text{ м.} \quad (2.29)$$

По определенным ранее данным получим

$$H = \sqrt{11,01 / (0,785 \cdot 1,8^2)} = 2,081 \text{ м.}$$

Высота парового пространства принимается стандартной для данного аппарата $H=2,5 \text{ м}$.

Диаметры штуцеров определим из уравнения расхода

$$d = \sqrt{4 \cdot G / (\pi \cdot \rho \cdot \varpi)}, \text{ м,} \quad (2.30)$$

где G -массовый расход, $\text{кг}/\text{м}^3$; ϖ — скорость потока, $\text{м}/\text{с}$;

ρ — плотность среды, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Допускаемые скорости движения потоков принимаем для расчета скорости движения греющего пара $\varpi_{г.п} = 15 \text{ м}/\text{с}$; конденсата $\varpi_{кон} = 1 \text{ м}/\text{с}$; вторичного пара $\varpi_{в.п} = 15 \text{ м}/\text{с}$; поступающего раствора $\varpi_{р1} = 2 \text{ м}/\text{с}$; упаренного раствора $\varpi_{р2} = 2 \text{ м}/\text{с}$.

Из справочных данных находим плотности:

греющего пара при $p=0,6 \text{ МПа}$ $\rho_{г.п} = 3,104 \text{ кг}/\text{м}^3$;

вторичного пара при $p=0,075 \text{ МПа}$ $\rho_{в.п} = 0,4423 \text{ кг}/\text{м}^3$;

поступающего 84,2 % раствора при $t = 95 \text{ }^\circ\text{C}$ $\rho_{р1} = 1368 \text{ кг}/\text{м}^3$;

упаренного 98,4 % раствора при $t = 128,3 \text{ }^\circ\text{C}$ $\rho_{р2} = 1436 \text{ кг}/\text{м}^3$;

конденсата при $t = 158,1 \text{ }^\circ\text{C}$ $\rho_{к} = 908,9 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Расходы потоков берем из материальных и тепловых балансов. Согласно расчетам принимаем стандартные штуцеры следующих размеров (таблица 3).

Инов. № подл.	Подп. и дата
Инов. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инов. № дубл.
Инов. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

ФЮРА ПВА 000000 ПЗ

Лист
38

Таблица 3 Размеры основных штуцеров

Наименование штуцера	Dy, мм
Вход греющего пара	400
Выход вторичного пара	500
Вход раствора	65
Выход раствора	65
Выход конденсата	50

С учетом опыта эксплуатации снабжаем тепловой аппарат дополнительной нижней частью, в которой устанавливаются 5 ситчатых тарелок. Три тарелки оборудованы змеевиками для подвода тепла.

Данное мероприятие позволит снизить содержание влаги в растворе до необходимой величины. При этом высота, занимая тарелками, составит 3200 мм, а общая высота 8700 мм.

3.4. Расчет и подбор вспомогательного оборудования

Проведем расчет следующего вспомогательного оборудования: скруббера, насоса для перекачивания упаренного раствора аммиачной селитры и емкости для плава.

Расчет производится по результатам материального и теплового баланса. Все расчетные формулы были взяты из источника [3].

В производстве аммиачной селитры наверху грануляционной башни установлены скрубберы барботажно-пенного типа (мокрые пылеуловители). Конструкция скруббера показана на рисунке 13.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	ФЮРА ПВА 000000 ПЗ					Лист
										39

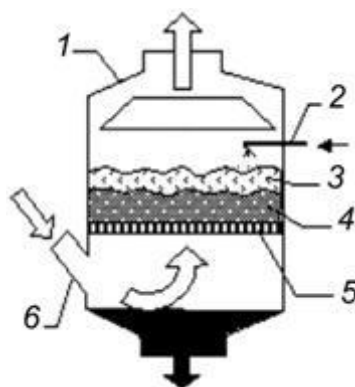


Рисунок 13 – Скруббер барботажно-пенного типа

В таких аппаратах газ на очистку поступает через патрубок 6 под решетку 5, на которую сверху подается жидкость по трубопроводу 2. Затем газ проходит через отверстия в решетке и, барботируя через слой жидкости 4 и пены 3, очищается от части пыли за счет осаждения частиц на внутренней поверхности газовых пузырей. При скорости подачи газа под решетку до 1 м/с наблюдается барботажный режим работы аппарата. Дальнейший рост скорости газа приводит к возникновению пенного слоя и повышению эффективности очистки.

Площадь сечения корпуса аппарата

$$S = \frac{V}{\omega_r}, \quad (2.31)$$

где ω_r – скорость газа в сечении аппарата, из условий устойчивости слоя пены $\omega_r = 3$ м/с;

V – объемный расход газа, подлежащего очистке.

Объемный расход газа определяется при расчете режима работы грануляционной башни, поэтому принимаем его по данным оборудования-аналога

$$V = 100 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Тогда площадь аппарата

$$S = \frac{100}{3} = 33,3 \text{ м}^2.$$

Принимаем аппарат прямоугольного сечения, $A = 5B$. Тогда ширина аппарата

$$B = \sqrt{S/5} = \sqrt{33,3/5} = 2,68 \text{ м}. \quad (2.32)$$

Принимаем исполнительную ширину аппарата 2,7 м.

Длина аппарата

Изн. № подл.	Подп. и дата	Изн. № дубл.	Взам. изв. №	Подп. и дата
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
ФЮРА ПВА 000000 ПЗ				
				Лист
				40

$$A = 5B = 2,7 \cdot 5 = 13,5 \text{ м.}$$

Рассчитанная длина аппарата является ориентировочной и может несколько отличаться от фактической, определяемой конструктивно исходя из условий размещения решеток.

Расход жидкости принимаем с учетом оптимальной работы аппарата при плотности орошения $L^0 = 1 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \text{ ч})$

$$L_{\text{ж}} = L_0 S = 1 \cdot 33,3 = 33,3 \text{ м}^3/\text{ч} = 9,25 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с.} \quad (2.33)$$

Расчет насоса заключается в определении необходимого напора и расхода упаренного раствора (плава), по этим показателям проводится подбор насоса.

Напор, Н, м рассчитывается по следующей формуле

$$H = (p_2 - p_1) / (\rho \cdot g) + H_r + h_{\text{п}}, \quad (2.34)$$

где p_2 – давление в емкости временного хранения, $p_2 = 0,1 \text{ МПа}$;

p_1 – давление в выпарном аппарате, $p_1 = 0,026 \text{ МПа}$;

ρ – плотность упаренного плава аммиачной селитры, $\rho = 1436 \text{ кг/м}^3$;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

H_r – геометрическая высота подъема, $H_r = 15 \text{ м}$;

$h_{\text{п}}$ – суммарные потери напора в линиях, м.

Суммарные потери напора в линиях рассчитываются по формуле

$$h_{\text{п}} = \left(\frac{\lambda \cdot l}{d} + \sum_{i=1}^N \xi \right) \cdot \frac{\omega^2}{2 \cdot g}, \quad (2.35)$$

где λ – коэффициент трения; l – длина трубопровода, $l = 25 \text{ м}$; d – диаметр трубопровода, $d = 0,65 \text{ м}$; $\sum_{i=1}^n \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений, $\sum_{i=1}^n \xi = 5,3$; ω – фактическая скорость раствора в трубопроводе, $\omega = 2 \text{ м/с}$.

Режим течения определяется критерием Рейнольдса:

$$Re = (\omega \cdot d \cdot \rho) / \mu, \quad (2.36)$$

где μ – коэффициент динамической вязкости раствора, $\mu = 2,78 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$.

$$Re = (2 \cdot 0,65 \cdot 1436) / (2,78 \cdot 10^{-3}) = 639712.$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № инв.	Подп. и дата	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	ФЮРА ПВА 000000 ПЗ		41

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

4. Механический расчет

4.1. Конструирование аппарата

Целью механического расчета является обеспечение механической надежности работы проектируемого выпарного аппарата для производства аммиачной селитры.

В данном разделе предлагается расчетная модель проектируемого выпарного аппарата, представленная на рисунке 14. В соответствии с данной расчетной моделью конструкторско-механическому расчету подлежат следующие параметры частей аппарата, изображенные на рисунке: толщина обечайки сепаратора, греющей камеры и распределительной камеры, верхнее и нижнее днище и трубные решетки.

4.2 Выбор материала для изготовления аппарата

Для изготовления деталей выпарного аппарата, были выбраны рекомендуемые материалы отраслевым стандартом ОСТ 26-271-94, с учетом воздействия на них коррозионной среды и возникающих нагрузок в процессе эксплуатации. Так узлы и детали, соприкасающиеся во время работы аппарата с раствором: корпус греющей камеры, сепаратор, распределительная камера и трубчатка, изготавливаются из стали 08X18H10T, все остальные из стали Ст3сп ГОСТ 380-71*. Сталь 08X18H10T применяется для агрессивных сред при следующих рабочих условиях: температура стенки от -40 до $+560^{\circ}\text{C}$; давление среды (в МПа) неограниченно.

Все выбранные материалы соответствуют условиям безопасной и безотказной работы проектируемого аппарата в течение 15 лет [9].

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
					ФЮРА ПВА 000000 ПЗ					Лист
										43
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат						

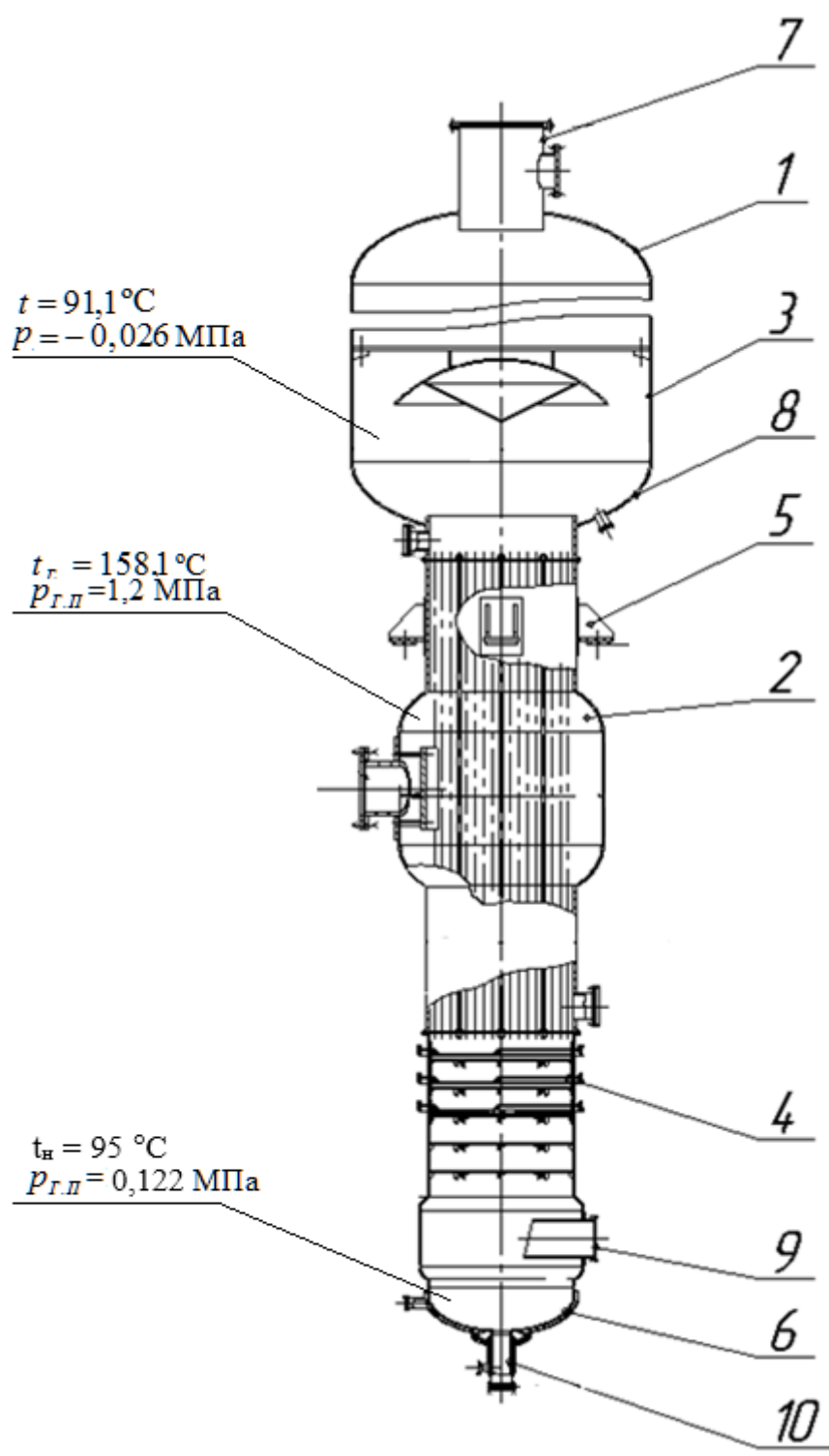


Рисунок 14 – Расчетная модель выпарного аппарата для производства аммиачной селитры:

1, 8 – днища сепаратора эллиптические; 2 – греющая камера; 3 – обечайка; 4 – змеевик; 5 – опора; 6 – днище с рубашкой; 7, 9 – штуцер; 10 – патрубок с рубашкой, 11– штуцер;

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № инв.
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА ПВА 000000 ПЗ

Лист

44

Пробное давление при гидравлическом испытании определим по формуле:

$$p_{II} = \max \left\{ \frac{1,25 \cdot p_P \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]}}{p_P + 0,3} \right\}, \text{МПа} \quad (2.39)$$

$$p_{II} = \max \left\{ \frac{1,25 \cdot 0,6 \cdot \frac{140}{119,19} = 0,88}{0,6 + 0,3 = 0,90} \right\} = 0,9 \text{ МПа.}$$

Расчетная толщина стенки цилиндрической обечайки определяется по формуле:

$$S_P = \max \left\{ \frac{p_P \cdot D / (2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - p_P)}{p_{II} \cdot D / (2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_{II} - p_{II})} \right\}, \text{м} \quad (2.40)$$

где φ – коэффициент прочности продольных сварных швов обечайки, принимаем равным 1. Тогда по формулам (2.39) и (2.40), определим расчетную и исполнительную толщину стенки:

$$S_P = \max \left\{ \frac{0,6 \cdot 1,2 / (2 \cdot 1 \cdot 119,19 - 0,6) = 3,03 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 1,2 / (2 \cdot 1 \cdot 190,9 - 0,9) = 2,84 \cdot 10^{-3}} \right\} = 3,03 \cdot 10^{-3} \text{ м;}$$

$$s = 3,03 + 0,75 + 1,22 = 5 \text{ мм.}$$

Допускаемое давление:

в рабочем состоянии

$$[p] = 2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] \cdot (s - c) / (D + s - c), \text{МПа} \quad (2.41)$$

$$[p] = 2 \cdot 1 \cdot 119,19 \cdot (5 - 0,75) \cdot 10^{-3} / ((1200 + 5 - 0,75) \cdot 10^{-3}) = 0,84 \text{ МПа}$$

при испытаниях

$$[p]_{II} = 2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_{II} \cdot (s - c) / (D + s - c), \text{МПа} \quad (2.42)$$

$$[p]_{II} = 2 \cdot 1 \cdot 190,9 \cdot (5 - 0,75) \cdot 10^{-3} / ((1200 + 5 - 0,75) \cdot 10^{-3}) = 1,35 \text{ МПа.}$$

Условие устойчивости цилиндрической обечайки греющей камеры толщиной 5 мм выполняется:

для рабочего состояния

$$0,60 \text{ МПа} < 0,84 \text{ МПа;}$$

и при испытаниях

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист 46
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	ФЮРА ПВА 000000 ПЗ

$$0,90 \text{ МПа} < 1,35 \text{ МПа}.$$

Таким образом, $s=5$ мм следует считать исполнительной толщиной стенки.

4.4. Расчет толщины стенки эллиптических днищ

Цель расчета толщины эллиптической крышки такая же, как и у расчета кожуха: определение минимальной толщины, которое выдержит крышка в рабочих условиях и условиях испытания.

Расчет проводился по программе «Расчет плоских крышек и днищ по ГОСТ 34233-2017.xmcd» курса Расчет и конструирование основного оборудования отрасли. [8]

Выполним расчет следующих эллиптических днищ сепаратора диаметром 1800 м (см. рисунок 16).

Исходные данные: днища 1 и 3 работают под внешним давлением,

$$P_{H.P} = 0,0263 \text{ МПа}, \text{ днища 2 работают под внутренним давлением } P_p = 0,6 \text{ МПа}.$$

Диаметры днищ соответственно равны 1800 мм, 800 мм, 1200 мм; температуры стенки днищ равны $t_1 = t_2 = t_3 = 91,15^\circ\text{C}$, $t_4 = 158,1^\circ\text{C}$,

$t_5 = 95^\circ\text{C}$; материал днищ сталь 08X18H10T, допускаемые напряжения для рабочего состояния $[\sigma]_1 = [\sigma]_3 = 131 \text{ МПа}$, $[\sigma]_2 = 119 \text{ МПа}$, $[\sigma]_4 = 146,5$ для гидравлических испытаний $[\sigma]_{II} = 190,9 \text{ МПа}$, допускаемое напряжение материала $[\sigma]_{20} = 140 \text{ МПа}$; пробное давление при гидравлических испытаниях элементов работающих под вакуумом равно $p_{II} = 0,042 \text{ МПа}$.

Нормативное допускаемое напряжение при $t_5 = 95^\circ\text{C}$ $\sigma^* = 130,625 \text{ МПа}$.

Расчетная толщина стенки днища приближенно определяется по формуле:

$$s_p = \max \left\{ \frac{0,9 \cdot D_3}{510} \cdot \sqrt{n_Y \cdot P_{H.P} / (10^{-6} \cdot E)} \right\}, \quad (2.43)$$

$$\left\{ P_{H.P} \cdot D / (2 \cdot [\sigma]_3) \right\},$$

где n_Y – коэффициент устойчивости;

E – модуль Юнга для материала днища.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
					<div style="text-align: center;">ФЮРА ПВА 000000 ПЗ</div>					Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат						47

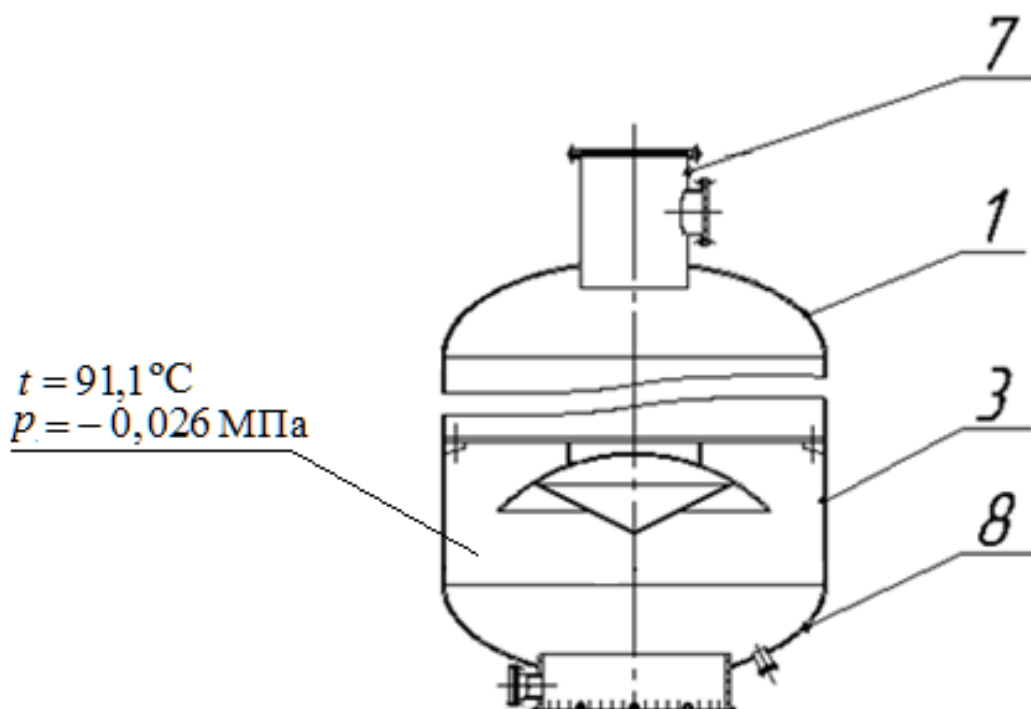


Рисунок 16 – Схема к расчету днищ сепаратора

$$s_p = \max \left\{ \frac{0,9 \cdot 1,8}{510} \cdot \sqrt{2,4 \cdot 0,0263 / (10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-5})} = 1,784 \cdot 10^{-3} \right. \\ \left. 0,0263 \cdot 1,8 / (2 \cdot 131,11) = 0,181 \cdot 10^{-3} \right\} = 1,784 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Исполнительную толщину стенки, определим по формуле

$$s_3 = 1,784 + 0,75 + 2,466 = 5 \text{ м.}$$

Допустимое давление из условия прочности для эллиптических днищ, работающих под вакуумом, определим в рабочем состоянии и при испытаниях по формуле

$$[p_n]_{\sigma_3} = 2 \cdot [\sigma]_3 \cdot \frac{(s_3 - c)}{(D_3 + 0,5 \cdot (s_3 - c))}, \quad (2.44)$$

Коэффициент K_9 , зависящий от отношения $D/(s_3 - c)$, определяется по формуле:

$$K_9 = [1 + (2,4 + 8 \cdot X)] / [1 + (3 + 10 \cdot X)], \quad (2.45)$$

где X – коэффициент, определяемый из выражения

$$X = 15 \cdot (s_3 - c) / D. \quad (2.46)$$

Подставим в выражение (2.45) и (2.46) известные величины и получим:

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
ФЮРА ПВА 000000 ПЗ				
Лист				
48				

$$X = 15 \cdot (5 - 0,75) / 1800 = 0,035 ,$$

$$K_3 = [1 + (2,4 + 8 \cdot 0,035)] / [1 + (3 + 10 \cdot 0,035)] = 0,98 .$$

Тогда допускаемое давление из условия устойчивости в пределах упругости, определим в рабочем состоянии и при испытаниях по формуле

$$[p_H]_{E3} = \frac{26 \cdot 10^{-3} \cdot E}{n_y} \cdot \left[\frac{100 \cdot (s_3 - c)}{D_3 \cdot K_3} \right]^2 . \quad (2.47)$$

Условие устойчивости эллиптического днища толщиной 5 мм выполняется:

для рабочего состояния $0,0263 \text{ МПа} < 0,123 \text{ МПа}$;

и при испытаниях $0,042 \text{ МПа} < 0,160 \text{ МПа}$.

Таким образом, $s_3 = 5 \text{ мм}$ следует считать исполнительной толщиной стенки днища 1 и 8, работающих под вакуумом.

Для всех днищ выполняются условия с запасом, поэтому принимаем стандартные днища с толщиной стенки 5 мм.

Произведем расчет днища 2, работающего под внутренним давлением 0,6 МПа.

Пробное давление при гидравлическом испытании, для эллиптического днища

$$p_{II} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,2 \cdot 0,6 \cdot \frac{140}{146,5} = 0,69 \\ 0,6 + 0,3 = 0,90 \end{array} \right\} = 0,9 \text{ МПа} .$$

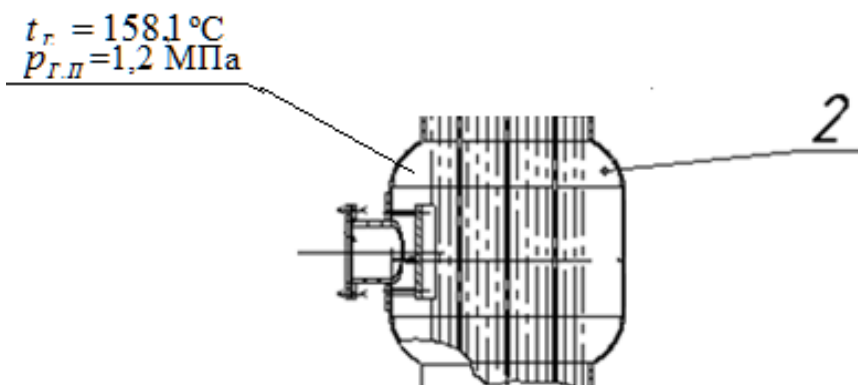
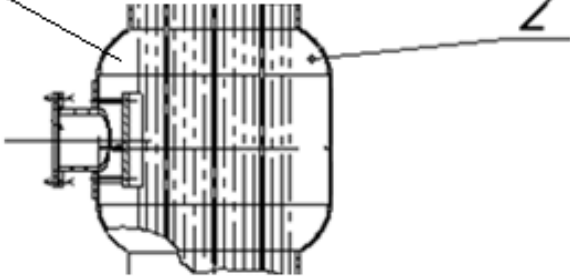


Рисунок 17– Схема к расчету днищ греющей камеры

Расчетная толщина стенки определяется по формуле:

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	<p>Пробное давление при гидравлическом испытании, для эллиптического днища</p> $p_{II} = \max \left\{ \begin{aligned} &1,2 \cdot 0,6 \cdot \frac{140}{146,5} = 0,69 \\ &0,6 + 0,3 = 0,90 \end{aligned} \right\} = 0,9 \text{ МПа.}$ <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <p>$t_r = 158,1^\circ\text{C}$ $p_{г.п} = 1,2 \text{ МПа}$</p>  </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">Рисунок 17– Схема к расчету днищ греющей камеры</p> <p style="text-align: center;">Расчетная толщина стенки определяется по формуле:</p>	
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	ФЮРА ПВА 000000 ПЗ	Лист 49

$$S_{p_4} = \max \left\{ \frac{p_p \cdot D_4}{(2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - 0,5 \cdot p_p)} \right\}, \text{М} \quad (2.48)$$

$$S_p = \max \left\{ \frac{0,6 \cdot 1,2}{(2 \cdot 1 \cdot 146,5 - 0,5 \cdot 0,6)} = 2,45 \cdot 10^{-3} \right\} = 3,09 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Исполнительная толщина стенки днища определяется по формуле

$$s_4 = 3,09 + 0,75 + 1,16 = 5 \text{ мм.}$$

Допускаемое давление:

в рабочем состоянии

$$[p] = 2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] \cdot (s_4 - c) / (D_4 + 0,5 \cdot (s_4 - c)), \text{МПа}; \quad (2.49)$$

$$[p] = 2 \cdot 1 \cdot 119,19 \cdot (5 - 0,75) \cdot 10^{-3} / (1,2 + 0,5 \cdot (5 - 0,75) \cdot 10^{-3}) = 0,84 \text{ МПа};$$

при испытаниях

$$[p]_{\text{и}} = 2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_{\text{и}} \cdot (s_4 - c) / (D_4 + 0,5 \cdot (s_4 - c)), \text{МПа}; \quad (2.50)$$

$$[p]_{\text{и}} = 2 \cdot 1 \cdot 175 \cdot (5 - 0,75) \cdot 10^{-3} / (1,2 + 0,5 \cdot (5 - 0,75) \cdot 10^{-3}) = 1,24 \text{ МПа.}$$

Условие устойчивости эллиптического днища 4 толщиной 5 мм выполняется:

для рабочего состояния $0,6 \text{ МПа} < 0,84 \text{ МПа}$;

и при испытаниях $0,9 \text{ МПа} < 1,24 \text{ МПа}$.

Таким образом, $s_4 = 5 \text{ мм}$ следует считать исполнительной толщиной стенки днищ поз. 2.

Произведем расчет днища 6, работающего под внутренним давлением 0,122 МПа. Пробное давление при гидравлическом испытании, для эллиптического днища

$$p_{\text{и}} = \max \left\{ \frac{1,2 \cdot 0,122 \cdot \frac{140}{156,5}}{0,122 + 0,3} = 0,13 \right\} = 0,422 \text{ МПа.}$$

Изм. № подл.	Подп. и дата
Изм. № дубл.	Взам. инв. №
Изм. № инв.	Подп. и дата
Изм. № инв.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

ФЮРА ПВА 000000 ПЗ

Лист

50

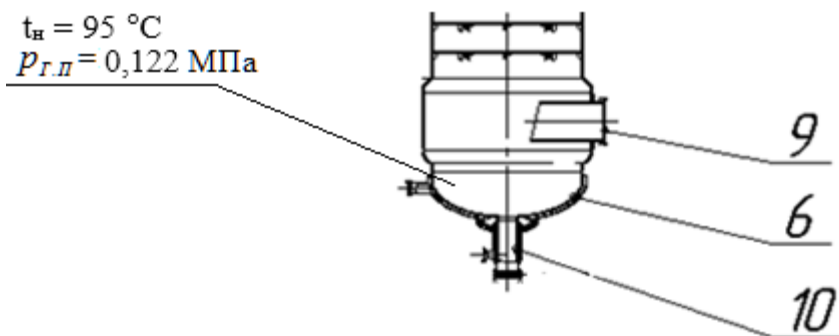


Рисунок 18– Схема к расчету днищ греющей камеры

Расчетная толщина стенки определяется по формуле:

$$S_{p_4} = \max \left\{ \frac{p_p \cdot D_4}{(2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - 0,5 \cdot p_p)} \right\}, \text{М} \quad (2.51)$$

$$S_p = \max \left\{ \frac{0,122 \cdot 1,2}{(2 \cdot 1 \cdot 156,5 - 0,5 \cdot 0,122)} = 0,47 \cdot 10^{-3} \right\} = 1,44 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Исполнительная толщина стенки днища определяется по формуле

$$S_4 = 1,44 + 0,75 + 1,16 = 4 \text{ мм}$$

Примем $S_4 = 5 \text{ мм}$

Допускаемое давление:

в рабочем состоянии

$$[p] = 2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] \cdot (s_4 - c) / (D_4 + 0,5 \cdot (s_4 - c)), \text{ МПа}; \quad (2.52)$$

$$[p] = 2 \cdot 156,5 \cdot (5 - 0,75) \cdot 10^{-3} / (1,2 + 0,5 \cdot (5 - 0,75) \cdot 10^{-3}) = 1,11$$

при испытаниях

$$[p]_{\text{и}} = 2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_{\text{и}} \cdot (s_4 - c) / (D_4 + 0,5 \cdot (s_4 - c)), \text{ МПа}; \quad (2.53)$$

$$[p]_{\text{и}} = 2 \cdot 1 \cdot 175 \cdot (5 - 0,75) \cdot 10^{-3} / (1,2 + 0,5 \cdot (5 - 0,75) \cdot 10^{-3}) = 1,24 \text{ МПа.}$$

Условие устойчивости эллиптического днища 4 толщиной 5 мм выполняется:

для рабочего состояния $0,122 \text{ МПа} < 1,11 \text{ МПа}$;

и при испытаниях $0,422 \text{ МПа} < 1,24 \text{ МПа}$.

Таким образом, $s_4 = 5 \text{ мм}$ следует считать исполнительной толщиной стенки

днищ поз. 6.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № инв.
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

4.5. Расчет укрепления отверстия на греющей камере (поз.2)

Целью расчета является проверка условия прочности укрепления выреза накладным кольцом в случае, если размер выреза превышает размер отверстия, не требующего укрепления. Расчет проводился по программе «Расчет укрепления отверстий.xtscd» курса Расчет и конструирование основного оборудования отрасли.

[8]

Отверстие под штуцер ввода греющего пара укрепляется кольцом, которое обычно ставят с внешней стороны аппарата тогда, когда кольцо не подвергается коррозии и его удобнее приваривать.

Исходные данные:

- фактическая длина внешней части штуцера $l_1 = 160$ мм;
- фактическая длина внутренней части штуцера $l_2 = 50$ мм;
- диаметр штуцера $d = 400$ мм;
- диаметр греющей камеры аппарата $D=1200$ мм.

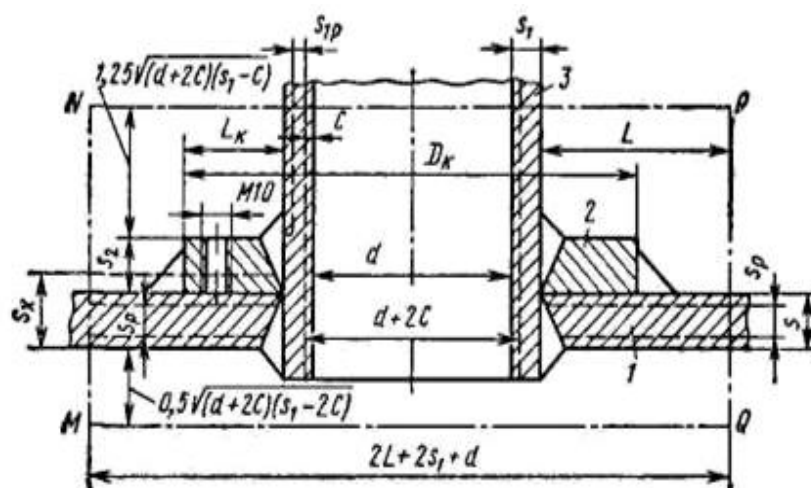


Рисунок 19— Схема для расчета укрепления отверстия

Условие укрепления отверстия накладным кольцом имеет вид

$$\begin{aligned} & \left[(l_{1p} + s_{yp} + s - s_p - c) \cdot (s_{uu} - s_{up} - c_{uu}) + l_{2p} \cdot (s_{uu} - 2c_{uu}) \right] \cdot \chi_1 + \sqrt{D_p} \cdot (s_{yp} + s - c) \times \\ & \times (\chi_2 \cdot s_{yp} + s - s_p - c) \geq 0,5 \cdot (d_p - d_{0p}) \cdot s_p, \end{aligned} \quad (2.54)$$

где l_{1p} – расчетная длина внешней части штуцера, мм;

s_{yp} – расчетная толщина накладного кольца, определяемое методом последовательного приближения из условия укрепления отверстия, $s_{yp} = 10$ мм;

l_{2p} – расчетная длина внутренней части штуцера;

$s_{ш}$ – исполнительная толщина стенки штуцера, принимаем $s_{ш} = 10$ мм;

$s_{шp}$ – расчетная толщина стенки штуцера, принимаем $s_{шp} = 8,219$ мм;

$c_{ш}$ – прибавка к расчетной толщине стенки штуцера, $c_{ш} = 0,75$ мм;

χ_1, χ_2 – отношения допускаемого напряжения материала штуцера и накладного кольца к допускаемому напряжению оболочки, $\chi_1 = \chi_2 = 1$;

D_p – расчетный диаметр аппарата, $D_p = D$ для корпуса;

d_p – расчетный диаметр отверстия, мм;

d_0 – наибольший диаметр отверстия, не требующий укрепления, мм.

Расчетный диаметр круглого отверстия штуцеров в цилиндрических обечайках равен

$$d_p = d + 2 \cdot c_{ш}, \text{мм}, \quad (2.55)$$

$$d_p = 400 + 2 \cdot 0,75 = 401,5 \text{ мм}.$$

Расчетная длина внешней и внутренней частей штуцера, участвующих в укреплении отверстия:

$$l_{1p} = \min \left\{ l_1; 1,25 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_{ш}) \cdot (s_{ш} - c_{ш})} \right\}, \text{мм} \quad (2.56)$$

$$l_{2p} = \min \left\{ l_2; 0,5 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_{ш}) \cdot (s_{ш} - 2 \cdot c_{ш})} \right\}, \text{мм} \quad (2.57)$$

$$l_{1p} = \min \left\{ \begin{array}{l} 160 \text{ мм} \\ 1,25 \cdot \sqrt{(400 + 2 \cdot 0,75) \cdot (10 - 0,75)} = 76,2 \text{ мм} \end{array} \right\} = 76,2 \text{ мм},$$

$$l_{2p} = \min \left\{ \begin{array}{l} 50 \\ 0,5 \cdot \sqrt{(400 + 2 \cdot 0,75) \cdot (10 - 2 \cdot 0,75)} = 29,2 \end{array} \right\} = 29,2 \text{ мм}.$$

Расчетный диаметр отверстия, не требующего укрепления, при отсутствии избыточной толщины стенки укрепляемого элемента:

$$d_{0p} = 0,4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)}, \text{мм} \quad (2.58)$$

Инв. № подл.	Подп. и дата				Лист
	Взам. инв. №				
	Инв. № дубл.				
	Подп. и дата				
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	ФЮРА ПВА 000000 ПЗ
					53

$$d_p = d + 2 \cdot c_{III}, \text{мм}, \tag{2.55}$$

Расчетная длина внешней и внутренней частей штуцера, участвующих в укреплении отверстия:

$$l_{1P} = \min \left\{ l_1; 1,25 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_{III}) \cdot (s_{III} - c_{III})} \right\}, \text{мм} \tag{2.56}$$
$$l_{2P} = \min \left\{ l_2; 0,5 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_{III}) \cdot (s_{III} - 2 \cdot c_{III})} \right\}, \text{мм} \tag{2.57}$$
$$l_{1P} = \min \left\{ \begin{matrix} 160.\text{мм} \\ 1,25 \cdot \sqrt{(400 + 2 \cdot 0,75) \cdot (10 - 0,75)} = 76,2.\text{мм} \end{matrix} \right\} = 76,2 \text{ мм},$$
$$l_{2P} = \min \left\{ \begin{matrix} 50 \\ 0,5 \cdot \sqrt{(400 + 2 \cdot 0,75) \cdot (10 - 2 \cdot 0,75)} = 29,2 \end{matrix} \right\} = 29,2 \text{ мм}.$$

Расчетный диаметр отверстия, не требующего укрепления, при отсутствии избыточной толщины стенки укрепляемого элемента:

$$d_{0P} = 0,4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)}, \text{мм} \tag{2.58}$$

$K_3 = 0,5, K_4 = 0,5, K_5 = 0,45$ приняты в зависимости от отношения $H/D=0,34$. Схема к расчету представлена на рисунке 20.

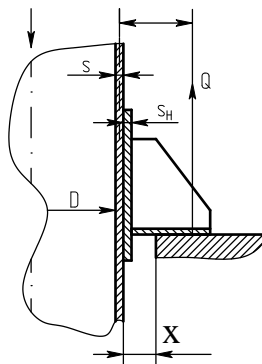


Рисунок 20 – Схема к расчету опоры вертикального аппарата

Учитывая, что момент равен нулю, нагрузка на опору определяется по формуле:

$$Q = \lambda_1 \cdot P / z, \text{ Н} \quad (2.60)$$

где λ_1 – коэффициент, зависящий от числа опор ($\lambda_1 = 2$ при $z = 4$)

$$Q = 2 \cdot 65727 / 4 = 32863,5 \text{ Н.}$$

Примем $Q = 40 \text{ кН}$ и $e = 79,95 \text{ мм}$.

Осевое напряжение от внутреннего давления p , определяется по формуле:

$$\sigma_{m0x} = p \cdot D / (4 \cdot s_0), \text{ МПа} \quad (2.61)$$

$$\sigma_{m0x} = 0,6 \cdot 1200 / (4 \cdot 3,03) = 59,40 \text{ МПа.}$$

Окружное напряжение от внутреннего давления p , определяется по формуле:

$$\sigma_{m0y} = p \cdot D / (2 \cdot s_0), \text{ МПа} \quad (2.62)$$

$$\sigma_{m0y} = 0,6 \cdot 1200 / (2 \cdot 3,03) = 118,81 \text{ МПа.}$$

Максимальное мембранное напряжение от основных нагрузок

$$\sigma_{m0} = \max \{ \sigma_{m0x}; \sigma_{m0y} \} = \max \{ 59,40 \text{ МПа}; 118,81 \text{ МПа} \} = 118,81 \text{ МПа.}$$

Толщина накладного листа определяется по формуле [7]:

$$s_H = \sqrt{K_5 \cdot Q / (A \cdot \sigma_T)}, \text{ мм} \quad (2.63)$$

где A – коэффициент, зависящий от условий и принимается равным 1,2;

$$s_H = \sqrt{0,45 \cdot 40000 / (1,2 \cdot 178,866)} = 9,16 \text{ мм.}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № инв.
Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № инв.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Г6Б	Ахматов Хуршидбек Хасан Угли

Школа	ИШНПТ	Отделение школы	НОЦ Н.М.Кижнера
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %. (НК РФ)

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ конкурентных технических решений (НИ)	Анализ и оценка конкурентоспособности НИ. SWOT-анализ
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)	Определение структуры выполнения НИ. Определение трудоемкости работ. Разработка графика проведения исследования.
4. Составление бюджета инженерного проекта (НИ)	Расчет бюджетной стоимости НИ по разработке стенда
5. Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)	Определение финансового и научно-технического эффекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Оценка конкурентоспособности НИ
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кащук Ирина Вадимовна	К.Т.Н, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г6Б	Ахматов Хуршидбек Хасан Угли		

5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

В данном подразделе проект химического реактора для производства аммиачной селитры рассмотрен с точки зрения его коммерческой значимости. Необходимые для данного рассмотрения расчёты произведены в соответствии с пособием

Потенциальными потребителями результатов реализации проекта являются компании и частные лица, составляющие рынок химического оборудования.

Конечным результатом реализации проекта является удовлетворение двух потребностей:

- предоставление на рынок более эффективного химического оборудования для производства аммиачной селитры ;
- упрощение процесса проектирования реакторов различного назначения за счёт создания программы их расчёта на базе MathCAD

5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

В ходе проводилась технологическая подготовка производства изготовления детали «Фланец». Объем выпуска продукции составляет 1000 шт. в год. Исходя из этого, потенциальными потребителями результатов исследования выступают машиностроительные предприятия находящиеся любой области Российской Федерации, оборудование которых позволяет производить обработку металлов давлением. На территории томской области выделим такие предприятия, как: ООО НПО «Сибирский машиностроитель», ЗАО НПФ «Микран».

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	ФЮРА ПВА 000000 ПЗ	Лист
						59
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

5.1.2. Анализ конкурентных технических решений

Для достижения поставленной цели необходимо произвести анализ конкурентных технических решений. Для этого составим таблицу, на основе которой дадим оценку конкурентоспособности данной детали.

Таблица 4– Оценочная карта для сравнения конкурентных технических

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
Показатели оценки качества разработки					
1.Энергоэффективность	0,12	92	100	0,92	0,1104
2.Помехоустойчивость	0,05	91	100	0,91	0,0455
3. Надёжность	0,12	94	100	0,94	0,1128
4.Унифицированность	0,05	95	100	0,95	0,475
5.Уровень материалоемкости разработк	0,08	75	100	0,75	0,06
6. Уровень шума	0,01	82	100	0,82	0,0082
7. Безопасность	0,1	93	100	0,93	0,093
8. Потребность в ресурсах памяти	0,005	85	100	0,85	0,00425
9. Функциональная мощность	0,02	87	100	0,87	0,0174
10.Простота эксплуатации	0,1	96	100	0,96	0,096
11.Качество интеллектуального интерфейса	0,005	83	100	0,83	0,00415
12.Ремонтопригодность	0,1	90	100	0,9	0,09

Инов. № подл	Подп. и дата
Инов. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Показатели оценки коммерческого потенциала разработки

13.Конкурентоспособность продукта	0,04	79	100	0,79	0,316
14.Уровень проникновения на ры-нок	0,01	65	100	0,65	0,0065
15.Перспектив-ность рынка	0,01	78	100	0,78	0,0078
16. Цена	0,1	72	100	0,72	0,072
17.Послепро-дажное обслу-живание	0,03	81	100	0,81	0,0243
18.Финансовая эффективность научной разра-ботки	0,03	74	100	0,74	0,0222
19. Срок выхода на рынок	0,01	69	100	0,69	0,0069
20. Наличие сертификации разра-ботки	0,01	68	100	0,68	0,0068
Итого	1				0,85805

Величина, помещённая в графе таблицы «Итого», рассчитана по формуле из

$$K = \sum B_i \cdot B_i$$

где К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя

В соответствии с предложенной в классификацией можно говорить о перспективности научной разработки, поскольку значение

средневзвешенного показателя качества и перспективности составило 0,86 или 86 баллов. Однако, в результате анализа было выяснено, что слабостью разработки могут оказаться уровень проникновения и сроки выхода на рынок. Эти слабые места

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл.

ФЮРА ПВА 000000 ПЗ

Лист

61

Ли Изм. № докум. Подп. Дат

необходимо учесть в последующих частях данного раздела работы, а именно – в SWOT-анализе.

5.1.3. SWOT-анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ научноисследовательского проекта. SWOT- анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта .

1) Описание сильных и слабых сторон проекта, выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 5 – Матрица SWOT

Сильные стороны научноисследовательского проекта	Слабые стороны
С1. Наличие бюджетного финансирования. С2. Наличие опытного руководителя С3. Использование современного оборудования С4. Наличие современного программного продукта С5. Актуальность проекта С6. Использование УП	Сл1. Развитие новых технологий Сл2. Высокая стоимость оборудования Сл3. Отсутствие квалифицированного персонала.
Возможности	Угрозы
В1. Возможность автоматизации технологического процесса В2. Уменьшение себестоимости выпускаемой продукции	У1. Появление новых конкурентных технологий У2. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	

2) Выявление соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Таблица 6 – Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта							
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	B1	+	-	+	+	0	+
	B2	0	-	-	-	0	-

Таблица 7 – Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	+	-	0
	B2	0	-	0

Таблица 8 – Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта							
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	Y1	0	0	+	+	+	+
	Y2	0	0	+	+	0	+

Таблица 9 – Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	Y1	+	-	+
	Y2	+	0	0

3) Составление итоговой матрицы SWOT-анализа

Таблица 10 – Итоговая матрица SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	<p>С1. Наличие бюджетного финансирования.</p> <p>С2. Наличие опытного руководителя</p> <p>С3. Использование современного оборудования</p> <p>С4. Наличие современного программного продукта</p> <p>С5. Актуальность проекта</p> <p>С6. Использование УП</p>	<p>Сл1. Развитие новых технологий</p> <p>Сл2. Высокая стоимость оборудования</p> <p>Сл3.Отсутствие Квалифицированного персонала.</p>
<p>В1.Возможность автоматизации технологического процесса</p> <p>В2.Уменьшение себестоимости выпускаемой продукции</p>	<p>- При использовании современного оборудования и УП обеспечивается автоматизация процесса, что приводит к уменьшению себестоимости продукции;</p>	<p>-Автоматизация техпроцесса приводит к созданию новых конкурентных технологий</p>
<p>У1.Появление новых конкурентных технологий</p> <p>У2. Введения</p>	<p>-Использование современного оборудования побуждает введение</p>	<p>Развитие технологий приводит к введению дополнительных государственных</p>
<p>дополнительных государственных требований сертификации продукции</p>	<p>дополнительных требований к сертификации продукции</p>	<p>требований к сертификации продукции</p>

Инва. № подл.	Подп. и дата
Инва. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	
Инва. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА ПВА 000000 ПЗ

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА ПВА 000000 ПЗ

Лист
65

Лист
65

Лист
65

Таблица 11 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
Выбор направления исследований	3	Проведение патентных исследований	Инженер
	4	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер
Выбор направления исследований	5	Выбор и анализ технологической схемы	Руководитель, инженер
	6	Календарное планирование работ по теме	Инженер
Проведение исследования	7	Проведение технологических расчётов	Инженер

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА ПВА 000000 ПЗ

Лист

66

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №

Проведение исследования	8	Проведение конструктивно механических расчётов	Инженер
	9	Осуществление теоретического анализа в области экологии	Инженер
	10	Оценка экономической значимости проекта	Инженер
Обобщение и оценка результатов	11	Обобщение и оценка результатов	Руководитель, инженер
Разработка технической документации	12	Составление и оформление пояснительной записки	Инженер
Разработка технической документации	13	Изготовление чертежей и другого графического материала	Инженер
Представление проекта	14	Представление результатов научно-исследовательской работы	Инженер

5.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

$$t_{\text{ож } i} = \frac{3t_{\text{min } i} + 2t_{\text{max } i}}{5},$$

Где $t_{\text{ож } i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.- дн.;

$t_{\text{min } i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\text{max } i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной

i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 1-й работы составило:

$$t_{\text{ож } 1} = \frac{3 * 1 + 2 * 3}{5} = 1,8 \text{ чел} - \text{дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 2-й работы составило:

$$t_{\text{ож } 2} = \frac{3 * 2 + 2 * 3}{5} = 2,4 \text{ чел} - \text{дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 3-й работы составило:

Инв. № подл.	Подп. и дата	
	Взам. инв. №	
	Инв. № дубл.	
	Подп. и дата	
Инв. № подл.	Подп. и дата	
	Взам. инв. №	
	Инв. № дубл.	
	Подп. и дата	
<div> <div>Ли</div> <div>Изм.</div> <div>№ докум.</div> <div>Подп.</div> <div>Дат</div> </div>		<div> <div>ФЮРА ПВА 000000 ПЗ</div> <div>Лист</div> <div>68</div> </div>

$$t_{ож3} \frac{3 * 3 + 2 * 6}{5} = 4,2 \text{ чел} - \text{дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 4-й работы составило:

$$t_{ож4} \frac{3 * 1 + 2 * 2}{5} = 1,4 \text{ чел} - \text{дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 5-й работы составило:

$$t_{ож5} \frac{3 * 7 + 2 * 12}{5} = 9 \text{ чел} - \text{дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 6-й работы составило:

$$t_{ож6} = \frac{3 * 5 + 2 * 10}{5} = 7 \text{ чел} - \text{дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 7-й работы составило:

$$t_{ож7} = \frac{3 * 5 + 2 * 8}{5} = 6,2 \text{ чел} - \text{дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 8-й работы составило:

$$t_{ож8} = \frac{3 * 1 + 2 * 3}{5} = 1,8 \text{ чел} - \text{дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 9-й работы составило:

Инв. № подл	Подп. и дата						
	Взам. инв. №						
	Инв. № дубл.						
	Подп. и дата						
Инв. № подл					ФЮРА ПВА 000000 ПЗ	Лист	
	Ли	Изм.	№ докум.	Подп.		Дат	69

$$t_{ож9} = \frac{3 * 6 + 2 * 12}{5} = 8,4 \text{ чел} - \text{дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 10-й работы составило:

$$t_{ож10} = \frac{3 * 8 + 2 * 13}{5} = 10 \text{ чел} - \text{дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 11-й работы составило:

$$t_{ож11} = \frac{3 * 7 + 2 * 11}{5} = 8,6 \text{ чел} - \text{дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 12-й работы составило:

$$t_{ож12} = \frac{3 * 5 + 2 * 9}{5} = 6,6 \text{ чел} - \text{дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 13-й работы составило:

$$t_{ож13} = \frac{3 * 11 + 2 * 14}{5} = 12,2 \text{ чел} - \text{дн.}$$

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ож i}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы раб дн

$t_{ож i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i-ой работы чел.-дн.;

Инов. № подл	Подп. и дата	Инов. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ч_і – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Продолжительность 1-й работы:

$$T_{p1} \frac{1,8}{1} = 2 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 2-й работы:

$$T_{p2} = \frac{2,4}{1} = 2 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 3-й работы:

$$T_{p3} = \frac{4,2}{1} = 4 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 4-й работы:

$$T_{p4} = \frac{1,4}{1} = 1 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 5-й работы:

$$T_{p5} = \frac{9}{1} = 9 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 6-й работы:

$$T_{p6} \frac{7}{1} = 7 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 7-й работы:

$$T_{p7} = \frac{6,2}{1} = 6 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 8-й работы:

Инва. № подл	Подп. и дата
Инва. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Инва. № подл	Инва. № инв. №

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА ПВА 000000 ПЗ				
71				

$$T_{p8} = \frac{1,8}{1} = 2 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 9-й работы:

$$T_{p9} = \frac{8,4}{1} = 8 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 10-й работы:

$$T_{p10} = \frac{10}{1} = 10 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 11-й работы:

$$T_{p11} = \frac{8,6}{1} = 9 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 12-й работы:

$$T_{p12} = \frac{6,6}{1} = 7 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 13-й работы:

$$T_{p13} = \frac{12,2}{1} = 12 \text{ раб. дн.}$$

Таким образом, наиболее трудоемкими и продолжительными этапами работы ожидаются этапы 5, 9, 10, 11 и 13.

5.2.3. Разработка графика проведения научного исследования

Для построения ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта длительность каждого из этапов работ из рабочих дней переведена в календарные дни. Для этого была использована следующая формула:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
ФЮРА ПВА 000000 ПЗ				
Лист				
72				

Где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определен по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}$$

Где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

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

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

Согласно производственному и налоговому календарю на 2019 год для 6-дневной рабочей недели, количество календарных 365 дней, количество рабочих дней составляет 299 дней, кол-во выходных и праздничных дней – 66, таким образом, коэффициент календарности в 2019 году составил: $k_{\text{кал}} = 1,22$.

Все рассчитанные значения отображены в таблице 11. После заполнения таблицы 21 строим календарный план-график (таблица 12). График строится для максимального по длительности исполнения работ, в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам за период времени написания диплома (12 дней). При этом работы на графике выделены различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	ФЮРА ПВА 000000 ПЗ					Лист
										73

Таблица 12 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители $T_{\text{чi}}$	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} чел-дни	t_{max} чел-дни	$t_{\text{ожi}}$ чел-дни			
Составление и утверждение технического задания	1	2	1.8	Научный руководитель	2	2
Календарное планирование работ по теме	2	3	2.4	Инженер	2	2
Поиск и изучение материалов по теме	3	6	4.2	Инженер	4	5
Выбор направления исследований	1	2	1.4	Инженер	1	1
Проведение анализа литературы по теме ВКР	7	12	9	Инженер	9	11
Проведение исследования	5	10	7	Инженер	7	9
Согласование полученных данных с научным руководителем	5	8	6,2	Инженер, научный руководитель	6	7

Инв. № подл. Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

ФЮРА ПВА 000000 ПЗ

Лист

74

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Инв. № подл.	Подп. и дата

Подготовка образцов к исследованию	1	3	1,8	Инженер	2	2
Проведение эксперимента	6	12	8,4	Инженер	8	10
Обработка полученных данных	8	13	10	Инженер, научный руководитель	10	12
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	7	11	8,6	Инженер	9	11
Работа над выводами по проекту	5	9	6,6	Инженер	7	9
Оценка эффективности полученных результатов	11	14	12,2	Инженер, научный руководитель	12	15

Таблица 13 – Календарный план-график по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	Т _{кк} , кал. дн.	Продолжительность работ											
				март			апрель			май			июнь		
				10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30
1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель	2	■											
2	Календарное планирование работ по теме ВКР	Студент	2		■										
3	Поиск и изучение материалов по теме	Студент	5		■	■									
4	Выбор направления исследований	Студент	1			■									
5	Проведение анализа литературы по теме ВКР	Студент	11			■	■	■							
6	Проведение исследования	Студент	9				■	■	■						
7	Согласование полученных данных с научным руководителем	Студент, научный руководитель	7					■	■						
8	Подготовка образцов к исследованию	Студент	2					■	■						
9	Проведение эксперимента	Студент	10						■	■	■	■			
10	Обработка полученных данных	Студент, научный руководитель	12							■	■	■	■		
11	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Студент	11								■	■	■	■	
12	Работа над выводами по проекту	Студент	9										■	■	■
13	Оценка эффективности полученных результатов	Студент, научный руководитель	15											■	■

■ – студент ■ – научный руководитель

Таблица 13 – Календарный план график проведения НИР по теме

Таблица 14 – Сводная таблица по календарным дням

	Количество дней
Общее количество календарных дней для выполнения работы	130
Общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер	94
Общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель	36

5.3. Бюджет научно-технического исследования

В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);

Инва. № подл.	Подп. и дата
Инва. № дубл.	Взам. инв. №
Инва. № подл.	Подп. и дата
Инва. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

ФЮРА ПВА 000000 ПЗ

Лист

76

- накладные расходы.

5.3.1. Расчет материальных затрат НТИ

В данном разделе произведем расчет материальных затрат.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле :

$$З_m = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m Ц_i * N_{расхi},$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы (в данной работе принимается равным 25 %).

Основными затратами в данной исследовательской работе являются затраты на приобретение канцелярских товаров. Результаты расчётов по затратам на материалы приведены в таблица -11.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	ФЮРА ПВА 000000 ПЗ					Лист
										77

таблица 15 - Результаты расчётов по затратам на материалы

Наименование	Цена за ед., руб.	Количество, ед.	Суммарная стоимость, руб.
Комплект канцелярских принадлежностей	600	4	2400
Картридж для лазерного принтера MLT-D111S/SEE	3000	1	3000
CD-диск VS CD-RW 500 Mb	90	3	270
Всего за материалы, руб.			5670
Транспортно-заготовительные расходы, руб.			1200
Итого по статье, руб.			6870

5.3.2. Затраты на оборудование

Расчёт амортизации производится на находящееся в использовании оборудование. В итоговую стоимость проекта входят отчисления на амортизацию за время использования оборудования в статье накладных расходов. При выполнении научно-исследовательского проекта использовался ноутбук Lenovo. Срок полезного использования данного ноутбука по паспорту составляет 4 года.

Таблица 16– Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Компьютер	1	4	30	30
Итого		30 тыс. руб.			

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации определяется по следующей формуле:

$$H_A = \frac{1}{n},$$

где n – срок полезного использования в годах.

Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА ПВА 000000 ПЗ

Лист

78

Амортизация определяется по следующей формуле:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot m,$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.;

m – время использования, мес.

Рассчитаем норму амортизации для ноутбука, с учётом того, что срок полезного использования составляет 3 года:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{4} = 0.25$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot m = \frac{0.25 \cdot 30000}{12} \cdot 4 = 2500$$

5.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы

В исполнении проекта, описываемого в данной бакалаврской работе, задействованы два работника: руководитель и инженер. Пример расчёта основной заработной платы дадим на примере руководителя, результаты расчёта для инженера будут занесены в сводную таблицу.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{63375 \cdot 10,3}{251} = 2600 \text{ руб.}$$

где $Z_{\text{м}}$ – должностной оклад работника за месяц; $F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей, раб.дн. (табл. 16); M – количество месяцев работы без отпуска в течение года.

- при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

Инв. № подл.	Подп. и дата						
	Взам. инв. №						
	Инв. № дубл.						
	Подп. и дата						
Инв. № подл.	Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	ФЮРА ПВА 000000 ПЗ	Лист
							79

- при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя;

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$3_{\text{дн}} = \frac{3_{\text{м}} * \text{М}}{F_{\text{д}}} = \frac{29250 * 11,2}{223} = 1469 \text{ руб},$$

Должностной оклад работника за месяц:

Для руководителя:

$$3_{\text{м}} = 3_{\text{mc}} * (1 + k_{\text{пп}} + k_{\text{д}})k_{\text{р}} = 32500 * (1 + 0,3 + 0,2) * 1,3 = 63375 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$3_{\text{м}} = 3_{\text{mc}} * (1 + k_{\text{пп}} + k_{\text{д}})k_{\text{р}} = 1500 * (1 + 0,3 + 0,2) * 1,3 = 29250 \text{ руб},$$

где Z_{mc} – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; k_{np} – премиальный коэффициент, равен 0,3; k_{∂} – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; k_p – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 17 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:	52	104
•выходные дни;		
• праздничные дни.	14	14
Потери рабочего времени:	48	24
• отпуск;		
• невыход по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	223

Таблица 18 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$З_{мс}, руб$	k_{np}	k_d	k_p	$З_m, руб$	$З_{дн}, руб$	$T_p, раб.дн.$	$З_{осн}, руб$
Руководитель	32500	0,3	0,2	1,3	63375	2600	36	93600
Инженер	15000	0,3	0,2	1,3	29250	1469	94	138086
Итого:								231686

5.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

Для руководителя:

$$З_{доп} = k_{доп} * З_{осн} = 0,15 * 93600 = 14040 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$З_{доп} = k_{доп} * З_{осн} = 0,15 * 138086 = 20712 \text{ руб.}$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

5.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды

В соответствии с пособием сумма отчислений во внебюджетные фонды определяется по формуле:

$$З_{внеб} = k_{внеб} * (З_{осн} + З_{доп}) \quad (8.11)$$

где $З_{внеб}$ – сумма отчислений во внебюджетные фонды, руб; $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (принимается равным 30%) .

Также по рекомендации пособия расчёт отчислений во внебюджетные фонды оформлен в виде таблицы 10.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата					
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	ФЮРА ПВА 000000 ПЗ				
					Лист				
					81				

Таблица 19 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата
Руководитель	93600	14040
Инженер	138086	20712
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Итого		
Руководитель	32292	
Инженер	47639	
Общий	79931,4	

5.4. Накладные расходы и формирование бюджета

В соответствии с пособием накладные расходы рассчитываются по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = \sum \text{ст} \cdot k_{\text{нр}} \quad (8.12)$$

где $Z_{\text{накл}}$ – сумма накладных расходов, руб; $\sum \text{ст}$ – сумма статей бюджета с первой по четвёртую, руб; $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы (принимаемый равным 16%) .

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведено в таблице 16.

Накладные расходы в целом:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 6) \cdot k_{\text{нр}} =$$

$$= (6870 + 2500 + 231686 + 34752 + 79931,4) \cdot 0,2 = 71147,88 \text{ руб.}$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата					
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	ФЮРА ПВА 000000 ПЗ				
					Лист				
					82				

Таблица 20 – Группировка затрат по статьям

Статьи							
Материальные затраты	Амортизация	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Итого бюджетная стоимость
6870	2500	231686	34752	79931.4	355739.4	71147.88	426887.28

Вывод

В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение» была проделана следующая работа: произведен анализ конкурирующих разработок, в результате которого было определено.

В результате выполнения изначально сформулированных целей раздела, можно сделать следующие выводы:

1. В результате проведенного анализа конкурентных технических решений оказалось, что разрабатываемый проект является более конкурентоспособным, чем его аналог. Конкурентным преимуществом разработки является наличие инструмента для планирования вычислительных экспериментов и возможности проводить вычислительные эксперименты по заранее разработанным сценариям;

2. При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Были определены: общее количество календарных дней для выполнения работы –130 дней, общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер – 94 и общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель- 36;

3. Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 426887.28 рублей;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	<div> <div>ФЮРА ПВА 000000 ПЗ</div> <div>Лист</div> <div>83</div> </div>
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4Г6Б	Ахматов Хуршидбек Хасан Угли

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Н.М Кижнера
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

Тема ВКР:

Проектирование выпарного аппарата для производства аммиачной селитры	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p><i>Объектом исследования является выпарной аппарат для производства аммиачной селитры</i></p> <p><i>областью применения является производство азотных удобрений</i></p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p><i>Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. От 27. 12.2018)</i></p> <p><i>ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.</i></p>
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<p><i>Вредные факторы</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Превышение уровня шума</i> - <i>Недостаточная освещенность рабочей зоны</i> <p><i>Опасные факторы</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования</i> - <i>Электрический ток</i> - <i>Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов</i>

3. Экологическая безопасность:	<p>- анализ воздействия выпарного аппарата на атмосферу: выбросы NH_3, CO_2 и CO</p> <p>- анализ воздействия выпарного аппарата на гидросферу (сбросы): Растворы HNO_3 и NH_3 безводно сжиженный</p> <p>- анализ воздействия выпарного аппарата на литосферу: сбросы остатков аммиачной селитры в почву</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные виды ЧС: пожар или взрыв при работе на не исправном электрооборудовании

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г6Б	Ахматов Хуршидбек Хасан Угли		

6. Социальная ответственность

Введение

Научно-исследовательская работа направлена на проектирование выпарного аппарата для производства аммиачной селитры. При разработке конструкции аппарата требуется исследование различных режимов его работа. Областью применения данного вида оборудования является производства азотных удобрений.

Все экспериментальные исследование проводились на кафедре машины и аппараты химической технологии.

В данном разделе рассматриваются вопросы охраны труда, связанные с работой в экспериментальной лаборатории, а также разрабатываются мероприятия по предотвращению воздействия на здоровье персонал лаборатории опасных и вредных факторов, создание безопасных условий труда для обслуживающего персонала, рассматриваются возможные чрезвычайные ситуации и меры для их устранения.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	ФЮРА ПВА 000000 ПЗ					86

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Рабочие места должны быть расположены вне зоны перемещения механизмов, обеспечивать удобство наблюдения за протекающими операциями и управления ими. Расположение рабочих мест должно предусматривать свободное пространство для перемещения работников при эксплуатации оборудования.

6.2. Производственная безопасность

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении исследований в лаборатории, при разработке или

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА ПВА 000000 ПЗ

– средствами, снижающими шум, на пути его распространения от источника до защищаемого объекта;

6.2.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Свет влияет на физиологическое состояние человека, правильно организованное освещение стимулирует протекание процессов высшей нервной деятельности и повышает работоспособность. При недостаточном освещении человек работает менее продуктивно, быстро устает, растет вероятность ошибочных действий, что может привести к травматизму.

Согласно СП 52.13330.2016 к средствам нормализации освещенности производственных помещений рабочих мест относятся:

- источники света;
- осветительные приборы;
- световые проемы;
- светозащитные устройства;
- светофильтры;
- защитные очки.

6.2.1.3 . Электрический ток

Анализ причин электротравматизма связаны с ненадлежащим уровнем эксплуатации оборудования, приводящим к снижению сопротивления изоляции, появлению напряжения на токоведущих его частях. Значительное количество электротравм вызывается неудовлетворительной организацией рабочего места и невыполнением требований должностных инструкций и требований охраны труда, электротравмы обусловлены неудовлетворительной конструкцией и монтажом оборудования: наличием открытых токоведущих частей, недостаточным расстоянием между токоведущими частями и металлическими конструкциями оборудования, отсутствием сигнализации, блокировки и т. д.

Достаточной мерой безопасности является соблюдение общих правил при работе с электроприборами.

6.2.1.4 Повышенная температура поверхностей оборудования и обрабатываемых их материала

Термические опасности в лаборатории обусловлены наличием оборудования с повышенной температурой поверхности. К такому оборудованию относится выпарной аппарат. При работе с таким оборудованием необходимо исключить непосредственный контакт с кожными покровами, для этого используются специальные теплоизолирующие материалы такие как стекловолокно.

6.1.2.5 Механические повреждения (движущийся машины и механизм; подвижные части производственного оборудования)

Движущиеся и вращающиеся части оборудования несут опасность физического контакта с организмом человека, поэтому они снабжены защитными кожухами.

Перед работой необходимо проверять исправность оборудования на холостом ходу. Не должно присутствовать посторонних звуков. Требования безопасности во время работы по [ГОСТ 12.2.061]:

- не отвлекаться на посторонние дела и разговоры;
- спецодежда должна быть полностью застегнута, убраны волосы.

6.3 Экологическая безопасность

При выполнении квалификационной работы использовались вещества, воздействующие на окружающую среду. В процессе проведения экспериментальной части работы материалы проходят химическую и тепловую обработку.

6.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

– Защита атмосфера

Выбросы в атмосферу с предприятий, производящих азотные удобрения, обычно состоят из природного газа, водорода (H_2), диоксид углерода (CO_2), аммиака (NH_3) и монооксида углерода (CO).

К мерам по предотвращению и контролю выбросов относятся:

- обработка продувочного синтез-газа регенерации NH_3 и H_2 перед сжиганием остатка первичном риформере;
- увеличение времени пребывания отходящих газов в зоне высокой температуре первичного риформера;
- аммиак, выходящий из емкостей или хранилищ через предохранительные клапаны или регуляторы давления, следует собирать и отправлять в факел или мокрый скруббер;
- применение методов снижения утечек для выявления неорганизованных утечек аммиака из технологической системы хранилищ;
 - Защита гидросферы

Вещества используемые в ходе выполнения работы имеют жидкое агрегатное состояние, являются токсичными растворами азотной кислоты и аммиака безводно сжиженного, загрязняющими водные бассейны и стоки. После использования этих растворов все водные системы необходимо очищать, а токсичные компоненты нейтрализовать и утилизировать в специальную емкость.

- Защита литосферы

Твердые отходы, в виде комков аммиачной селитры не загрязняют литосферу так как являются удобрением для почвы. Норма отходов очень мала и соответствует ПДК равной 130 мг/кг.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

6.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Типовой Чрезвычайной ситуацией при выполнении экспериментальной части квалификационной работы является пожар или взрыв. ЧС может возникнуть как в результате несоблюдения правил техники безопасности, так и вследствие неисправности оборудования. При возникновении такой ЧС необходимо обращаться к ГОСТ Р 22.0.01-2016. Безопасность в ЧС. Основные положения.

Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА ПВА 000000 ПЗ

Лист
93

6.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Для предотвращения типичной ЧС при проектировании выпарного аппарата необходимо соблюдать следующие технические мероприятия: каждый сотрудник или работник должен пройти инструктаж по технике безопасности; соблюдать противопожарные правила, нормы при устройстве электропроводов и оборудования, правильное размещение оборудования; около каждого электроприбора должен быть автомат аварийного отключения электроэнергии.

На случаи пожара предусматриваются пути эвакуации людей и материальных ценностей. Все перечисленные мероприятия обеспечивают необходимую безопасность обслуживающего персонала и сохранность оборудования и материалов.

Выводы по разделу

В данном разделе рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности работы при выполнении исследования, в следствии чего определены вредные и опасные факторы. Разработаны мероприятия по снижению и ликвидации действия данных факторов на рабочий персонал испытательной лаборатории. Данное исследование оказывает воздействие на окружающую среду: атмосферу, гидросферу и литосферу. В разделе рассмотрены возможные чрезвычайные ситуации и профилактические мероприятия для их устранения.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	ФЮРА ПВА 000000 ПЗ					94

Заключение

В данной бакалаврской работе был спроектирован выпарной аппарат, используемый в установке производства аммиачной селитры. В разделе, посвященном обзору и анализу состояния вопроса, выполнен краткий анализ существующих схем производства аммиачной селитры и приведены конструкции типовых аппаратов, используемых при производстве. На основании анализа выбрана технологическая схема и аппарат, в котором выполняется процесс выпаривания.

Технологический раздел посвящен детальному описанию выбранной схемы производства и выпарного аппарата. Раздел содержит технологические расчеты по проектируемому аппарату и вспомогательному оборудованию. Определены геометрические размеры аппарата и его составных частей. Выполнен расчет насоса и буферной емкости для хранения аммиака.

Механический расчет содержит описание конструкции аппарата и прочностной расчет его основных элементов: обечайки, фланцевого соединения, опор, днищ, укрепления отверстия.

В разделе “Финансовый менеджмент” произведен SWOT-анализ и оценен научно-технический эффект и конкурентоспособность данной разработки. Была спланирована реализация проекта, результатом чего стала диаграмма Ганта, в которой отражено время, затраченное на разработку реактора с учетом консультаций научного руководителя.

Помимо вышеуказанного в работе приведён раздел “Социальная ответственность”, где отражены рекомендации по безопасной работе персонала с данным аппаратом и рассмотрены вопросы обеспечения охраны окружающей среды.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	ФЮРА ПВА 000000 ПЗ					Лист
										95

Список использованных источников

1. Регламент сайта "Fargonaazot" <http://ru.azot.uz/d/755007/d/investpredrus>.
2. Технология аммиачной селитры. Под ред. докт. техн. наук проф. В. М. Олевского, М. «Химия», 1978. – 312 с. ил.
3. Скобло А.И. и др. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии. – М. ООО «Недра-Бизнес-центр», 2000. – 677 с.
4. Павлов К.Ф. Романков А.А. Носков А.А. Примеры и задачи по курсу «Процессы и аппараты химической технологии». – Л. Химия, 1981. – 552 с.
5. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию. / Под ред. Ю.И. Дытнерского. – М. Химия, 1983. – 272 с.
6. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования. Справочник. – Калуга: Изд. Н. Бочкаревой, 2002. Т.1, 852 с. т.2, 1028 с. т.3, 968 с.
7. Лащинский А.А. Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. – М.: Машиностроение, 1970. – 752 с.
8. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи / под ред. М.Ф. Михалева. – Л. Машиностроение, 1984. – 301 с.
9. Пищулин В.П. Зарипова Л.Ф. Расчет выпарного аппарата: Руководство для студентов. – Томск: Отделение № 1 ТПУ, 1992. – 70 с.
10. Бакиев А.В. Технология аппаратостроения. – Уфа. УГНТУ, 1995. – 297 с.
11. Киселев Г.Ф. и др. Система технического обслуживания и ремонта технологического оборудования предприятий по производству минеральных удобрений. Справочник. – М.: Химия, 1991. – 384 с.
12. Полоцкий Л.М. Лапшенков Г.И. Автоматизация химических производств. Теория, расчет и проектирование систем автоматизации. – М. Химия, 1982. – 296 с.
13. Сборник законодательных и других нормативных правовых актов по охране труда. / Под ред. В.С. Шевцова. – Пятигорск: «Спецпечать», 2002. – 280 с.
14. Кукин П.П. Лапин В.Л., Пономарев Н.Л. Безопасность технологических процессов производств (Охрана труда). – М. Высш. шк. 2001. – 319 с.

Инв. № подл.	Подл. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подл. и дата	
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	
ФЮРА ПВА 000000 ПЗ					Лист
					96

15. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов. / Под ред. С.В. Белова. – 2-е изд. испр. и дополн.– М. «Высшая школа», 1999.– 448с.

16. Пряников В. И. Техника безопасности в химической промышленности. – М. Химия, 1989.

17. Экономика и управление производством. Методические указания к курсовой работе для студентов ХТФ. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 32 с.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	ФЮРА ПВА 000000 ПЗ					Лист
										97
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат						