

Школа **Инженерная школа новых производственных технологий**
 Направление подготовки **18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, профиль Машины и аппараты химических производств**
 Отделение школы (НОЦ) **Научно-образовательный центр Н.М.Кижнера**

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проект мембранного фильтра для очистки суспензий, полученных методом электрического взрыва проводников в жидких средах

УДК 66.067.3-278:66.063:537.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4K51	Титов Максим Николаевич		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Механический расчет оборудования»

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

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Криницына З.В.	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Л.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2019 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
Отделение школы (НОЦ) Научно-образовательный центр Н.М.Кижнера
Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
Профиль Машины и аппараты химических производств

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Беляев В.М.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
4K51	Титов Максим Николаевич

Тема работы:

Проект мембранного фильтра для очистки суспензий, полученных методом электрического взрыва проводников в жидких средах	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	18.02.2019 №1235/с
Срок сдачи студентом выполненной работы:	

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Проект мембранного фильтра для очистки суспензий, полученных методом электрического взрыва проводников в жидких средах. Суспензия, состоящая из жидкости (вода) и нанопорошков металла Газ внутри фильтра: аргон Температура суспензии: 43 °С Размер отделяемых частиц: 40-250 нм
---	---

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

Студенту:

Группа	ФИО
4K51	Титову Максиму Николаевичу

Школа	ИШНПТ	Отделение(НОЦ)	Н.М. Кижнера
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	18.03.02. Энерго - и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ):материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование, опрос
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала проекта	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Разработка устава научно-технического проекта	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления проектом: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Определение производственной мощности. Расчет сырья, материалов, оборудования, фонда оплаты труда. Расчет себестоимости аппарата.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Креницына Зоя Васильевна	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4K51	Титов Максим Николаевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4К51	Титову Максиму Николаевичу

Школа	ИШНПТ	Отделение(НОЦ)	Н.М. Кижнера
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	18.03.02. Энерго - и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Тема ВКР:

Проект мембранного фильтра для очистки суспензий, полученных методом электрического взрыва проводников в жидких средах	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	В работе рассматривается проект мембранного фильтра для разделения суспензии состоящей из воды и порошков металла для использования в лабораторных условиях. Областью применения являются химические лаборатории.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1.Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: -специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; -организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	– Трудовой кодекс РФ; – ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний»; – ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»; – ФЗ «О радиационной безопасности населения»; – СанПиН 2.2.4.3359-16;
2.Производственная безопасность:	– Превышение уровня шума; – Отклонение показателей микроклимата; – Повышенное значение напряжения в электрической цепи;

2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	замыкание которой может произойти через тело человека.
3. Экологическая безопасность: - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу(отходы)	- Вредное воздействие осуществляется сбросом отработанной воды в гидросферу, без необходимого процесса рекуперации жидкости; - На атмосферу и литосферу вредного влияния не оказывается.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	- Пожароопасная ситуации; - Поражения рабочего персонала электрическим током.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Лариса Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4К51	Титов Максим Николаевич		

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Реферат; Введение; 1 Литературный обзор; 2 Технологическая схема; 3 Технологический расчет; 4 Механический расчет; 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 6 Социальная ответственность; Заключение; Список литературы.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Лист 1 – Общий вид фильтра для очистки суспензий А0 Лист 2 – Чертеж основных деталей фильтра очистки суспензии А0 Лист 3 – Технологическая схема А2 Лист 4 – Экономические показатели А2
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Механический расчет оборудования	Беляев Василий Михайлович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Криницына Зоя Васильевна
Социальная ответственность	Скачкова Лариса Александровна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ан Владимир Вилорьевич	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4K51	Титов Максим Николаевич		

Запланированные результаты обучения по ООП 18.03.02 выпуска 2019 г.

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять базовые математические, естественнонаучные, социально-экономические и специальные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОПК-1,2,3; ПК-8,10,11,12; ОК-1,2,3,4), Критерий 5 АИОР (п.1.1)
P2	Применять знания в области энерго-и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии для решения производственных задач	Требования ФГОС (ОПК-1,2; 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, нефтехимии и биотехнологии.	Требования ФГОС (ОПК-2; ПК-2,4,5,16; ОК-5,7), Критерий 5 АИОР (пп.1.2)
P4	Проектировать и использовать энерго-и ресурсосберегающее оборудование химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ОПК – 1; ПК-2,4,5,8,17,18; ОК-3,4), Критерий 5 АИОР (п.1.3)
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области энерго-и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ОПК -2,3; ПК-13,14,15; ОК-7), Критерий 5 АИОР (п.1.4)
P6	Осваивать и эксплуатировать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ОПК – 3; ПК-1,4,6,7,9,10,11; ОК-9), Критерий 5 АИОР (п.1.5)
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,6), 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	Владеть 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 ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-4,6,8) , Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3)

Реферат

Дипломный проект состоит из пояснительной записки, содержащей 89 страниц машинописного текста, 26 рисунков, 17 таблиц, 33 использованных источников, 2 листа графического материала формата А0, 2 листа графического материала А2.

Ключевые слова: электрический взрыв проводника, ЭВП, фильтр, мембранный фильтр, нанопорошок.

В дипломном проекте спроектирован мембранный фильтр, были произведены: технологический расчет основных параметров фильтра, механический расчет фильтра на прочность.

Цель работы - спроектировать и выполнить расчёт мембранного фильтра для улавливания микронных частиц порошка.

Abstract

The diploma project consists of an explanatory note containing 80 pages of typewritten text, 26 figures, 17 tables, 33 sources used, 2 sheets of A0 graphic material, 2 sheets of A2 graphic material.

Key words: electrical explosion of wires, EEW, filter, membrane filter, nanopowder.

In this graduation project, the following processes were performed: technological calculation of the main parameters of the filter, mechanical calculation of the filter for strength.

The purpose of the work is to design and perform the calculation of a membrane filter for capturing nano particles of a powder.

Оглавление

Введение	17
1 Обзор литературы	18
1.1 Методы получения нанопорошков металлов.....	18
1.2 Способы разделения потоков от нанопорошков	20
2 Технологическая схема	27
3 Технологический расчет	28
3.1 Материальный баланс	28
3.2 Расчет фильтра.....	28
3.3 Конструктивный расчет тарелки для фильтра.....	30
3.4 Подбор патрубков.....	31
4 Механический расчет	33
4.1 Выбор конструкционного материала	33
4.2 Расчетная модель	33
4.3 Расчет толщины стенки цилиндрической обечайки (позиция 5).....	35
4.4 Расчет толщины стенки эллиптической крышки (позиция 2).....	39
4.5 Расчет патрубков (позиция 1).....	41
4.6 Расчет фланцевого соединения (позиция 4)	44
4.7 Расчёт тарелки (позиция 7).....	58
4.8 Расчет массы пустого и заполненного аппарата. Подбор опор (позиция 6).....	61
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	64
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования	64
5.2 SWOT-анализ	65
5.3 Планирование научно-исследовательских работ. Структура работ в рамках научного исследования	66
5.4 Определение трудоемкости выполнения работ.....	67
5.5 Разработка графика проведения научного исследования.....	68
5.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	70

5.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	74
6 Социальная ответственность	79
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	79
6.2 Производственная безопасность	81
6.3 Анализ вредных выявленных факторов при эксплуатации проектируемого фильтра...	82
6.4 Экологическая безопасность	85
6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	85
Заключение.....	88
Список публикаций	89
Список литературы.....	90

Введение

Одним из самых популярных методов получения металлических нанопорошков является электрический взрыв проводника(ЭВП). Возможно получение частиц нанопорошков, как и в газовой и так и жидкой среде. Использование жидкой среды позволяет получать порошки со средним размером частиц меньшим чем в газовой среде.

Актуальность применения данной темы становится ясна при изучении данной темы. Проблема разделения среды и порошков представляет широкий интерес для научных проектов. Существующие способы разделения среды и нанопорошков такие как отстаивание подходят только для лабораторного использования. Однако методов подходящих под промышленные условия еще не разработано.

Цель работы - спроектировать фильтр для разделения суспензий получаемых на ЭВП установках в жидкой среде. Для этого необходимо выполнить следующие задачи:

- выбрать тип фильтра, обеспечивающего улавливание частиц размером до 40-250 нм;
- выполнить конструктивный и механический расчет фильтра;
- рассчитать необходимые узлы и выполнить рабочие чертежи.

Разрабатываемым проектом в данной работе является мембранный фильтр для очистки суспензии состоящей из жидкости и металлических нанопорошков от частиц нанопорошков металлов размером до 250нм, а предметом исследования – проектирование и расчет узлов данного фильтра.

1 Обзор литературы

1.1 Методы получения нанопорошков металлов

На сегодняшний день нанодисперсные порошки металлов применяются в качестве добавок для улучшения свойств материалов [1-3], материалов для 3D печати, как катализаторы. Использование нанопорошков позволяет создавать экономически и энергетические выгодные изделия по сравнению с их аналогами из других материалов.

Основными наиболее известными способами получения нанопорошков являются: способы, основанные на физических способах с отсутствием химических реакций, такие как газофазовый синтез, использование низкотемпературной плазмы и т.д., и способы основанные на химических превращениях, например синтез в реакциях восстановления в газовой и конденсированных фазах, получение частиц в процессе конденсации атомов при низких температурах и т.д. [4].

Первые из них представляют собой физические процессы такие как истирание, удар, электромагнитные импульсы, лазерное воздействие и т.д. Для данных методов характерно получение агломератов частиц размерами 60-70 нм, при этом средний размер входящих частиц равен 1-3 нм.

Вторая группа методов основана на химических процессах таких как разложение соединений, осаждения из различных сред (газовых, жидких), конденсация и т.д. Особенностью данных методов являются многостадийность.

При этом на сегодняшний день наибольшее распространение получил метод электрического взрыва проводника (ЭВП). Данный метод сочетает в себе идеи двух групп методов. Так разрушение материала проводника происходит при действии электрического тока, что по своей сути близко к методам первой группы, затем происходит конденсация полученных паров металлов как во второй группе методов получения нанопорошков [5]. Одним из важнейших плюсов данного метода является возможность получения нанопорошков не только металлов, но и их сплавов, интерметаллидов, при этом свойства и размер получаемых частиц зависят от количества энергии введенной в проводник. На сегодняшний день метод ЭВП используют для получения нанодисперсных порошков в газовой и жидких средах.

На рисунке 1 приведена принципиальная схема установки ЭВП для получения нанопорошков в газовой среде.

					ФЮРА ПМФ 00.00.00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Студент	Титов М.Н.				Обзор литературы	Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Ан В.В.						18	89
Конс.						ТПУ ИШНПТ		
Н. Контр.								
Руков. ООП	Беляев В.М.					Группа 4K51		

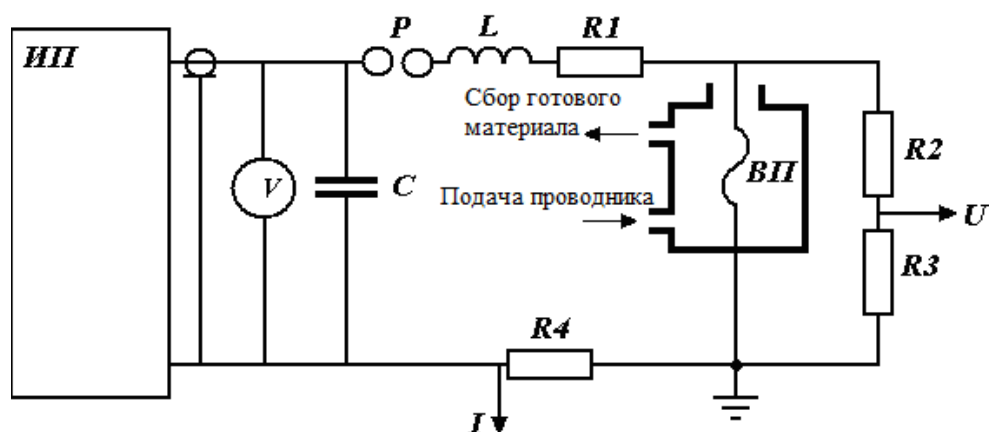


Рисунок 1- Схема установки ЭВП в газовой среде.

Основной принцип работы - в реактор помещается взрываемый проводник. Объем установки вакуумируется, и заполняется исследуемым газом (аргон или гелий). Источник питания заряжает конденсатор до заданного напряжения. При замыкании коммутатора конденсатор разряжается на проводник, проводник нагревается, происходит его плавление и взрыв. Продуктами являются пар и жидкие капли. Происходит конденсация пара с образованием частиц порошков. Подача проводника непрерывна, емкость заряжается непрерывно, продукты взрыва собираются в систему улавливания порошка. Одной из главных задач является получение нанопорошков высокой дисперсности, а также узкое распределение частиц по размерам.

Метод получения нанопорошков в жидкой среде почти аналогичен методу ЭВП в газовой среде отличия данных методов в следующем: ударная волна образуется в форме цилиндра, интенсивный световой поток, образование частиц нанопорошков более мелких размеров в следствие более быстрой конденсации в жидкости.

На рисунке 2 приведена схема установки ЭВП для жидкой среды [6].

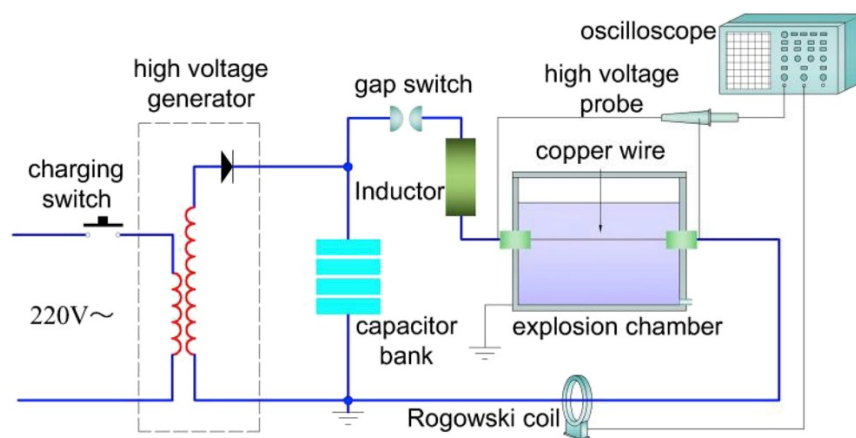


Рисунок 2- Схема ЭВП установки в жидкой среде.

Принцип получения НП в установках для ЭВП следующий [6]: объем установки вакуумируется, заполняется газом, затем некоторая часть от объема установки (2/3) заполняется жидкостью. Происходит подача взрываемого проводника и серия взрывов. Через некоторое время полученная суспензия выкачивается из установки и подается на фильтр для разделения жидкости и нанопорошка.

1.2 Способы разделения потоков от нанопорошков

После того получения определенного количества нанопорошка на ЭВП установке, поток жидкости или газа поступает в узел очистки где происходит разделение потока и частиц.

На сегодняшний день используется различное оборудование для разделения потоков газа или жидкости от нанопорошков, например: пылеуловители, отстойники, фильтры [7].

Пылеуловительные камеры представляют собой простейший механизм для улавливания частиц или пыли. Их работа основана на осаждении частиц из пылегазового потока при небольшой скорости движения через рабочую камеру. Основными параметрами для пылеуловителей являются геометрические размеры (высота, длина), которые являются определяющими при расчете времени нахождения потока внутри.

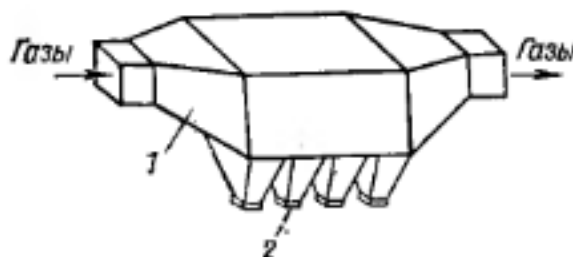


Рисунок 3 – Пылеуловительная камера. 1-корпус, 2- пылеотводящий бункер.

Основным видом пылеуловителей являются инерционные и центробежные(циклоны) [8].

1.2.1 Инерционные пылеуловители

Наиболее известным примером инерционного пылеуловителя являются пылевые мешки. В инерционных пылеуловителях при резком изменении направления движения газового потока частицы пыли под воздействием инерционной силы продолжают двигаться в прежнем направлении и после поворота потока газов выпадают в бункер. Основные типы инерционных пылеуловителей приведены на рисунке 4.

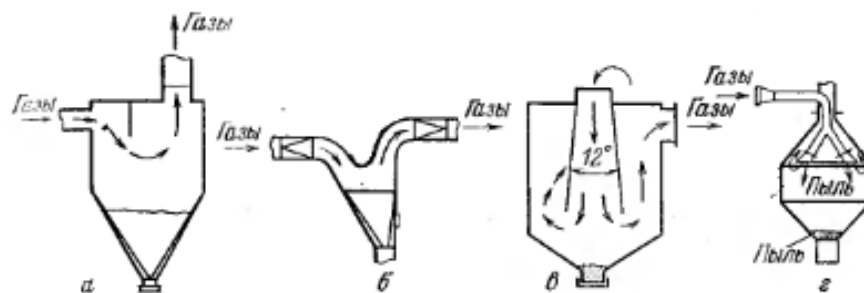


Рис. 2.4. Инерционные пылеуловители:

а — камера с перегородкой; б — камера с плавным поворотом газового потока; в — камера с расширяющимся конусом; г — камера с заглубленным бункером

Рисунок 4- Инерционные пылеуловители. а- камера с перегородкой; б- камера с плавным поворотом; в-камера с расширяющимся конусом; г- камера с заглубленным бункером;

В таких аппаратах частицам придается момент равный $g/3$. Принцип работы пылеуловителей основан на изменении направления движения и приведен на рисунке 5. Поток проходит движение вниз, а затем меняет направление на 180° и проходит через зазор.

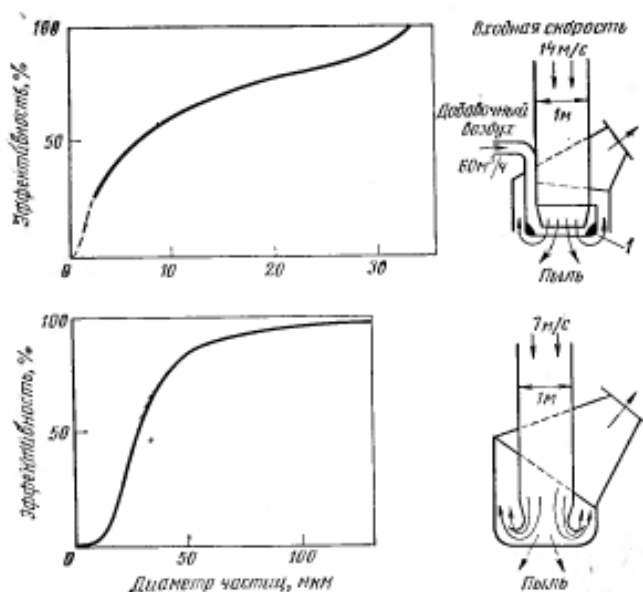


Рисунок 5 - Принцип работы инерционных пылеуловителей

Пылеуловители при своем использовании имеют некоторые достоинства и недостатки [9]:

Преимущества

- Простота эксплуатации;
- Низкая стоимость установки и эксплуатации;
- Широкий интервал рабочих температур и давлений зависящий только от материала аппарата;
- Улавливание материала в сухом виде.

Недостатки

- Крупные размеры;
- Улавливание только частиц крупного размера (более 70 мкм).

Чаще всего инерционные пылеуловители используются перед циклонами, улавливая из газового потока частицы крупных размеров.

1.2.2 Циклоны

Следующим типом пылеуловителей являются центробежные пылеуловители (циклоны). Данный вид пылеуловителей получил широкое распространение вследствие их дешевизны, простоты эксплуатации, производительности. В сравнении с другим типом пылеуловителей циклоны имеют ряд достоинств, таких как отсутствие движущихся частей, создание большого количества витков потока благодаря которым повышается эффективность его разделения, возможность улавливания частиц меньшего размера.

Принцип работы циклона основан на использовании центробежных сил, возникающих при вращении потока. Схема работы приведена на рисунке 6.

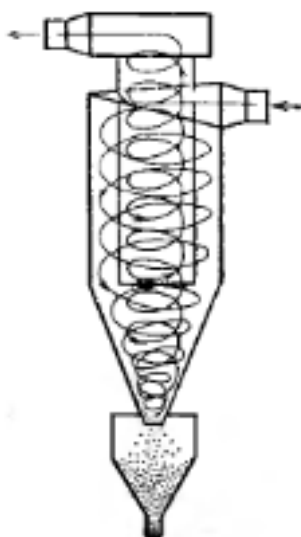


Рисунок 6-Схема работы циклона.

Поток попадает в улитку тангенциально и начинает вращаться внутри корпуса. Из-за центробежных сил взвешенные частицы, находящиеся в потоке, отбрасываются на стенки, выпадают из потока и оседают в бункере под циклоном. Очищенный газ вращается в корпусе некоторое время, поворачивается на 180° и выходит через выхлопную трубу.

Основными преимуществами циклонов следующие:

- Низкая стоимость аппаратов;
- Простота изготовления и эксплуатации;
- Высокая производительность;

					Обзор литературы	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Отсутствие подвижных деталей;
- Возможность работы при высоких температурах.

Недостатки данных аппаратов:

- Высокое гидравлическое сопротивление (примерно 1200-1500 Па);
- Низкая эффективность при разделении потоков с частицами размером < 50 мкм.

Основная номенклатура выделяет следующие типы циклонов - конические и цилиндрические. Характерными чертами этих аппаратов: цилиндрические циклоны имеют удлиненную цилиндрическую часть и отношение диаметра выхлопной трубы к диаметру циклона равно 0,59; конические имеют удлиненную коническую часть, отношение диаметров выхлопной трубы и корпуса малы и равны 0,22, 0,33, 0,34.

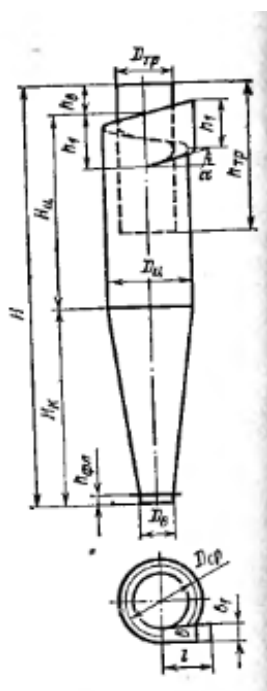


Рисунок 7- Цилиндрический циклон

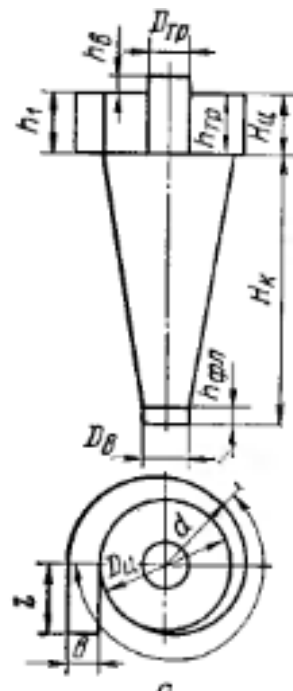


Рисунок 8- Конический циклон

Несмотря на высокую эффективность и достаточную степень очистки (примерно 90% для частиц размерами до 50мкм) циклоны, не могут обеспечить необходимой степени очистки для потоков с частицами малых размеров (менее 50 мкм).

1.2.3 Отстаивание

Описанные выше методы разделения потоков обычно используются для разделения газовых потоков. Для разделения жидкостных потоков используются отстойники или фильтры.

Отстаивание- это процесс осаждения взвешенных в жидкостях частиц, основанный на использовании гравитационных сил при пониженных скоростях потока. Отстаивание

					Обзор литературы	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

является самым дешевым методом разделения суспензий. Выделяют отстойники периодические, непрерывного и полунепрерывного действия.

Часто процесс осаждения проводится в ограниченных объемах, в некоторых случаях перед отстаиванием разделяемую суспензию пропускают через микронные сита для отделения наиболее крупных частиц. В виду долгой длительности процесса для разделения суспензий наиболее подходящим является периодический отстойник, схема которого приведена на рисунке 9.

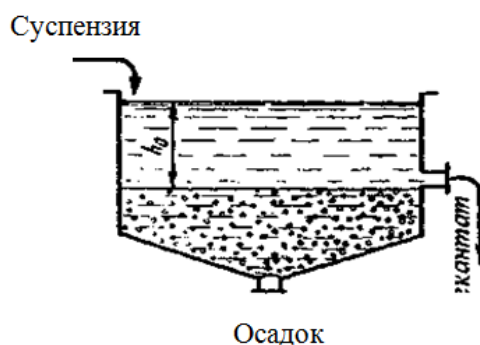


Рисунок 9- Схема периодического отстойника

Принцип работы периодических аппаратов следующий- суспензия заливается и некоторое время находится в состоянии покоя до полного оседания частиц. После оседания частиц через краны, находящиеся выше уровня осадка происходит декантация осветленной жидкости. После слива жидкости осадок вынимают из аппарата через верх или снизу через кран [10].

На рисунке 10 приведена схема процесса разделения суспензий с четким разделением зон проявляющихся в процессе отстаивания. На рисунке 11 показана зависимость скорости процесса фильтрования от его продолжительности.

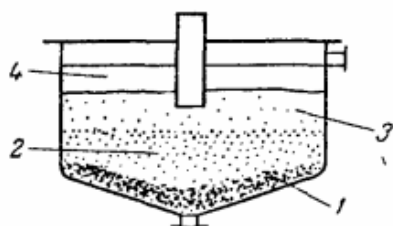


Рис. V-1. Схема процесса отстаивания:

1 — слой осадка (шлама); 2 — зона сгущенной суспензии; 3 — зона свободного осаждения; 4 — осветленная жидкость.

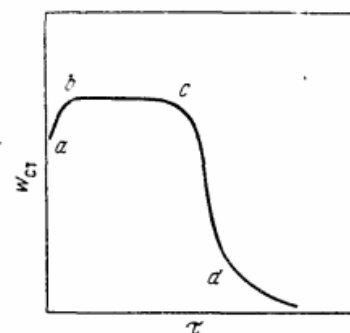


Рис. V-2. Зависимость скорости отстаивания от времени.

Рисунок 10 – Схема процесса отстаивания.

Рисунок 11- Зависимость скорость отстаивания от времени

По графику видно, что изначально скорость отстаивания нарастает, это связано с оседанием наиболее крупных частиц(шлама). Затем скорость процесса становится

					Обзор литературы	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

постоянной проявляются зоны сгущенной суспензии. После скорость начинает падать и проявляется зона свободного осаждения и осветленная жидкость.

К основным достоинствам отстойников можно отнести следующие:

- Легкость эксплуатации
- Простота конструкции

Недостатки же данных отстойников:

- Наличие зон, где осадок застаивается и не может быть удален
- Возможность улавливания примерно 60-70% взвешенных частиц

1.2.4 Фильтры

Следующим способом разделения суспензии является фильтрование. Фильтрование с целью удаления твердых частиц представляет собой совокупность механизмов инерционного столкновения, перехвата, диффузии.

Основным типом фильтра для разделения потоков являются тканевые фильтры, способные разделять- как газовые, так и жидкостные потоки. Для улавливания частиц в данных фильтрах используются различные волокна. Материал волокон зависит от их применения - могут быть металлические, стеклянные, целлюлозные [9]. В зависимости от нагрузки выбирается уже плотность ткани фильтра и количество промываний необходимых для изъятия частиц из волокна. Использование тканевых фильтров достаточно широко. Данный тип фильтров применяется для очистки больших объемов загрязненного воздуха с высокой концентрацией пыли. Основной фильтрующий элемент- это рукава из фильтровальной ткани. К фильтровальным тканям предъявляются

следующие требования [11]:

1) высокая пылеемкость при фильтрации и способность удерживать после регенерации такое количество пыли, которое достаточно для обеспечения высокой эффективности очистки газов от тонкодисперсных твердых частиц;

2) сохранение оптимально высокой воздухопроницаемости в равновесно запыленном состоянии;

3) высокая механическая прочность и стойкость к истиранию при многократных изгибах, стабильность размеров и свойств при повышенной температуре и агрессивном воздействии химических примесей;

4) легкому удалению накопленных частиц;

5) низкая стоимость.

На рисунке 12 приведена схема тканевого фильтра

					Обзор литературы	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

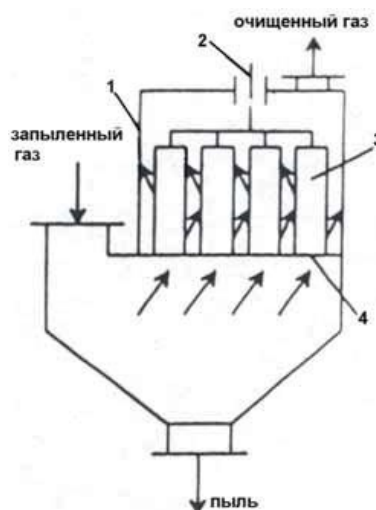


Рисунок 12 – Схема тканевого фильтра. 1 – корпус; 2 – встряхивающее устройство; 3 – рукав; 4 – распределительная решетка.

Принцип работы тканевого фильтра следующий- поток поступает в коллектор, расположенный с одного торца в корпус, входит в закрепленные в распределительной решетке рукава. Твердые частицы оседают и закрепляются на внешней поверхности рукавов, очищенный газ выходит с другого коллектора. После этого встряхивающее устройство с помощью встряхиваний (в вертикальном направлении, из стороны в сторону), и иногда продувки, сбрасывает осевшие частицы в корпус, откуда они попадают в бункер для сбора, установленный под корпусом фильтра.

Основными достоинствами тканевых фильтров следующие [8]:

- высокой степенью очистки;
- надежностью в работе;
- простотой конструкций, монтажа и обслуживания;
- позволяет улавливать частицы размерами до 0,5 мкм.

Недостатки фильтров [8]:

- возможность зарастания при наличии в потоке значительного количества твердых частиц, образующих слой нерастворимых отложений.

Однако тканевые мембраны, используемые в данных фильтрах, не обладают достаточными значениями химической устойчивости, электрических и механических свойств и не могут использоваться для очистки суспензий от нанопорошков металлов. Однако для этой цели подходит мембраны, создаваемые из пористого титана, так как они обладают высокими значениями перечисленных характеристик.

Цель данной работы-спроектировать фильтр для разделения суспензий получаемых на ЭВП установках в жидкой среде.

					Обзор литературы	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 Технологическая схема процесса получения и разделения суспензии

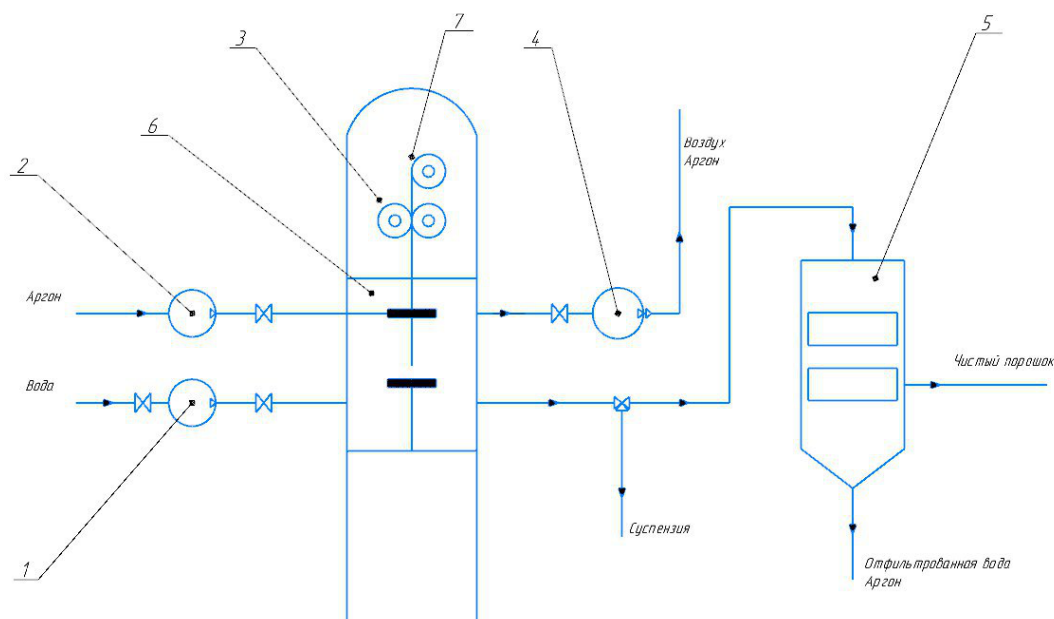


Рисунок 13 – Технологическая схема аппарата для получения суспензии методом электрического взрыва проводников: 1 – насос, 2 – редуктор, 3 – аппарат для получения суспензии, 4 – вакуумный насос, 5 – мембранный фильтр, 6 – взрывная камера, 7 – модуль механизма подачи проволоки.

Мембранный фильтр предназначен для разделения суспензии, состоящей из жидкости и металлического нанопорошка, получаемой на установке ЭВП в жидкой среде. Рабочие параметры фильтра следующие: давление 0,5 МПа, температура суспензии 43 °С.

Объем взрывной камеры заполняется водой с помощью насоса (1) только на 2/3. После этого оставшийся воздух выкачивается с помощью вакуумного насоса (4) из взрывной камеры и камеры подачи проволоки. После вакуумации оставшееся пространство заполняется аргоном с помощью редуктора (2). Данное соотношение поможет избежать деформации камеры, где происходит взрыв проводника, и заливания жидкости в камеру подачи проволоки, в результате ЭВП аргон вытесняет воздух. После одного рабочего цикла полученная суспензия прокачивается из камеры с помощью редуктора и поступает в фильтр, где происходит осаждение порошка на двух фильтрующих мембранах, или же переходит в бункер. Мембраны отчищаются от полученного порошка с помощью вибрационного устройства. Аргон и отфильтрованная вода рекуперируются.

					ФЮРА ПМФ 00.00.00 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Студент	Титов М.Н.						
Руковод.	Ан В.В.						
Конс.							
Н. Контр.							
Руков. ООП	Беляев В.М.						
					Технологическая схема		
					Лит.	Лист	Листов
						27	89
					ТПУ		ИШНПТ
					Группа		4K51

3 Технологический расчет

Целью данного расчета является составление материального баланса процесса и определение основных конструктивных размеров фильтра.

Исходные данные

Плотность жидкости в аппарате, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$:	$\rho_{\text{ж}} := 1000$
Температура жидкости в фильтре, °C;	$t := 43$
Давление в аппарате, МПа;	$P_r := 0.5$

3.1 Материальный баланс для фильтра

Составим материальный баланс для фильтра после процесса фильтрования, считая, что 5% от массы порошка, осевшего на фильтре, составляет вода.

Таблица 1

№	Приход	кг/ч	%	№	Расход	кг/ч	%
1.	Вода в т.ч.	14,098	99,7259	1.	Вода.	14,097	99,7214
	1.1 Нп с $d_q=250\text{нм}$	0,0034	0,0241	2.	Нп с $d_q=250\text{нм}$	0,0036	0,0253
	1.2 Нп с $d_q=40\text{нм}$	0,0104	0,0732	3.	Нп с $d_q=40\text{нм}$	0,0109	0,0769
2.	Аргон	0,0250	0,1768	4.	Аргон	0,0250	0,1769
				5.	потери	0,0007	0,0049
	всего	14,14	100		всего	14,14	100

3.2 Расчет фильтра

Требуемая площадь фильтрования определяется по формуле [12]:

$$F_{\Phi} := \frac{q_{\text{ч}}}{v_{\Phi}} \text{ где,}$$

$q_{\text{ч}} := 0.015$ объемный расход, принимаемый на основе данных прихода из материального баланса, м³/ч

$v_{\Phi} := 5$ скорость фильтрования, принимаемая равной, м/ч;

$$F_{\Phi} := \frac{q_{\text{ч}}}{v_{\Phi}} = 3 \times 10^{-3} \text{ м}^2$$

					Технологический расчет	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

Так как установка является полулабораторной для простоты изготовления обечайки фильтра используем трубу. По [13,14] принимаем для фильтра следующие размеры: для обечайки - внешний диаметр 500 мм, толщина стенки 10 мм, высотой 400 мм; для эллиптических днища и крышки внешний диаметр-500 мм, толщина стенки 10 мм, высота-150 мм. Общий объем фильтра 0.121м³, высота 1080 мм.

Фильтрующим материалом принимаем пористый титан с диаметром 480 мм и высотой 20мм. Сбор готового порошка из пор проводить растряхиванием титановых мембран с помощью вибрационного устройства.

Необходимое количество фильтров определим по следующей формуле [12]:

$$N_{\Phi} := \frac{F_{\Phi}}{f_{\Phi}}, \text{ где}$$

$$f_{\Phi} := 0.196 \text{ площадь фильтра согласно подобранным параметрам, м}^2$$

$$N_{\Phi} := \frac{F_{\Phi}}{f_{\Phi}} = 0.015$$

Принимаем 2 титановых фильтра исходя из конструктивных решений.

Продолжительность фильтро-цикла определяется по формуле [12]:

$$T_{\Phi} := \frac{(100 \cdot N_{\Phi} \cdot f_{\Phi} \cdot h_3) \cdot \Gamma}{q_{\text{ч}} \cdot (C_{\text{Н}} - C_{\text{К}})}$$

$$N_{\Phi} := 2$$

$$h_3 := 0.15 \text{ высота фильтрующей загрузки, м;}$$

$$C_{\text{Н}} := 10 \text{ концентрация порошка в воде, поступающей на фильтр, кг/м}^3;$$

$$C_{\text{К}} := 0.0001 \text{ концентрация порошка в воде после фильтрования, кг/м}^3;$$

$$\Gamma := 1 \text{ грязеемкость фильтра, кг/м}^3;$$

$$T_{\Phi} := \frac{(100 \cdot N_{\Phi} \cdot f_{\Phi} \cdot h_3) \cdot \Gamma}{q_{\text{ч}} \cdot (C_{\text{Н}} - C_{\text{К}})} = 9 \text{ ч}$$

Количество порошка, задержавшегося за один фильтр-цикл:

$$C_{\text{загр}} := C_{\text{Н}} - C_{\text{К}} \text{ разность концентрация на входе и выходе из фильтра, кг/м}^3;$$

$$C_{\text{загр}} := C_{\text{Н}} - C_{\text{К}} = 10$$

					Технологический расчет	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$M := C_{\text{загр}} \cdot \frac{q_{\text{ч}}}{2} \cdot T_{\text{ф}} = 0.675 \text{ кг}$$

Производительность фильтра за 1 час работы будет равна:

$$\Pi := \frac{M}{T_{\text{ф}}} = 0.075 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$$

Подачу суспензии из аппарата ЭВП в фильтр осуществлять продавливанием суспензии аргонем под давлением 0,5 МПа.

3.3 Конструктивный расчет тарелки для фильтра

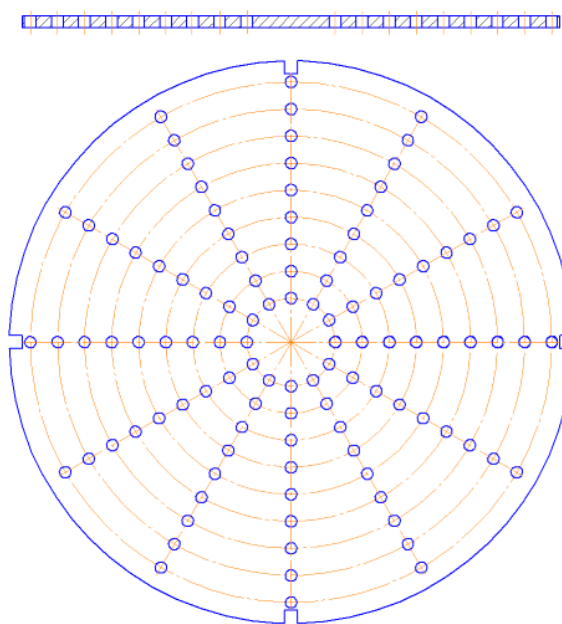


Рисунок 14- Расчетная схема тарелки для фильтра

Площадь тарелки, м²;

$$d_{\text{Т}} := 479 \text{ диаметр тарелки, мм}$$

$$S := \frac{\pi \cdot d_{\text{Т}}^2 \cdot 10^{-6}}{4} = 0.18 \text{ м}^2$$

Диаметр отверстий в тарелке, мм;

$$d_{\text{отв}} := 10$$

Расстояние между отверстиями на тарелке принимаем конструктивно равным 13 мм:

$$t := 13 \text{ мм}$$

Отверстия в тарелке составляют 20% от площади всей тарелки, суммарная площадь всех отверстий:

$$S_1 := 0.2 \cdot S = 0.036 \text{ м}^2$$

Найдем количество отверстий в тарелке

$$s_o := \pi \cdot d_{\text{отв}}^2 \cdot 10^{-6} = 3.142 \times 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$n_o := \frac{S_1}{s_o} = 114.72 \text{ шт}$$

Конструктивно принимаем количество отверстий равным:

$$n_{\text{пр}} := 108 \text{ шт}$$

3.4 Подбор патрубков

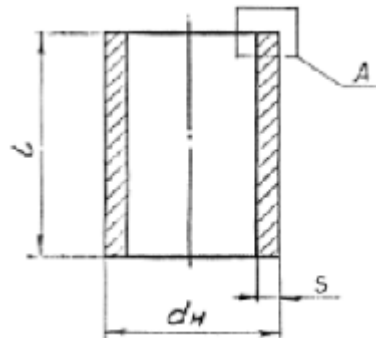


Рисунок 15- Расчетная схема патрубка

Диаметры патрубков будут определяться из уравнения расхода по допустимой скорости потока [15]:

$$d := \sqrt{\frac{4q_v}{\pi \cdot w}} \text{ где, } \blacksquare$$

$q_v := 0.015$ объемный расход, принимаемый на основе данных прихода из материального баланса, м³/ч

$$q_v := \frac{0.015}{3600} = 4.167 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$$

Величина допустимой скорости w принимаем из таблицы равной 1,5 м/с [15].

Таблица 2

Поток	ω , м/с
Газы при естественной тяге	2-4
Газы при атмосферном или близком к нему давлении в вентиляционных газоходах и трубопроводах	5-20
Жидкости при движении самотеком	0,1-0,5
Жидкости в напорных трубопроводах	0,5-2,5
Водяной пар при абсолютном давлении $p_{абс}$	
$\geq 4,9 \cdot 10^4$ Па (0,5 кгс/см ²)	15-40
$(1,96-4,9) \cdot 10^4$ Па (0,2-0,5 кгс/см ²)	40-60

Рассчитанный диаметр штуцера принимается с округлением в большую сторону до стандартного (приведенных в таблице)

Таблица 3

Стандартные значения диаметров патрубков

D_y , мм	D_y , мм	D_y , мм	D_y , мм	D_y , мм	D_y , мм
10	50	200	600	1400	2600
15	65	250	800	1600	2800
20	80	300	900	1800	3000
25	100	350	1000	2000	
32	125	400	1100	2200	
40	150	500	1200	2400	

Для унификации производства входной и выходной патрубки делаем одинаковых диаметров.

$$d := \sqrt{\frac{4q_{\text{ч}}}{\pi \cdot w}} = 1.881 \times 10^{-3} \text{ м}$$

Примем патрубки с диаметром 32 мм и толщиной стенки 4 мм.

4 Механический расчет

4.1 Выбор конструкционного материала

Примем материал, из которого изготовим цилиндрическую обечайку, днища крышки аппарата:

Сталь 12X18H10T является коррозионно-стойкой и используется в различных отраслях промышленности, особенно в конструкциях, где происходит контакт с различными органическими кислотами средней концентрации, растворителями и прочее. Основными преимуществами данной стали являются высокая пластичность и ударная вязкость. Оптимальной термической обработкой для этих сталей является закалка с 1050°-1080° в H₂O, после которой они характеризуются максимальной вязкостью и пластичностью, высокими прочностью и твёрдостью. Разделяемая среда в аппарате не является агрессивной, однако возможно использование жидкостей различной агрессивности [16].

Для уменьшения коррозии между патрубками, фланцем и корпусом аппарата примем для их изготовления так же сталь 12X18H10T.

В качестве материала для прокладок используем паронит общего назначения ПОН [17]. Паронит изготавливают из асбеста и каучука. Смесь нагревается и прессуется в листы. Реализуется паронит либо в форме листов, либо в форме уже готовых деталей. Данный материал способен выдерживать высокие давления и сохранять свойства при высоких температурах.

4.2 Расчетная модель

На рисунке 1 приведена расчётная модель проектируемого фильтра

Мембранный фильтр предназначен для разделения суспензии, состоящей из жидкости и металлического нанопорошка, получаемой на установке ЭВП в жидкой среде. Рабочие параметры фильтра следующие: давление 0,5 МПа, температура суспензии 43 °С.

Через патрубок А, суспензия под давлением разбрызгивается на две мембраны из пористого титана, частицы нанопорошка оседают в порах, жидкость в свою очередь проходя через мембраны и разделяясь с частицами нанопорошка выходит через патрубок Б.

					<i>ФЮРА ПМФ 00.00.00 ПЗ</i>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Студент	Титов М.Н.				Механический расчет	Лит.	Лист
Руковод.	Ан В.В.						Листов
Конс.	Беляев В.М.						33
Н. Контр.						ТПУ ИШНПТ	
Руков. ООП	Беляев В.М.					Группа 4K51	

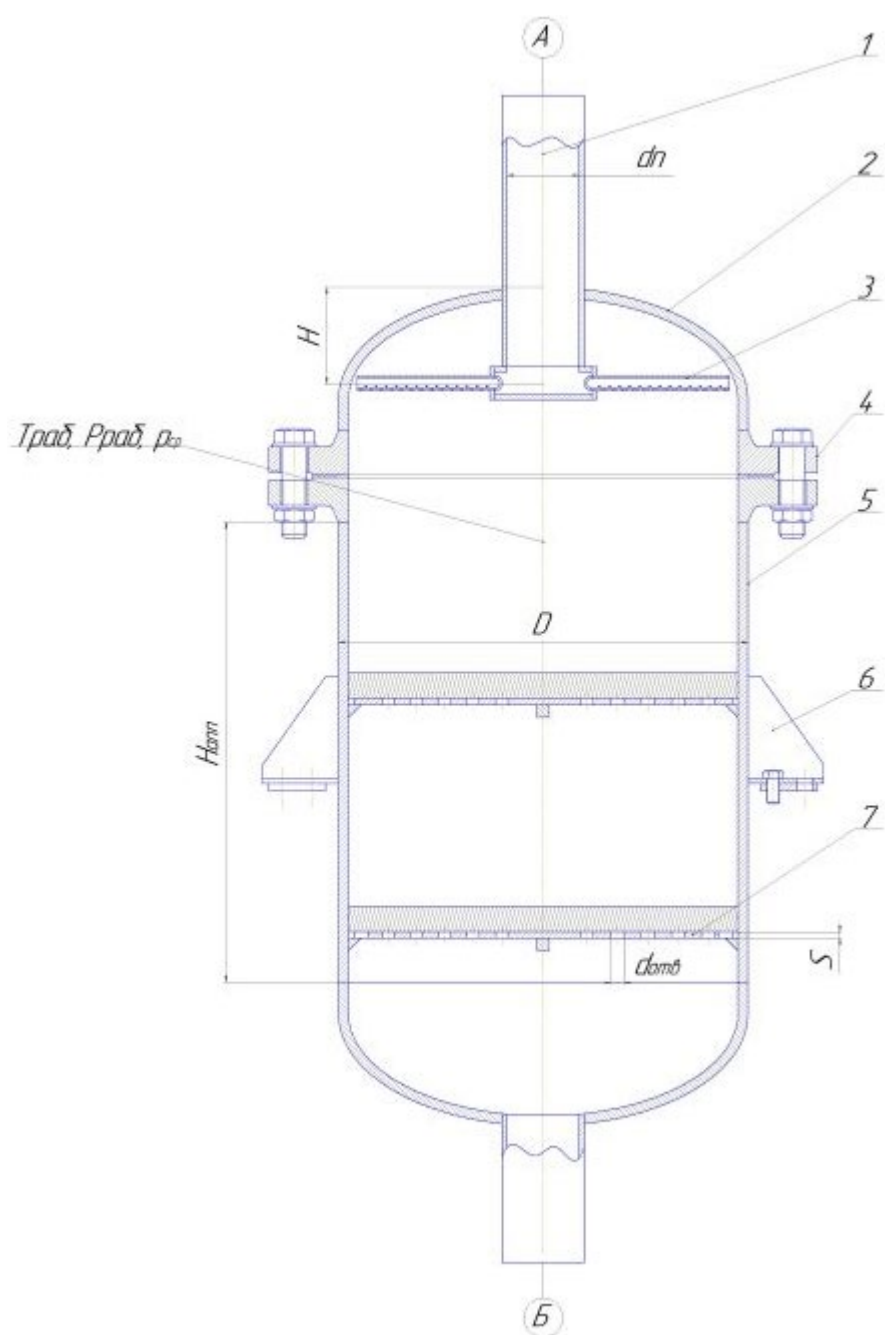


Рисунок 16 - Расчетная модель фильтра для очистки суспензии

1-патрубок; 2- крышка эллиптическая; 3- разбрызгиватель; 4- фланец; 5- цилиндрическая обечайка; 6-опора; 7- тарелка для фильтрующих мембран.

4.3 Расчет толщины стенки цилиндрической обечайки (позиция 5)

Целью данного расчета является проверка удовлетворяет ли принимаемая толщины стенки цилиндрической обечайки для обеспечения прочности и надежности конструкции.

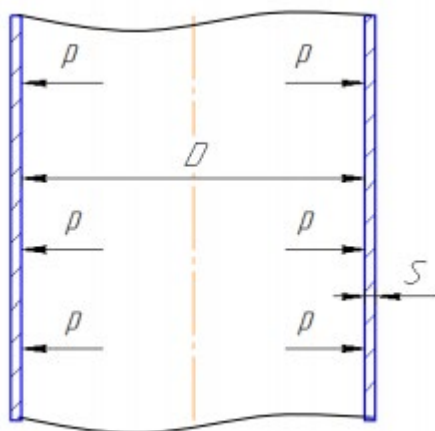


Рисунок 18 - Расчетная схема цилиндрической обечайки

Исходные данные:

Высота обечайки фильтра, мм;

$$H_{\text{амп}} := 400$$

Диаметр фильтра, мм;

$$D := 500$$

Температура жидкости в фильтре, °C;

$$t := 43$$

Давление в аппарате, МПа;

$$P_r := 0.5$$

Плотность жидкости в аппарате, кг/м³;

$$\rho_{\text{ж}} := 1000$$

Расчетные параметры:

Исполнительную толщину стенки вычисляют по формуле 1 [18]:

$$s \geq s_p + c,$$

Расчетную толщину стенки вычисляют по формуле 2 [18]:

$$s_p = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \sigma_d \cdot \varphi_p - p}$$

По таблице А.3 [19] допускаемое напряжение σ для стали 12х18н10т при температуре 43°C принимается равным:

$$t_1 := \begin{pmatrix} 20 \\ 100 \end{pmatrix} \quad t_2 := 43^\circ\text{C}$$

$$(\sigma) := \begin{pmatrix} 184 \\ 174 \end{pmatrix}$$

					Механический расчет	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

$$(\sigma) := \text{Floor}[\text{interp}[t_1, (\sigma), t_2], 0.5]$$

$$\sigma = 181 \text{ МПа}$$

Расчетное значение предела текучести при 20 °С для стали 12х18н10т определим согласно таблице Б.1 [19].

$$R_p := 276 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для стали 12х18н10т при температуре 20 °С гидравлического испытания принимаем по таблице А.3 [19]:

$$\sigma_H := \text{Floor}\left(\frac{R_p}{1.1}, 0.5\right)$$

$$\sigma_H = 250.5 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для стали 12х18н10т по таблице А.3 [19] при t=20 °С:

$$\sigma_{20} := 184 \text{ МПа}$$

$$\eta := 1$$

так как аппарат изготавливается из листового проката, в соответствии поправочный коэффициент принимаем в соответствии с рекомендациями [19], п.8.3

$$\sigma_{д20} := \eta \cdot \sigma_{20} = 184 \text{ МПа}$$

Определение коэффициента прочности сварных швов.

При расчете на прочность сварных элементов сосудов допускаемые напряжения умножают на коэффициент прочности сварных швов φ_p . Сварку производим стыковую с двухсторонним сплошным проваром, выполняемую автоматической и полуавтоматической сваркой. Длина контролируемых швов от общей длины составляет 100%. Коэффициент прочности сварных швов для стали 12Х18Н10Т при данном виде сварки согласно таблице, Д.1 [19] принимаем:

$$\varphi_p := 1$$

Рабочее давление внутри аппарата по условию равно:

$$P := 0.5 \text{ МПа}$$

$$P_p := (P) = 0.5 \text{ МПа}$$

Давление испытаний для сосудов определяется по формуле:

$$P_H := 1.25 \cdot P_p \cdot \frac{\sigma_{д20}}{\sigma} = 0.635 \text{ МПа}$$

					Механический расчет	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Прибавку к расчетным толщинам вычисляют согласно [19] по формуле, мм:

$$c = c_1 + c_2 + c_3$$

Определяем прибавки к расчетной толщине стенки. Для компенсации коррозии центральной обечайки:

Примем срок службы аппарата

$$\tau := 10 \text{ лет}$$

Скорость коррозии для стали 12х18н10т равна [20]

$$\Pi := 0.15 \text{ мм/год}$$

$$c_1 := \tau \cdot \Pi = 1.5 \text{ мм}$$

В соответствии с таблицей 2 [21] примем:

$$c_2 := 0.5 \text{ мм}$$

Компенсацию на утонение стенки принимается в зависимости от технологических операций с рекомендацией [19]:

$$c_3 := 0.2 \text{ мм}$$

$$c := c_1 + c_2 + c_3 = 2.2 \text{ мм}$$

Расчетная толщина стенки обечайки:

$$D := 500 \text{ мм}$$

$$s_p := \max \left(\frac{P_p \cdot D}{2 \cdot \sigma \cdot \varphi_p - P_p}, \frac{P_n \cdot D}{1.8 \cdot \sigma_n \cdot \varphi_p - P_n} \right) = 0.706 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина стенки обечайки с учетом суммы прибавок составляет по формуле 12 [18]:

$$s := \text{ceil}(s_p + c) = 3 \text{ мм}$$

По результатам механического расчета необходима толщина обечайки 3мм, однако по результатам технологического расчета толщина обечайки была принята равной 10 мм

$$s := 10 \text{ мм.}$$

4.3.1 Проверка условий прочности

Проверка условия прочности при рабочих условиях выполняются по формуле 3 [18]:

$$p_1 := 2 \cdot \sigma \cdot \varphi_p \cdot \frac{(s - c)}{[D + (s - c)]} = 5.56 \text{ МПа}$$

Проверка условия прочности при условиях гидроиспытания:

					Механический расчет	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$p_{ли} := 1.8 \cdot \sigma_{и} \cdot \varphi_p \cdot \frac{(s - c)}{[D + (s - c)]} = 6.926 \text{ МПа}$$

$$Пров_1 := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } \frac{P}{p_{ли}} \leq 1 \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Пров₁ = "Условие прочности выполняется"

Проверка условия прочности при условиях гидроиспытания:

$$Пров_2 := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } \frac{P_{и}}{p_{ли}} \leq 1 \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Пров₂ = "Условие прочности выполняется"

Проверка на применимость безмоментной модели расчета:

Толщина оболочки должна быть достаточно малой по сравнению с её другими геометрическими размерами:

$$Пров_3 := \begin{cases} \text{"Условия применения формул выполняются"} & \text{if } \frac{s - c}{D} \leq 0.1 \\ \text{"Условия применения формул НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Пров₃ = "Условия применения формул выполняются"

4.3.2 Расчет осевого растягивающего усилия

-при рабочих условиях:

Расчетное осевое растягивающее усилие равно

$$F_{\text{ра}} := \frac{P_p \cdot \pi \cdot D^2}{4} = 9.817 \times 10^4 \text{ МН}$$

Допускаемое осевое растягивающее усилие по формуле 13 [19]

$$[F] := \pi \cdot (D + s - c) \cdot (s - c) \cdot \varphi_p \cdot \sigma = 2.252 \times 10^6 \text{ МН}$$

Так как

$$F < [F] \quad (9.817 \times 10^4 < 2.252 \times 10^6) \text{ МН} \text{ условия выполняются}$$

-при условиях испытаний:

Осевое растягивающее усилие находится по [19]:

$$F_{и} := 0.25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot P_{и} = 1.248 \times 10^5 \text{ МН}$$

					Механический расчет	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Допускаемое осевое растягивающее усилие из условия прочности находится по формуле 15 [19]:

$$F_{н.д\sigma} := \pi \cdot (D + s - c) \cdot (s - c) \cdot \sigma_H = 3.117 \times 10^6 \text{ МН}$$

Так как

$$F_{н.д\sigma} > F_H \left(3.117 \times 10^6 > 1.248 \times 10^5 \right) \text{ МН}$$
 условия выполняются

Из расчетов видно, что принятая исполнительная толщина стенки с запасом обеспечивает надежность конструкции аппарата. С целью удешевления конструкции обечайка будет сделана из трубы.

4.4 Расчет толщины стенки эллиптической крышки (позиция 2)

Целью данного расчета проверка принятой толщины эллиптической крышки для обеспечивать прочности и надежности конструкции.

Исходя из рекомендаций [20] примем днище для аппарата эллиптическое.

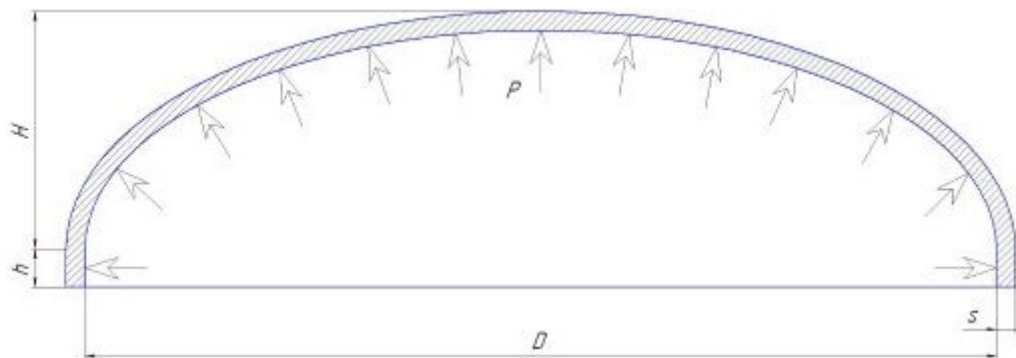


Рисунок 19 - Расчетная схема эллиптической крышки

Исходные данные:

Высота обечайки фильтра, мм;	$H_{\text{амп}} := 400$
Диаметр фильтра, мм;	$D := 500$
Температура жидкости в фильтре, °C;	$t := 43$
Давление в аппарате, МПа;	$P_r := 0.5$
Плотность жидкости в аппарате, кг/м³;	$\rho_{\text{ж}} := 1000$

Принимаем крышку по [14]: 500x10x-25-12X18N10T

Проведем расчет для проверки выбранной крышки

По таблице Б.7 [19] предел текучести $R_{p0.1}$ для стали 12X18N10T при температуре 43°C принимается равным:

$$t := \begin{pmatrix} 20 \\ 100 \end{pmatrix}$$

$$R_{p1.0} := \begin{pmatrix} 276 \\ 261 \end{pmatrix}$$

$$R_{p1.0} := \text{interp}(t, R_{p1.0}, 43) = 271.688 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для стали 12Х18Н10Т при температуре 43°С определяется по формуле 1 [19]:

$$\sigma_d := \frac{R_{p1.0}}{1.5} = 181.125 \text{ МПа}$$

Прибавка к расчетным толщинам вычисляют согласно [21] по формуле:

$$c = 2.2 \text{ мм}$$

Радиус кривизны в вершине крышки определяется по формуле 45 [18]:

Внутренний диаметр аппарата равен:

$$D := 500 \text{ мм}$$

Для эллиптической крышки по формуле 45 [18]:

Радиус кривизны в вершине крышки:

$$R := D$$

для эллиптических крышек с

$$H := 0.25D \quad H = 125 \text{ мм}$$

Расчетная толщина стенки эллиптической крышки определяется по формуле 43 [18]:

$$s_{1p} := \max \left(\frac{P \cdot R}{2 \cdot \sigma_d \cdot \varphi_p - 0.5 \cdot P}, \frac{P_H \cdot R}{1.8 \cdot \sigma_H \cdot \varphi_p - 0.5 \cdot P_H} \right) = 0.705 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина стенки эллиптической крышки с учетом суммы прибавок составляет по формуле 42 [18]:

$$s_1 := \text{ceil}(s_{1p} + c) = 3 \text{ мм}$$

Принимая во внимание, что элементам аппарата соединяемым сваркой следует иметь одинаковую толщину, и основываясь на таблице 1 [14] принимаем эллиптическую крышку с толщиной стенки равной:

$$s_1 := 10 \text{ мм}$$

4.4.1 Проверка условий прочности

Проверка условия прочности при рабочих условиях по формуле 44 [18]:

					Механический расчет	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$p2 := 2 \cdot \sigma \cdot \varphi_p \cdot \frac{(s - c)}{[D + 0.5(s - c)]} = 5.603 \text{ МПа}$$

Проверка условия прочности при условиях гидроиспытания:

$$p2и := 1.8 \cdot \sigma_{и} \cdot \varphi_p \cdot \frac{(s - c)}{[D + 0.5(s - c)]} = 6.98 \text{ МПа}$$

$$\text{Пров}_4 := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } \frac{P}{p2} \leq 1 \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Пров₄ = "Условие прочности выполняется"

Проверка условия прочности при условиях гидроиспытания:

$$\text{Пров}_5 := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } \frac{P_{и}}{p2и} \leq 1 \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Пров₅ = "Условие прочности выполняется"

Проверка условия применения формул для эллиптической крышки:

$$\text{Пров}_6 := \begin{cases} \text{"условие применения формул выполняется"} & \text{if } 0.002 \leq \frac{s_1 - c}{D} \leq 0.1 \\ \text{"условие применения формул НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Пров₆ = "условие применения формул выполняется"

Из расчетов видно, что принятая исполнительная толщина стенки с запасом обеспечивает надежность конструкции аппарата.

4.5 Расчет патрубков (позиция 1)

Целью расчета является проверка достаточна ли принимаемая толщина патрубка и определение максимального давления который данный патрубок может выдержать.

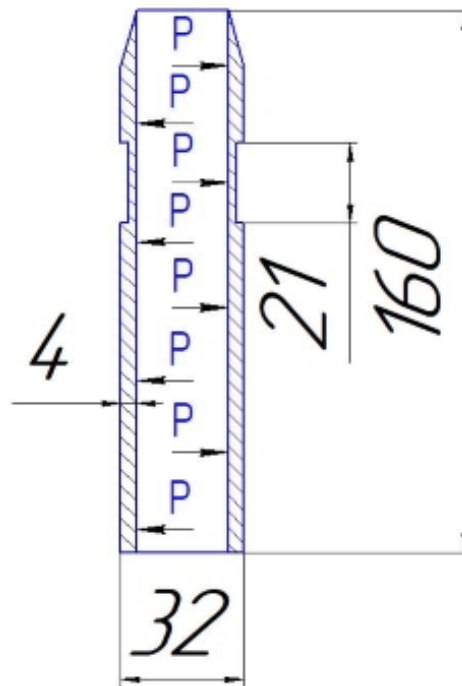


Рисунок 20 - Расчетная схема патрубка

Исходные данные:

Высота обечайки фильтра, мм;

$$H_{\text{апп}} := 400$$

Диаметр фильтра, мм;

$$D := 500$$

Температура жидкости в фильтре, °C;

$$t := 43$$

Давление в аппарате, МПа;

$$P_{\text{Г}} := 0.5$$

Плотность жидкости в аппарате, кг/м³;

$$\rho_{\text{ж}} := 1000$$

Диаметр патрубков [13]:

$$d_{\text{п}} := 32 \text{ мм}$$

Длину патрубков назначаем конструктивно (чтобы было легко монтировать аппарат, и не было трудностей при его транспортировке)

Длина патрубка для входящего потока (патрубок А), мм; $l_{\text{п}} := 160$

Длина патрубка для выходящего потока (патрубок Б), мм; $l_{\text{п1}} := 110$

4.5.1 Расчет толщины стенки патрубков

Расчетная толщина стенки патрубка, согласно [18]:

$$s_{\text{п4}} := \max \left(\frac{P \cdot d_{\text{п}}}{2 \cdot \sigma_{\text{д}} \cdot \varphi_{\text{р}} - P}, \frac{P_{\text{н}} \cdot d_{\text{п}}}{1.8 \cdot \sigma_{\text{н}} \cdot \varphi_{\text{р}} - P_{\text{н}}} \right) = 0.045 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина стенки патрубка:

$$s_{\text{п4}} := s_{\text{п4}} + c = 2.245 \text{ мм}$$

					Механический расчет	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

Толщину патрубков равна:

$$s_{\text{патруб1}} := 3 \text{ мм}$$

Принимаем толщину патрубков [13]

$$s_{\text{патруб1}} := 4 \text{ мм}$$

Проверка условий применимости формул безмоментной теории:

$$\text{Пров}_7 := \begin{cases} \text{"Условия применения формул выполняются"} & \text{if } \frac{s_{\text{патруб1}} - c}{d_{\text{п}}} \leq 0.1 \\ \text{"Условия применения формул НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Пров}_7 = \text{"Условия применения формул выполняются"}$$

Расчет допускаемого внутреннего избыточного давления:

$$P_{\text{д4}} := \frac{2 \cdot \sigma_{\text{д}} \cdot \varphi_{\text{р}} \cdot (s_{\text{патруб1}} - c)}{d_{\text{п}} + (s_{\text{патруб1}} - c)} = 19.291 \text{ МПа}$$

$$P_{\text{и}} = 0.635 \text{ МПа} - \text{давление гидроиспытаний для аппарата.}$$

Проверка условия прочности стенок, цилиндрической обечайки от действия внутреннего давления:

$$\text{Пров}_8 := \begin{cases} \text{"Условие прочности стенки для патрубков выполняется"} & \text{if } P_{\text{д4}} > P_{\text{и}} \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Пров}_8 = \text{"Условие прочности стенки для патрубков выполняется"}$$

4.5.2 Укрепление отверстий патрубков

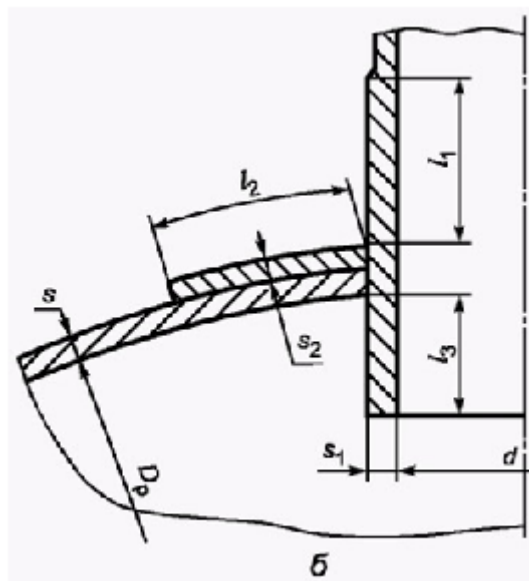


Рисунок 21-Схема укрепления отверстий накладным кольцом

					Механический расчет	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Расчетный диаметр укрепляемых элементов:

$$D := 500 \text{ мм}$$

диаметр эллиптического днища

$$D_p := D = 500 \text{ мм}$$

Расчетный диаметр отверстий в стенках обечайки, ось которого совпадает с нормалью к поверхности:

$$d_{pn} := d_n + 2 \cdot c_1 = 35 \text{ мм}$$

Расчетные длины внешней части круглого штуцера, участвующие в укреплении отверстий и учитываемые при расчете, определяют по формулам:

Расчетная длина внешней части штуцеров:

$$l_{1n} := 1.25 \sqrt{(d_n + 2 \cdot c) \cdot (s_{патруб1} - c_1)} = 11.924 \text{ мм}$$

Расчетный диаметр одиночного отверстия, не требующий дополнительного укрепления отверстий вычисляют по формуле:

$$d_{0n} := 2 \cdot \left[\left(\frac{s_1 - c}{s_{патруб1}} \right) - 0.8 \right] \cdot \sqrt{D_p \cdot (s_{патруб1} - c)} = 69 \text{ мм}$$

Проверка условий расчета укрепления отверстий:

$$\text{Пров}_9 := \begin{cases} \text{"НЕ требуется укрепление отверстий"} & \text{if } d_{0n} \geq d_{pn} \\ \text{"требуется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Пров}_9 = \text{"НЕ требуется укрепление отверстий"}$$

Из расчетов видно, что принятая исполнительная толщина стенки с запасом обеспечивает надежность конструкции аппарата.

4.6 Расчет фланцевого соединения (позиция 4)

Исходя из рекомендаций по давлению, а также взрыво- и пожароопасности среды принимаем фланцы с гладкой уплотнительной поверхностью, аналогичного строения как в ГОСТе [21].

					Механический расчет	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

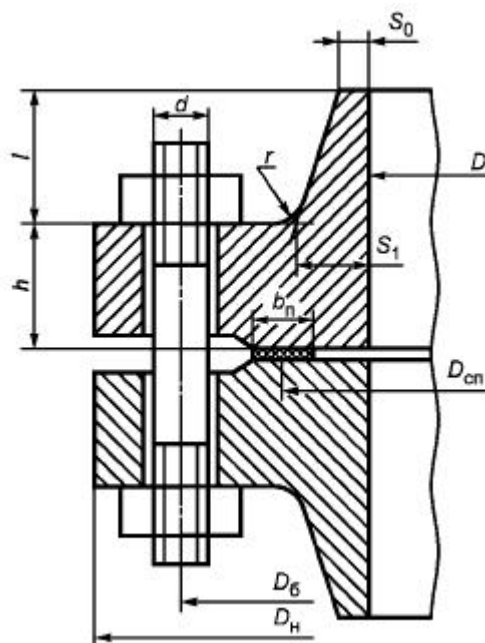


Рисунок 22 - фланцевое соединение с приварными встык фланцами с гладкой уплотнительной поверхностью

Исходные данные:

Диаметр цилиндрической обечайки, мм;	$\underline{D} := 500$
Давление, действующее на фланец, МПа;	$\underline{P} := 0.5$
Число болтов;	$n := 16$
Прибавка на коррозию, мм;	$c_0 := 2$
Максимальная температура среды, °C;	$t := 43$
Изгибающий момент, Н*мм;	$M := 0$
Сжимающее усилие, Н;	$\underline{F} := 0$

Для обечайек, изготовленных из труб исходя из рекомендаций [20] принимаем фланец с гладкой уплотнительной поверхностью.

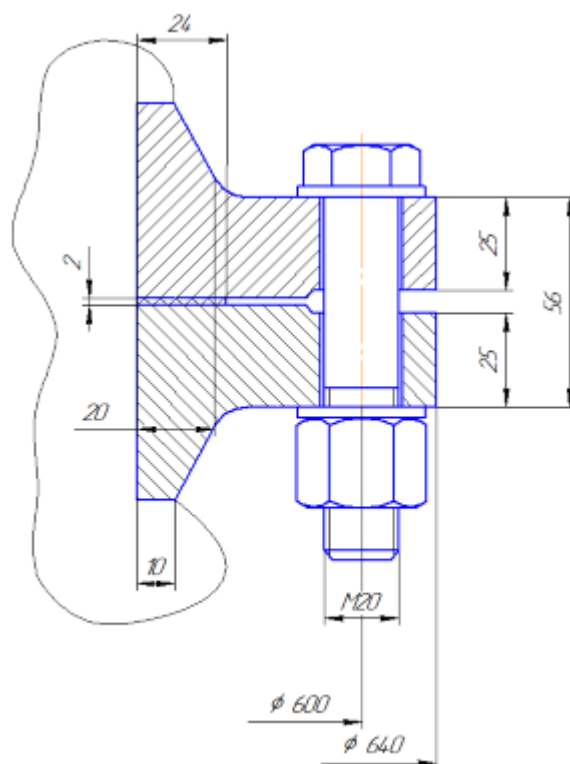


Рисунок 23- Фланцевое соединение с приварными встык фланцами с гладкой уплотнительной поверхностью

Принимаем фланец типа 2 по табл.21.9 [20]

Диаметр фланца, мм; $D_H := 640$

Диаметр болтовой окружности, мм; $D_6 := 600$

Диаметр болта, мм; $d := 20$

Измерено на чертеже:

Высота тарелки фланца, мм; $h := 25$

Толщина фланца, мм; $S_0 := 10$

Толщина горловины фланца, мм; $S_1 := 20$

Высота воротника фланца, мм; $l_w := 50$

Выбираем прокладку типа А по табл.3 [22]

Наружный диаметр прокладки, мм $D_{np} := 576$

Ширина прокладки, мм; $b_{np} := 24$

Толщина прокладки, мм; $h_{np} := 2$

Согласно рекомендациям по табл.21.14 [20]:

Материал обечаек и фланцев - сталь 12X1H10T

Материал болтов - сталь 25X1МФ

Материал прокладки - паронит ПОН.

4.6.1 Основные расчетные значения

Расчетные температуры

- расчетная температура неизолированных приварных встык фланцев по табл. В1 [23]

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

$$t_{\phi} = 41.28 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

- расчетная температура болтов по табл. В1 [23]

$$t_b := 0.85 \cdot t$$

$$t_b = 36.55 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Допускаемые напряжения для болтов из стали 25X1МФ по табл. Г1 [23]

$$t := \begin{pmatrix} 20 \\ 100 \end{pmatrix} \quad \sigma := \begin{pmatrix} 238 \\ 227 \end{pmatrix}$$

$$\sigma_{д.б} := \text{linterp}(t, \sigma, t_b)$$

$$\sigma_{д.б} = 235.724 \text{ МПа}$$

Модуль упругости для болтов из стали 25X1МФ при расчетной температуре по табл. Ж1 [23]

$$t := \begin{pmatrix} 20 \\ 100 \end{pmatrix} \quad E_b := \begin{pmatrix} 2.15 \cdot 10^5 \\ 2.12 \cdot 10^5 \end{pmatrix}$$

$$E_b := \text{linterp}(t, E_b, t_b)$$

$$E_b = 2.144 \times 10^5 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для болтов при $t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ по табл. Г1 [23]

$$\sigma_{20б} := 238 \text{ МПа}$$

Модуль упругости для болтов при температуре испытания $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ по табл. Ж1 [23]

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

Коэффициент линейного расширения стали 25X1МФ при $t = 20\text{-}100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ по табл. Ж2 [23]

					Механический расчет	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\alpha_6 := 12.3 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$$

Допускаемые напряжения для фланцев и обечайки из стали 12X18H10T определяем по табл. А3 [19]

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

$$\sigma := \text{linterp}[t, \sigma, (t_\Phi)]$$

$$\sigma = 181.34 \text{ МПа}$$

Так как фланцы изготавливается из листового проката

$$\eta := 1$$

$$\sigma_{д.ф} := \eta \cdot \sigma$$

$$\sigma_{д.ф} = 181.34 \text{ МПа}$$

Модуль упругости для фланцев из стали 12X18H10T при расчетной температуре по [19]

$$E := 2.15 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для стали 12X18H10T при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ по [19]

$$\sigma_{20} := 184 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{д20} := \eta \cdot \sigma_{20} = 184 \text{ МПа}$$

Модуль упругости для стали 12X18H10T при температуре испытания $20 \text{ }^\circ\text{C}$ по [19]

$$E_{20} := E$$

Коэффициент линейного расширения стали 12X18H10T при $t = 20 - 100 \text{ }^\circ\text{C}$ по [19]

$$\alpha_\Phi := 16.6 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$$

Допускаемые напряжения для болтов из стали 25X1МФ при затяжке в рабочих условиях и при расчете на условия испытания вычисляются по формулам Г3 и Г4 [23]:

$$\xi := 1.2$$

Коэффициент условий работы:

- для рабочих условий

- для условий испытания

Коэффициент условий затяжки при обычной неконтролируемой затяжке:

$$K_{y.p.p} := 1$$

					Механический расчет	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$K_{y.p.n} := 1.35$$

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

Коэффициент учета нагрузки от температурных деформаций при расчете фланцев с учетом нагрузки от температурных деформаций

$$K_{y.t} := 1.3$$

$$\sigma_{дбм} := \xi \cdot K_{y.p.p} \cdot K_{y.z} \cdot K_{y.t} \cdot \sigma_{206} = 371.28 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{дбр} := \xi \cdot K_{y.p.n} \cdot K_{y.z} \cdot K_{y.t} \cdot \sigma_{206} = 501.228 \text{ МПа}$$

4.6.2 Усилия, необходимые для смятия прокладки и обеспечения герметичности фланцевого соединения

Эффективная ширина плоской прокладки по формуле 5 [23]

$$b_0 := 3.8 \cdot \sqrt{b_n} = 18.616 \text{ мм}$$

Расчетный диаметр плоской прокладки по формуле 7 [23]

$$D_{сп} := D_{нп} - b_0 = 557.384 \text{ мм}$$

Характеристики прокладки по таблице И1 [23]

$$m := 2.5$$

$$q_{обж} := 20 \text{ МПа}$$

$$q_d := 130 \text{ МПа}$$

$$K_{обж} := 0.9$$

$$E_n := 0.02 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Усилие, необходимое для смятия прокладки при затяжке по формуле 8 [23]

$$P_{обж} := 0.5\pi \cdot D_{сп} \cdot b_0 \cdot q_{обж} = 3.26 \times 10^5 \text{ Н}$$

Усилие на прокладке в рабочих условиях, необходимое для обеспечения герметичности фланцевого соединения по формуле 9 [23]

$$R_n := \pi \cdot D_{сп} \cdot b_0 \cdot m \cdot P = 4.075 \times 10^4 \text{ Н}$$

4.6.3 Усилия в болтах фланцевого соединения при затяжке и в рабочих условиях

Площадь поперечного сечений болтов для М20 по прил. Д [23]

$$f_6 := 225 \text{ мм}^2$$

					Механический расчет	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Суммарная площадь сечения болтов по внутреннему диаметру резьбы или нагруженному сечению наименьшего диаметра по формуле 10 [23]

$$A_6 := n \cdot f_6 = 3.6 \times 10^3 \text{ мм}^2$$

Равнодействующая нагрузка от давления по формуле 11 [23]

$$Q_d := \frac{\pi}{4} \cdot D_{\text{сп}}^2 \cdot P = 1.22 \times 10^5 \text{ Н}$$

4.6.3.1 Податливость прокладки и болтов

Податливость прокладки по формуле К.1 [23]

$$y_{\text{п}} := \frac{h_{\text{п}} \cdot K_{\text{обж}}}{E_{\text{п}} \cdot \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_{\text{п}}} = 2.142 \times 10^{-8} \text{ мм/Н}$$

Расстояние между опорными поверхностями гаек (измеряется по чертежу)

$$L_{60} := 56 \text{ мм}$$

Эффективная длина болта при определении податливости по стр.32 [23]

$$L_6 := L_{60} + 0.28 \cdot d = 61.6 \text{ мм}$$

Податливость болтов по формуле К.2 [23]

$$y_6 := \frac{L_6}{E_{206} \cdot A_6} = 7.959 \times 10^{-8} \text{ мм/Н}$$

4.6.3.2 Расчетные параметры и угловая податливость фланцев

- параметр длины обечайки по формуле К.3 [23]

$$l_0 := \sqrt{D \cdot S_0} = 70.711 \text{ мм}$$

- отношение наружного диаметра тарелки фланца к внутреннему диаметру по формуле К.4 [23]

$$K := \frac{D_{\text{н}}}{D} = 1.28$$

- коэффициенты, зависящие от соотношения размеров тарелки фланца по формулам К.5 - К.8 [23]

$$\beta_T := \frac{K^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K)) - 1}{(1.05 + 1.945 \cdot K^2) \cdot (K - 1)} = 1.804$$

$$\beta_U := \frac{K^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K)) - 1}{1.36(K^2 - 1) \cdot (K - 1)} = 8.804$$

					Механический расчет	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\beta_Y := \frac{1}{(K-1)} \cdot \left[0.69 + 5.72 \cdot \frac{K^2 \cdot \log(K)}{(K^2-1)} \right] = 8.085$$

$$\beta_Z := \frac{K^2 + 1}{K^2 - 1} = 4.133$$

- коэффициенты для фланцевых соединений с приварными встык фланцами по графикам K2-K4 [23]

$$\beta_F := 0.91$$

$$\beta_V := 0.55$$

$$f := 1$$

$$\beta := \frac{S_1}{S_0} = 2$$

$$x := \frac{1}{\sqrt{D \cdot S_0}} = 0.707$$

- коэффициент λ по формуле K.11 [23]

$$\lambda := \frac{\beta_F \cdot h + l_0}{\beta_T \cdot l_0} + \frac{\beta_V \cdot h^3}{\beta_U \cdot l_0 \cdot (S_0)^2} = 0.871$$

Угловая податливость фланца при затяжке по формуле K.12 [23]

$$y_\Phi := \frac{0.91 \cdot \beta_V}{E_{20} \cdot \lambda \cdot l_0 \cdot (S_0)^2} = 3.781 \times 10^{-10} \frac{1}{\text{Н} \cdot \text{мм}}$$

Коэффициент, учитывающий изгиб тарелки фланца между шпильками по формуле K.18 [23]

$$C_F := \max \left(1, \sqrt{\frac{\frac{\pi \cdot D_6}{n}}{2 \cdot d + \frac{6 \cdot h}{m + 0.5}}} \right) = 1.144$$

Приведенный диаметр приварного встык фланца по формуле K.19 [23] при

$$D \leq 20 \cdot S_1 \text{ и } f > 1$$

$$D_{\text{пр}} := D + S_0$$

					Механический расчет	Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4.6.3.3 Плечи действия сил и коэффициенты жесткости

Плечо действия усилий в болтах для приварных встык и плоских фланцев по формуле Е.1 [23]

$$b := 0.5(D_6 - D_{сп}) = 21.308 \text{ мм}$$

Коэффициент ζ находим по формуле Е.6 [24]

$$\zeta := 1 + (\beta - 1) \cdot \frac{x}{x + \frac{1 + \beta}{4}} = 1.485$$

Эквивалентная толщина плоских фланцев по формуле Е.5 [24]

$$S_3 := \zeta \cdot S_0 \text{ мм}$$

Плечо усилия от действия давления на фланец для всех типов фланцев по формуле Е.4 [23]

$$e := 0.5 \cdot (D_{сп} - D - S_3) = 21.266 \text{ мм}$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения для приварных встык и плоских фланцев по формуле Е.8 [23]

$$\gamma := \frac{1}{y_n + y_6 \cdot \frac{E_{206}}{E_6} + 2 \cdot b^2 \cdot y_\phi \cdot \frac{E_{20}}{E}} = 2.249 \times 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{мм}}$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения, нагруженного внутренним давлением или внешней осевой силой для приварных встык фланцев с плоскими прокладками по формуле Е.11 [23]

$$\alpha := 1 - \frac{y_n - 2 \cdot e \cdot y_\phi \cdot b}{y_n + y_6 + 2 \cdot b^2 \cdot y_\phi} = 1.723$$

Нагрузка, вызванная стесненностью температурных деформаций, в соединениях с приварными встык и плоскими фланцами по формуле 13 [23]

$$Q_t := \gamma \cdot [2\alpha_\phi \cdot h \cdot (t_\phi - 20) - 2\alpha_6 \cdot h \cdot (t_6 - 20)] = 1.683 \times 10^4 \text{ Н}$$

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

$$P_{61} := \max \left[\begin{array}{l} \alpha \cdot (Q_d + F) + R_n \\ \alpha \cdot (Q_d + F) + R_n - Q_t \end{array} \right] = 2.51 \times 10^5 \text{ Н}$$

Расчетная нагрузка на болты при затяжке, необходимая для обеспечения обжатия прокладки и минимального начального натяжения болтов

					Механический расчет	Лист
						52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$P_{62} := \max\left[\left(P_{обж}\right), 0.4 \cdot A_6 \cdot \sigma_{206}\right] = 3.427 \times 10^5 \text{ Н}$$

Расчетная нагрузка на болты фланцевых соединений при затяжке фланцевого соединения определяется по формуле 17 [23]

$$P_{6м} := \max(P_{61}, P_{62}) = 3.427 \times 10^5 \text{ Н}$$

Расчетная нагрузка на болты фланцевых соединений в рабочих условиях по формуле 18 [24]

$$P_{6р} := P_{6м} + (1 - \alpha) \cdot (Q_d + F) + Q_t = 2.713 \times 10^5 \text{ Н}$$

4.6.4 Проверка прочности болтов и прокладки

Расчетные напряжения в болтах

- при затяжке по формуле 19 [23]

$$\sigma_{61} := \frac{P_{6м}}{A_6} = 95.2 \text{ МПа}$$

- в рабочих условиях по формуле 20 [23]

$$\sigma_{62} := \frac{P_{6р}}{A_6} = 75.375 \text{ МПа}$$

Проверка условий прочности болтов при затяжке и в рабочих условиях по формулам 21,22 [23]

$$\text{Усл}_1 := \begin{cases} \text{"Условия при затяжке НЕ выполняются"} & \text{if } \sigma_{61} > \sigma_{д6м} \\ \text{"Условия в рабочих условиях НЕ выполняются"} & \text{if } \sigma_{62} > \sigma_{д6р} \\ \text{"Условия прочности выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Усл₁ = "Условия прочности выполняются"

Удельное давление на прокладку

$$q := \frac{\max(P_{6м}, P_{6р})}{\pi \cdot D_{сп} \cdot b_{п}} = 8.155 \text{ МПа}$$

Т.к. прокладка выполняется из паронита, то исходя из рекомендаций [23] её необходимо проверить на прочность.

Условие прочности прокладки

$$\text{Усл}_2 := \begin{cases} \text{"Условие прочности прокладки НЕ выполняется"} & \text{if } q > q_d \\ \text{"Условие прочности прокладки выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Усл₂ = "Условие прочности прокладки выполняется"

					Механический расчет	Лист
						53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4.6.5 Расчет фланцев на статическую прочность

Расчетный изгибающий момент, действующий на приварной встык фланец или плоский фланец при затяжке по формуле 24 [23]

$$M_M := C_F \cdot P_{6M} \cdot b = 8.355 \times 10^6 \text{ Н*мм}$$

Расчетный изгибающий момент, действующий на фланец в рабочих условиях по формуле 26 [23]

$$M_p := C_F \cdot \max[P_{6p} \cdot b + (Q_d) \cdot e, |Q_d| \cdot e] = 9.584 \times 10^6 \text{ Н*мм}$$

4.6.5.1 Расчетные напряжения во фланце при затяжке

- меридиональное изгибное напряжение во втулке приварного встык фланца по формулам 28,29 [23]

для приварных встык фланцев с конической втулкой в сечении S_1

$$\sigma_{1M} := \frac{M_M}{\lambda \cdot (S_1 - c_o)^2 \cdot D_{пр}} = 58.076 \text{ МПа}$$

для приварных встык фланцев с конической втулкой в сечении S_0

$$\sigma_{0M} := \sigma_{1M} \cdot f = 58.076 \text{ МПа}$$

- напряжения в тарелке приварного встык фланца или плоского фланца в условиях затяжки по формулам 31,32 [23]

- радиальное напряжение

$$\sigma_{RM} := \frac{1.33 \cdot \beta_F \cdot h + l_0}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_M = 43.849 \text{ МПа}$$

- окружное напряжение

$$\sigma_{TM} := \frac{\beta_Y \cdot M_M}{h^2 \cdot D} - \beta_Z \cdot \sigma_{RM} = 34.946 \text{ МПа}$$

4.6.5.2 Расчетные напряжения во фланце в рабочих условиях

- меридиональные изгибные напряжения для приварных встык фланцев с конической втулкой в сечении S_1 по формуле 34 [23]

$$\sigma_{1p} := \frac{M_p}{\lambda \cdot (S_1 - c_o)^2 \cdot D_{пр}} = 66.614 \text{ МПа}$$

					Механический расчет	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- меридиональные изгибные напряжения для приварных встык фланцев с конической втулкой в сечении S_0 по формуле 35 [23]

$$\sigma_{0p} := \sigma_{1p} \cdot f = 66.614 \text{ МПа}$$

- меридиональные мембранные напряжения во втулке приварного встык фланца по формулам 37,38 [23]

для приварных встык фланцев с конической втулкой в сечении S_1

$$\sigma_{P1MM} := \max \left[\frac{Q_d + F + \frac{4|M|}{D_{cp}}}{\pi \cdot (D + S_1) \cdot (S_1 - c_o)}, \frac{Q_d + F - \frac{4|M|}{D_{cp}}}{\pi \cdot (D + S_1) \cdot (S_1 - c_o)} \right] = 4.149 \text{ МПа}$$

для приварных встык фланцев с конической втулкой в сечении S_0

$$\sigma_{P0MM} := \max \left[\frac{Q_d + F + \frac{4|M|}{D_{cp}}}{\pi \cdot (D + S_0) \cdot (S_0 - c_o)}, \frac{Q_d + F - \frac{4|M|}{D_{cp}}}{\pi \cdot (D + S_0) \cdot (S_0 - c_o)} \right] = 9.518 \text{ МПа}$$

Окружные мембранные напряжения от действия давления во втулке приварного встык фланца в сечении S_0 вычисляют по формуле 39 [23]

$$\sigma_{POMO} := \frac{P \cdot D}{2 \cdot (S_0 - c_o)} = 15.625 \text{ МПа}$$

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

- радиальное напряжение по формуле 40 [23]

$$\sigma_{Rp} := \frac{1.33 \cdot \beta_F \cdot h + l_0}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_p = 50.296 \text{ МПа}$$

- окружное напряжение по формуле 41 [23]

$$\sigma_{Tp} := \frac{\beta_Y \cdot M_p}{h^2 \cdot D} - \beta_Z \cdot \sigma_{Rp} = 40.084 \text{ МПа}$$

4.6.5.3 Проверка условий статической прочности фланцев

Расчет производится по формулам 43 - 46 [23]

При расчете с учетом стесненности температурных деформаций.

$$K_T := 1.3$$

					Механический расчет	Лист
						55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Допускаемое значение общих мембранных и изгибных напряжений и допускаемое значение суммарных общих и местных условных упругих мембранных и изгибных напряжений рассчитываем в соответствии с п.8.10 [19]

$$\sigma_{д.м} := 1.5 \cdot \sigma = 272.01 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{д.Р} := 3 \cdot \sigma = 544.02 \text{ МПа}$$

Для приварных встык фланцев с конической втулкой в сечении S_1
- в рабочих условиях

$$\sigma_{Рmax} := \max \left(\begin{pmatrix} |\sigma_{1p} - \sigma_{P1MM} + \sigma_{Rp}| \\ |\sigma_{1p} - \sigma_{P1MM} + \sigma_{Tp}| \\ |\sigma_{1p} + \sigma_{P1MM}| \end{pmatrix} \right)$$

Проверка условий прочности в рабочих условиях в сечении S_1

$$Усл_3 := \begin{cases} \text{"Условия прочности выполняются"} & \text{if } \sigma_{Рmax} \leq 1.3 \cdot \sigma_{д.м} \\ \text{"Условия прочности НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Усл₃ = "Условия прочности выполняются"

- при затяжке

$$\sigma_{3max} := \max(|\sigma_{1M} + \sigma_{RM}|, |\sigma_{1M} + \sigma_{TM}|)$$

Проверка условий прочности при затяжке в сечении S_1

$$Усл_4 := \begin{cases} \text{"Условия прочности выполняются"} & \text{if } \sigma_{3max} \leq K_T \cdot \sigma_{д.м} \\ \text{"Условия прочности НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Усл₄ = "Условия прочности выполняются"

Для приварных встык фланцев с конической втулкой в сечении S_0
- в рабочих условиях

$$Q := |\sigma_{0p} - \sigma_{P0MM}|$$

$$W := |\sigma_{0p} + \sigma_{P0MM}|$$

$$e := |0.3 \cdot \sigma_{0p} - \sigma_{P0Mo}|$$

$$R := |0.3 \cdot \sigma_{0p} + \sigma_{P0Mo}|$$

$$T := |0.7 \cdot \sigma_{0p} - (\sigma_{P0MM} - \sigma_{P0Mo})|$$

$$Y := |0.7 \cdot \sigma_{0p} + (\sigma_{P0MM} - \sigma_{P0Mo})|$$

$$\sigma_{Рmax} := \max(Q, W, e, R, T, Y) = 76.133$$

					Механический расчет	Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Проверка условий прочности в рабочих условиях в сечении S_0

$$\text{Усл}_5 := \begin{cases} \text{"Условия прочности выполняются"} & \text{if } \sigma_{P\max} \leq 1.3 \cdot \sigma_{d.R} \\ \text{"Условия прочности НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Усл₅ = "Условия прочности выполняются"

- при затяжке

Проверка условий прочности при затяжке в сечении S_0

$$\text{Усл}_6 := \begin{cases} \text{"Условия прочности выполняются"} & \text{if } \sigma_{0M} \leq 1.3 \cdot \sigma_{d.R} \\ \text{"Условия прочности НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Усл₆ = "Условия прочности выполняются"

Для фланцев всех типов в сечении S_0 должно выполняться условие по формуле 53 [23]

Проверка условий для фланцев в сечении S_0

$$\text{Усл}_7 := \begin{cases} \text{"Условия прочности выполняются"} & \text{if } \max(|\sigma_{P0M0}|, |\sigma_{P0MM}|) \leq \sigma \\ \text{"Условия прочности НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Усл₇ = "Условия прочности выполняются"

Для тарелок приварных встык фланцев должны выполняться условия:

- при затяжке по формуле 54 [23]

Проверка условий для тарелок приварных встык фланцев при затяжке

$$\text{Усл}_8 := \begin{cases} \text{"Условия прочности выполняются"} & \text{if } \max(|\sigma_{RM}|, |\sigma_{TM}|) \leq K_T \cdot \sigma \\ \text{"Условия прочности НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Усл₈ = "Условия прочности выполняются"

- в рабочих условиях по формуле 55 [23]

Проверка условий для тарелок приварных встык фланцев в рабочих условиях

$$\text{Усл}_9 := \begin{cases} \text{"Условия прочности выполняются"} & \text{if } \max(|\sigma_{Rp}|, |\sigma_{Tp}|) \leq K_T \cdot \sigma \\ \text{"Условия прочности НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Усл₉ = "Условия прочности выполняются"

4.6.6 Проверка углов поворота фланцев

Угол поворота приварного встык фланца по формуле 58 [23]

$$\Theta := M_p \cdot y_\Phi \cdot \frac{E_{20}}{E} = 3.624 \times 10^{-3} \text{ рад}$$

Допустимый угол поворота приварного встык фланца равен [23]:

					Механический расчет	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\Theta_d := 0.006 \text{ рад}$$

$$\text{Усл}_{10} := \begin{cases} \text{"Условие при испытаниях НЕ выполняется"} & \text{if } \Theta > 1.3 \cdot \Theta_d \\ \text{"Условие в рабочих условиях НЕ выполняется"} & \text{if } \Theta > \Theta_d \\ \text{"Условие поворота фланца выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Усл}_{10} = \text{"Условие поворота фланца выполняется"}$$

4.6.7 Проверка малоциклового прочност элементов фланцевого соединения

Поскольку имеются положительные результаты эксплуатации аналогичных элементов фланцевого соединения, приведенного в [20], при тех же условиях работы и в течение времени не менее расчетной долговечности, расчет на малоцикловую прочность по [21] не проводится.

4.7 Расчёт тарелки (позиция 7)

Целью определения толщины стенки цилиндрической обечайки колпака, которая будет обеспечивать прочность конструкции и позволит избежать прогиба тарелки в ходе эксплуатации фильтра.

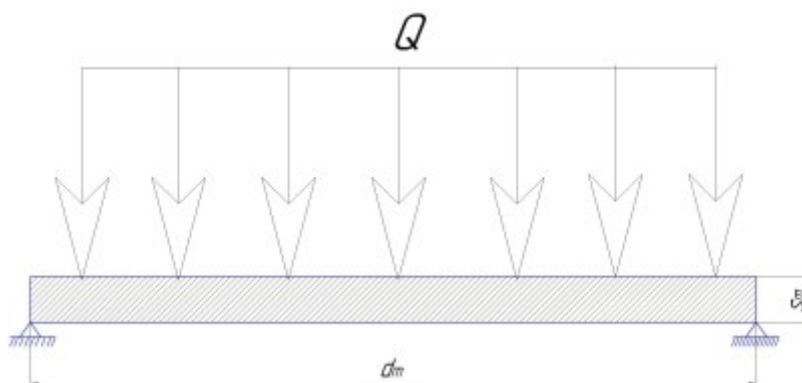


Рисунок 24- Расчетная схема тарелки для фильтра [24]

Диск тарелки представляет собой круглую пластину, опёртую по контуру и нагруженную равномерной нагрузкой от веса жидкости, веса фильтра [25].

Исходные данные

Диаметр фильтра, мм;

$$d_f := 480$$

Высота фильтра, мм;

$$h_f := 20$$

Плотность материала фильтра, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

$$\rho_f := 4500$$

Диаметр тарелки, мм;

$$d_T := 479$$

					Механический расчет	Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Площадь тарелки, м²;

$$S := 0.18$$

Суммарная площадь отверстий на тарелке, м²;

$$S_1 := 0.036$$

4.7.1 Определение толщины тарелки

Толщина тарелки определяют по формуле:

$$s_{\text{итар}} := s_T + c$$

$$s_T \text{ прибавка на коррозию, мм; } c = 2.2$$

расчетная толщина тарелки, определяемая по формуле [25]:

$$s_T := K \cdot d_T \cdot \sqrt{\frac{P}{\sigma_{\text{из}}}}$$

P равномерная нагрузка или давление, МПа

$\sigma_{\text{из}}$ допускаемое напряжение материала тарелки, МПа

Диаметр тарелки, мм; $d_T := 479$

$K := 0.56$ - Коэффициент, зависящий от способа закрепления стенки.

Предел текучести для материала тарелки: в рабочих условиях $t_p := 43$ °C по [19]

$$t_1 := \left(\frac{20}{100} \right)$$

$$(R_e) := \left(\frac{276}{261} \right)$$

$$R_p := \text{Floor}(\text{interp}(t_1, R_e, t_p), 0.5) = 271.5 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для материала тарелки:

$$\sigma_{\text{из}} := \text{Floor}\left(\frac{R_p}{1.1}, 0.5\right) = 246.5 \text{ МПа}$$

Вес фильтра на тарелке найдем по следующей формуле

Диаметр фильтра, мм; $d_f := 480$

Высота фильтра, мм; $h_f := 20$

Плотность материала фильтра, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; $\rho_f := 4500$

$$g := 9.8$$

$$G_f := \left(\frac{\pi \cdot d_f^2 \cdot 10^{-6}}{4} \right) \cdot h_f \cdot 10^{-3} \cdot \rho_f \cdot g = 159.603 \text{ Н}$$

					Механический расчет	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для расчета веса жидкости считаем случай, когда на тарелку давит максимальная масса воды в 15 кг исходя из данных полученных в материальном балансе для фильтра.

$$m_B := 15 \text{ кг}$$

$$G_B := m_B \cdot g = 147 \text{ Н}$$

Давление, действующее на тарелку аппарата:

$$S := 0.18 \text{ м}^2$$

Площадь тарелки:

$$S_1 := 0.036 \text{ м}^2$$

Суммарная площадь отверстий на тарелке:

$$p := \frac{G_f + G_B}{S - S_1} = 2.129 \times 10^3 \text{ Па}$$

$$p := 2.129 \cdot 10^{-3} \text{ МПа}$$

Расчетная толщина тарелки:

$$s_T := K \cdot d_T \cdot \sqrt{\frac{p}{\sigma_{из}}} = 0.788 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина тарелки:

$$s_{итар} := s_T + c = 2.988 \text{ мм}$$

Принимаем из конструктивных решений толщину тарелки:

$$s_T := 10 \text{ мм}$$

4.7.2 Расчет на прогиб тарелки

Для нормальной работы тарелки, необходимо чтобы прогиб не превышал 1/2000 от ее диаметра [25].

Модуль упругости материала тарелки:

$$E_{тар} := \text{Floor} \left[\text{interp} \left[\left(\begin{array}{c} 20 \\ 100 \end{array} \right), \left(\begin{array}{c} 2.15 \cdot 10^5 \\ 2.15 \cdot 10^5 \end{array} \right), t_p, 0.5 \right] \right] = 2.15 \times 10^5 \text{ МПа}$$

Цилиндрическая жесткость тарелки определяется по формуле:

$$\mu := 0.3 \text{ коэффициент Пуассона для стали}$$

$$N := \frac{E_{тар} \cdot s_T^3}{12(1 - \mu^2)} = 1.969 \times 10^7 \text{ МПа}$$

Максимальный прогиб в центре тарелки определяется по следующей формуле

					Механический расчет	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Плотность суспензии, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ $\rho_c := 1000$

Толщина стенки корпуса, м $s_{\text{корп}} := 0.01$

Прибавка на коррозию, м $c := 0.0022$

Длина корпуса, м $L_{\text{корп}} := 0.8$

Ускорение свободного падения, $\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ $g := 9.81$

Плотность стали, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ $\rho_{\text{мет}} := 7850$

Толщина тарелки для фильтров, м $s_{\text{т}} := 0.01$

Диаметр тарелки для фильтров, м $D_{\text{т}} := 0.479$

Вес корпуса аппарата:

$$G_{\text{корп}} := \pi \cdot \left(\frac{D_{\text{н}}^2 - D_{\text{вн}}^2}{4} \right) \cdot L_{\text{корп}} \cdot \rho_{\text{мет}} \cdot g = 948.363 \text{ Н}$$

Вес тарелок для фильтров:

$$G_{\text{т}} := \left[\pi \cdot \left(\frac{D_{\text{т}}^2}{4} \right) \cdot s_{\text{т}} \cdot \rho_{\text{мет}} \cdot g \right] \cdot 2 = 277.543 \text{ Н}$$

Вес фильтров на тарелке:

$$G_{\text{ф}} := \left[\left(\frac{\pi \cdot d_{\text{ф}}^2 \cdot 10^{-6}}{4} \right) \cdot h_{\text{ф}} \cdot 10^{-3} \cdot \rho_{\text{ф}} \cdot g \right] \cdot 2 = 319.206 \text{ Н}$$

По [18] вес эллиптической крышки:

$$G_{\text{э.к.}} := 25.5 \text{ кг}$$

Вес жидкости в аппарате при работе

$$G_{\text{жид1}} := m_{\text{в}} \cdot g = 147 \text{ Н}$$

Вес пустого аппарата:

Принимаем, что фланцы, патрубки и пр. составляют 30% массы аппарата

$$A_1 := (2G_{\text{э.к.}} + G_{\text{т}} + G_{\text{ф}} + G_{\text{жид1}}) \cdot 0.3 = 238.425 \text{ Н}$$

$$G_{\text{ап1}} := A_1 + (2G_{\text{э.к.}} + G_{\text{т}} + G_{\text{ф}} + G_{\text{жид1}}) = 1.033 \times 10^3 \text{ Н}$$

					Механический расчет	Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Вес жидкости в аппарате:

Вес жидкости внутри аппарата при гидроиспытаниях:

$$G_{\text{жид}} := \left(\pi \cdot \frac{D_{\text{вн}}^2}{4} \right) \cdot L_{\text{корп}} \cdot \rho_{\text{с}} \cdot g = 1.42 \times 10^3 \text{ Н}$$

Вес аппарата при гидроиспытаниях:

$$G_{\text{ап2}} := G_{\text{ап1}} + G_{\text{жид}} = 2.453 \times 10^3 \text{ Н}$$

Нагрузка от собственной массы:

$$F_{\text{www}} := G_{\text{ап2}} = 2.453 \times 10^3 \text{ Н}$$

Примем две опоры, тогда нагрузка на одну опору:

$$\frac{G_{\text{ап2}}}{2} = 1.227 \times 10^3 \text{ Н}$$

По [20] примем следующие опоры: ОВ-I-A-16000 ОН-26-01-69-68. Для дополнительной устойчивости аппарата, увеличим уже имеющиеся опоры в размере.

					Механический расчет	Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, **сегмент рынка** – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга). Можно применять географический, демографический, поведенческий и иные критерии сегментирования рынка потребителей, возможно применение их комбинаций с использованием таких характеристик, как возраст, пол, национальность, образование, любимые занятия, стиль жизни, социальная принадлежность, профессия, уровень дохода.

В зависимости от категории потребителей (коммерческие организации, физические лица) необходимо использовать соответствующие критерии сегментирования. Например, для коммерческих организаций критериями сегментирования могут быть: месторасположение; отрасль; выпускаемая продукция; размер и др.

Основными потребителями нанопорошков получаемых на разрабатываемой установке являются компании различных размеров, занимающиеся медициной, металлургией, научными исследованиями.

На основании этих критериев строится карта сегментирования рынка.

		Медицина	Металлургия	Научные исследования
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			
Фирма А				
Фирма Б				
Фирма В				

Рисунок- 26 Карта сегментирования рынка нанопорошков

					ФЮРА ПМФ 00.00.00 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Студент	Титов М.Н.				Финансовый менеджмент	Лит.	Лист
Руковод.	Ан В.В.						Листов
Конс.	Креницына З.В					64	89
Н. Контр.						ТПУ	ИШНПТ
Руков. ООП	Беляев В.М.					Группа	4K51

На основании карты выбирают ниши на рынке не занятые конкурентами или где уровень конкуренции низок. Выбирают, как правило, два-три сегмента, на которые и направляют максимальные усилия и ресурсы предприятия. Как правило, выбирают сегменты со сходными характеристиками, которые будут формировать целевой рынок.

5.2 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. Составление SWOT-анализа сводится к описанию сильных и слабых сторон рассчитанного аппарата, выявлению возможностей и опасностей для его реализации, которые проявились или же имеют все шансы возникнуть в процессе эксплуатации фильтра для разделения суспензии.

Результаты SWOT-анализа представлять в табличной форме (табл. 4).

Таблица 4

Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Простота и удобство эксплуатации. С2. Экологичность технологии. С3. Высокая эффективность работы	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие подобных аппаратов Сл2. Сложность изготовления Сл3. Высокая цена на титановые мембраны
Возможности: В1. Использование продукции в новых научных исследованиях В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт В3. Развитие конкуренции в методах получения нанодисперсных порошков	1. Возможность использования фильтра для получения различных нанопорошков. 2. Получение большого количества необходимого позволяющего удовлетворить запросы потребителей	1. Использование интереса к продукту для организации производства аппаратов 2. Создание более дешевого способа изготовления 3. Использование научных разработок для создания более дешевых альтернатив титановым мембранам
Угрозы: У1. Небольшой спрос на новые технологии производства У2. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции	1. Использование стандартных деталей для более простой сертификации 2. Повышение спроса благодаря высоким техническим характеристикам	1. Возможные проблемы с покупкой комплектующих аппарата в следствие их высокой цены

У3.Отсутствие финансирования для проекта	аппарата и появлению конкуренции 3. Поиск инвесторов для финансирования проекта используя для рекламы технические характеристики аппарата	
--	--	--

Проанализировав SWOT-анализ, можно сделать вывод, что для выхода на лидирующие позиции на рынке необходимо провести ряд следующих преобразований:

— После внедрения на производство аппарата постараться найти более дешевую замену некоторых комплектующих;

— Оптимизировать аппарат для возможности массового производства.

5.3 Планирование научно-исследовательских работ. Структура работ в рамках научного исследования

Для оценки затрат на проект необходимо знать перечень выполнения работ по проекту. Анализируя это составим таблицу для наглядности. В таблице 5 представлены все виды выполняемых работ и исполнители работы необходимой для выполнения проекта.

Таблица 5

Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, инженер
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, инженер
	3	Исследование патентной информации	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер
Разработка технической документации и проектирование	5	Расчет мембранного фильтра	Инженер
	6	Разработка социальной ответственности по теме	Инженер, консультант СО
	7	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	Инженер, консультант по ЭЧ
	8	Построение чертежей	Инженер
	9	Согласование и корректировка	Инженер
Оформление комплекта документации по ОКР	10	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

					Финансовый менеджмент	Лист
						66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5.4 Определение трудоемкости выполнения работ

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

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5},$$

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

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

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

5.5 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому на основе расчетов из предыдущего пункта проведем расчет затраченного времени на каждый этап работы по проекту.

Анализируя затраченное время на проект составим таблицу для наглядности. В таблице 6 представлены все виды выполняемых работ и время их выполнения.

Для удобства построения таблицы, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется 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.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения необходимо свести в таблицу (табл. 6).

Таблица 6

Временные показатели проведения научного исследования

Название работы			Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях(T_{pi})	Длительность работ в календарных днях (T_{ki})		
			t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{ожі}$, чел-дни					
Разработка технического задания			1	2	1,4	Руководитель	0,7	1,034	2	
						Инженер				
Изучение литературы			3	5	3,8	Инженер	3,8	5,615	6	
					Финансовый менеджмент					Лист
										68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Исследование патентной информации	3	5	3,8	Инженер	3,8	5,615	6
Календарное планирование	1	2	1,4	Руководитель Инженер	0,7	1,034	2
Расчет мембранного фильтра	5	7	5,8	Инженер	5,8	8,571	9
Оценка эффективности производства	2	4	2,8	Инженер	1,4	2,069	3
Разработка социальной ответственности	2	4	2,8	Инженер	1,4	2,069	3
Составление пояснительной записки	10	12	10,8	Инженер	10,8	15,96	16
Построение чертежей	10	12	10,8	Инженер	10,8	15,96	16
Согласование и корректировка чертежей	3	5	3,8	Руководитель Инженер	1,9	2,807	3

Анализируя перечень работ и оценки их выполнения, составим график проведения НИР, который представлен в таблице 7.

График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта на основе табл. 7 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу. Такие графики используются для иллюстрации графика работ по проекту и являются одним из методов планирования проектов.

Таблица 7

Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№	Вид работ	Исполните ли	Ткі	Продолжительность выполнения работ													
				феврал ь		март			апрель			май			июн ь		
			кал.дне й	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Разработка технического задания	Руководител ь	2														
		Инженер															
2	Изучение литературы	Инженер	6														
3		Инженер	6														

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 8.

Таблица 8

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб	Общая стоимость оборудования, тыс. руб
1	ПО Microsoft office	1	10.200	10.200
2	Mathcad Application	1	30.000	30.000
3	КОМПАС 3D	1	32.900	32.900
Итого				73100

5.6.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп},$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p,$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 6);

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}},$$

где $З_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$М$ – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $М=11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $М=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл. 9).

Таблица 9

Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
календарное количество дней	365	365
Количество нерабочих дней(выходные, праздничные дни):	44 14	48 14
Издержки рабочего времени:		
Отпуск	56	28
невыходы по болезни	3	2
Действительный фонд рабочего времени	248	273

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}}) \cdot k_{\text{р}},$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 10

Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Зок, руб.	k _р	k _{пр}	Зм, руб.	Здн, руб	Тр, раб.дн.	Зосн, руб.
Руководитель	33664	1.3	1.3	56892,16	2385,8	4	9543,2
Инженер	25600			43264	1774,9	66	117143,4
	Итого						126686,6

5.6.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Для руководителя дополнительная заработная плата будет равна:
 $З_{\text{доп}} = 9543,2 \cdot 0,12 = 1145,2$ руб.

Для инженера дополнительная заработная плата равна: $З_{\text{доп}} = 117143,4 \cdot 0,12 = 14057,2$ руб.

5.6.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}),$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%¹.

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (табл. 11).

¹Федеральный закон от 24.07.2009 №212-ФЗ «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования»

					Финансовый менеджмент	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Отчисления во внебюджетные фонды

Участник	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	9543,2	1145,2
Инженер-дипломник	117143,4	14057,2
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	27,1%	
Итого, руб.	руководитель: 2896,6; дипломник: 35555,4	
В сумме	38452 руб.	

5.6.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 12.

Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	73100	Табл.5
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	-	-
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	126686,6	Табл.7
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	14057,2	
5. Отчисления во внебюджетные фонды	38452	Табл. 8
6. Затраты на научные и производственные командировки	-	-
7. Контрагентские расходы	-	-
8. Накладные расходы	40367,3	16 % от суммы ст. 1-7
9. Бюджет затрат НТИ	292663,1	Сумма ст. 1- 8

5.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

					Финансовый менеджмент	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

Так как аналогов данного аппарата не существует, то мы можем посчитать металлоемкость аппарата и его составляющие (табл. 13):

Таблица 13

Определение металлоемкости НТИ

Наименование		кол-во	цена за шт/кг (руб)	сумма (руб)
Труба	500X400X10 12X18H10T	1	768	768
	32X160X4 12X18H10T	1	537	537
	65X110X4 12X18H10T	1	430	430
	12X200X2 12X18H10T	12	450	5400
	90X30X4 12X18H10T	1	397	397
Фланец	x500 12X18H10T	1	2824	2824
Тарелка для фильтрующего материала	Ø480 12X18H10T	2	430	860
Болт	M20x110 DIN 975	12	300	3600
	M20x50 DIN 975	8	280	2240
Шайба	20Л	16	240	3840
Гайка	M20-6H	20	60	1200
Прокладка	576X528X2 паронит ПОН	1	148	148
Титановый фильтр	Ø480 титан	2	22990	45980
Сумма установки составляет, руб:				
68224				

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с

определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (см. табл. 10). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{76390}{76390} = 1,$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 14).

Таблица 14

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

					Финансовый менеджмент	Лист
						76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1
1. Позволяет использовать новые технологии в производстве	0,1	6
2. Удобство в эксплуатации	0,15	10
3. Экологичность	0,15	10
4. Надежность	0,25	9
5. Материалоемкость	0,15	8
6. Универсальность(возможность использования для разделения различных суспензий)	0,2	7
ИТОГО	1	7,53

$$I_{p-исп1} = 6*0,1 + 10*0,15 + 10*0,15 + 9*0,25 + 8*0,15 + 7*0,2 = 7,53.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки (

$I_{исп.1}$.) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{исп.1}^{финр}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{исп.2}^{финр}} \text{ и т.д.}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл.15) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$):

Таблица 15

Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	7,53
3	Интегральный показатель эффективности	7,53

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Вывод

В результате выполненного анализа были выполнены следующие задачи:

- Построена карта сегментирования рынка;
- Составлена SWOT-матрица для данного проекта;
- Определена структура работ их трудоемкость и составлен график проведения;
- Определен основной бюджет исследовательского проекта;
- Определена ресурсная и экономическая эффективность исследования.

					Финансовый менеджмент	Лист
						78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

6 Социальная ответственность

Введение

В данном дипломном проекте разрабатывается установка для разделения суспензии, состоящей из воды и частиц металлического нанопорошка. Такая установка называется – мембранный фильтр.

Областью применения для данного фильтра являются лаборатории. Мембранные фильтры широко применяются для удаления частиц из раствора, задержанные фильтрами частицы осадка могут быть исследованы разнонаправленными методами.

Одной из главных задач охраны труда является обеспечение безопасных условий труда для человека, т.е. должны быть созданы такие условия труда, при которых исключается воздействие на рабочих опасных и вредных производственных факторов. Уровни этих факторов не должны превышать предельных значений, оговоренных правовыми, техническими и санитарнотехническими нормами. Соблюдение правил и норм по безопасности жизнедеятельности позволяет улучшить и облегчить условия труда, обеспечить широкие возможности для высокопроизводительной работы.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Законодательство РФ об охране труда основывается на Конституции РФ и состоит из федерального закона, других федеральных законов и иных нормативных правовых актов субъектов РФ. Среди них можно выделить закон “Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний”. Для реализации этих законов приняты Постановления Правительства РФ “О государственном надзоре и контроле за соблюдением законодательства РФ о труде и охране труда”, “О службе охраны труда”, “О Федеральной инспекции труда” и др [26].

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

					ФЮРА ПМФ 00.00.00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Студент		Титов М.Н.			Социальная ответственность	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Ан В.В.					79	89
Конс.		Скачкова Л.А.				ТПУ ИШНПТ		
Н. Контр.						Группа 4K51		
Руков. ООП		Беляев В.М.						

Функции по контролю и надзору, которые ранее осуществлялись Санэпиднадзором Минздрава России, переданы Федеральной службе по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор).

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

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

Федеральная служба по надзору в сфере здравоохранения и социального развития (Росздравнадзор) осуществляет контроль за порядком организации осуществления медико-социальной экспертизы; порядком установления степени утраты профессиональной трудоспособности в результате несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний и др. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) — государственный санитарноэпидемиологический надзор за соблюдением санитарного законодательства; организует деятельность системы санитарноэпидемиологической службы РФ. В федеральном законе “О пожарной безопасности” (1994) определяются общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в России, дается регулирование отношений между органами государственной власти, органами местного самоуправления, предприятиями, организациями, крестьянскими хозяйствами и иными юридическими лицами независимо от форм собственности.

Федеральный закон “О промышленной безопасности опасных производственных объектов” (1997) определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлен на предупреждение аварий на опасных производственных объектах и обеспечение готовности организаций к локализации последствий аварий.

Федеральный закон “О радиационной безопасности населения” (1995) характеризует правовые основы обеспечения радиационной безопасности населения в целях охраны его здоровья.

					Социальная ответственность	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

6.2 Производственная безопасность

Производственная безопасность представляет собой систему организационных мероприятий и технических средств, уменьшающих вероятность воздействия на персонал опасных производственных факторов, вредных воздействий технологических процессов, энергии, средств, предметов, условий и режимов труда до приемлемого уровня. В условиях работы, необходимо осуществление комплекса мер по предупреждению и уменьшению воздействия вредных производственных факторов. Для целостного представления обо всех вредных факторах, выявленных в процессе работы, составим таблицу. Выбор факторов производится с использованием ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»

Возможные опасные и вредные факторы

Таблица 16

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Превышение уровня шума	-	-	+	СанПиН 2.2.4.3359-16
2. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.3359-16
3. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	-	+	+	СанПиН 2.2.4.3359-16

6.3 Анализ вредных выявленных факторов при эксплуатации проектируемого фильтра

Производственное оборудование должно обеспечивать безопасность работающих при монтаже (демонтаже), вводе в эксплуатацию и эксплуатации, как в случае автономного использования, так и в составе технологических комплексов при соблюдении требований (условий, правил), предусмотренных эксплуатационной документацией.

6.3.1 Шумы

Шумы могут неблагоприятно сказываться на организме человека и снижают производительность труда в среднем на 10-15%.

Шумы создаются в основном работающим оборудованием. Чаще всего технически трудно снизить шум до малых уровней, поэтому при нормировании исходят не из оптимальных, а из терпимых условий. То есть таких, когда вредные действия шума не проявляется или проявляется незначительно.

Нормирование допустимых уровней звукового давления производится в соответствии с [27]. По данному ГОСТу уровень звука в производственных помещениях не должен превышать 85 дБА. Так как установка является экспериментальной нет точных данных по шуму производимым данной установкой. Для безопасности работающего с ней персонала необходимо предпринять мероприятия описанные в разделе «Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов»

6.3.2 Состояние воздушной среды и микроклимата

Санитарные правила и нормы 2.2.4.3359-16 устанавливают определённый микроклимат для всех типов рабочих помещений.

Вредными факторами при разработке и изготовлении является не соответствие оптимальных показателей микроклимата помещений, где происходят работы. Оптимальные показатели микроклимата производственных помещений представлены в таблице 2.

Оптимальные показатели микроклимата производственных помещений

Таблица 17

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	21-23	40-60	0,1
Теплый	22-24	40-60	0,1

Разделяемая суспензия является безвредной, однако ее подача на фильтр осуществляется аргоном под давлением. Аргон относится ко 2 классу опасности, вещества высокоопасные. Он нетоксичен и невзрывоопасен, однако представляет опасность для жизни. При его вдыхании мгновенно наступает потеря сознания и через несколько минут – смерть. Газообразный аргон тяжелее воздуха и может накапливаться в слабопрветриваемых помещениях у пола. При этом снижается содержание кислорода в воздухе, что приводит к кислородной недостаточности. [28,29]

6.3.3 Электробезопасность

Электрический ток представляет собой опасность, о присутствии которой нельзя точно сказать (нет свечения, запаха, шума). В случае повреждения электроустановок, вокруг места повреждения возникает электрическое поле, опасное для жизни человека.

Особенно опасно прикосновение человека к токоведущим частям, находящимся под напряжением, вследствие теплового воздействия тока. Такое прикосновение может привести к серьезным внешним поражениям кожи (ожогам).

Раны от ожогов заживают очень долго, а при поражении 2/3 поверхности тела могут привести к смертельному исходу.

Электроудар, при котором происходит прохождение тока через тело человека и поражается весь организм, представляет наибольшую опасность для человека. Возникают судороги, аритмия работы сердца и расстройство дыхания, что может привести к смерти. Степень опасности электроудара зависит от силы тока, проходящего через организм. При силе тока равной 1,5 мА, в месте контакта с токоведущими частями ощущается зуд и нагрев. Такую силу тока называют порогом ощущения [30].

Увеличение силы тока до 10 мА при переменном и до 50 мА при постоянном напряжении вызывает у человека сильные боли в пальцах и кистях рук, но человек еще может самостоятельно оторваться от токоведущих частей. Такая сила тока называется условно безопасной.

Дальнейшее увеличение от 10 мА до 100 мА при переменном и от 50 мА до 100 мА при постоянном напряжении вызывает очень сильные боли, парализацию рук, паралич дыхания и самостоятельно оторваться от токоведущих частей уже невозможно.

При снижении сопротивления человеческого тела, сила тока постоянно возрастает и при достижении 100 мА наступает клиническая смерть [30].

Проблемы замыкания электрической цепи через тело человека могут возникнуть на этапах изготовления и эксплуатации проектируемой установки, таким образом для этих процессов одинаковые опасные факторы и мероприятия по их устранению. Что бы

					Социальная ответственность	Лист
						83
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

избежать вредного воздействия на людей электрического тока, необходимо разработать электробезопасность конструкций.

6.3.4 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов

Для снижения вредного воздействия от шума необходимо предпринять следующие мероприятия:

- Устранение причин шума или их ослабление в источнике образования;
- Изоляция источников шума средствами звукоизоляции, звукопоглощения;
- Жесткое крепление вибрирующих деталей и узлов;
- Противошумные наушники, закрывающие ушную раковину снаружи;
- Профилактические медицинские мероприятия.

Для обеспечения химической безопасности при работе на установке предусматриваются следующие организационные и технические мероприятия:

- герметичность технологического оборудования и коммуникаций;
- система блокировок и отключение оборудования при отклонении от заданных технологических параметров;
- контроль содержания вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений;
- обеспечение обслуживающего персонала спецодеждой и средствами индивидуальной защиты при выполнении работ.

Основные способы и средства электрозащиты:

- Все работы, связанные с ремонтом электрической части оборудования, производить только электротехническому персоналу цеха;
- Все аппараты должны быть ограждены защитными перегородками;
- Корпуса электродвигателей и другого оборудования должны быть заземлены;
- Использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов;
- Предупредительная сигнализация и блокировки;
- Обеспечение обслуживающего персонала спецодеждой и средствами индивидуальной электрозащиты.

6.4 Экологическая безопасность

Работа с исходной суспензией может оказать негативное влияние в случае попадания данной суспензии гидросферу окружающей среды. Получаемым сырьем является нанопорошок. В процессе разделения суспензии на воду и нанопорошок не добавляются никакие химические соединения. Отвод сточных вод при разделении необходим, при этом стоки можно использовать в процессе рекуперации для подогрева до небольших температур различных жидкостей, используемых в производстве.

6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Цех, в котором осуществляется получение и разделение суспензии, не является пожаро- и взрывоопасным, однако помимо безопасности при чрезвычайных ситуациях рассмотрим пожарную безопасность.

Чрезвычайные ситуации (ЧС) - это совокупность обстоятельств, которые сопровождаются разрушениями, жертвами людей и причинению ущерба окружающей среде.

К чрезвычайным ситуациям можно отнести: производственные аварии, стихийные бедствия, военные и социально-политические конфликты [31].

При условиях ЧС необходимо знать правила поведения, чтобы избежать паники и несчастных случаев.

При возникновении аварии необходимо отключить все электроприборы и рубильники.

Стихийные бедствия, такие как ураганы, наводнения и землетрясения, предотвратить нельзя, поэтому необходимо отключить электричество в здании и покинуть его или спуститься в подвальное помещение, если таковое имеется.

При возникновении военного или социально-политического конфликта необходимо эвакуировать всех людей из здания, согласно плану эвакуации или спуститься в подвальное помещение.

Самое главное - при любой чрезвычайной ситуации сохранять спокойствие, не поддаваться панике и отключить всю электроэнергию. Иначе, это может привести к еще большим разрушениям [31].

6.5.1 Пожарная безопасность

Пожарная безопасность объекта обеспечивается рядом противопожарных мероприятий, предусмотренных в соответствии с [32].

Работники, обслуживающие промысел, обязаны пройти противопожарный инструктаж и занятия по пожарно-техническому минимуму.

					Социальная ответственность	Лист
						85
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

При работе на производстве безопасность работающего персонала должна обеспечиваться:

- конструктивно-планировочным решением помещений, гарантирующим возможность осуществления быстрой эвакуации людей и ограничивающим распространение пожара;
- постоянным содержанием в надлежащем состоянии специального оборудования, способствующего успешной эвакуации людей в случае пожара (системы экстренного оповещения, аварийное освещение, знаки безопасности);
- ознакомлением всех работающих с основными требованиями пожарной безопасности и мерами личной предосторожности, которые необходимо соблюдать при возникновении пожара, а также планом эвакуации людей из помещения;
- установлением со стороны администрации систематического контроля за строжайшим соблюдением мер предосторожности при ремонтных работах, эксплуатации электроприборов, электроустановок и отопительных систем.

Для локализации и ликвидации пожара должны использоваться стационарные средства пожаротушения.

Размещение оборудования противопожарного водоснабжения и пожаротушения на площадке цеха выполнено согласно требованиям [32].

На объекте предусмотрено применение оборудования пенного и порошкового пожаротушения, а также первичных средств пожаротушения.

6.5.2 Первичные средства пожаротушения, немеханизированный пожарный инструмент и инвентарь

К первичным средствам пожаротушения относятся:

- огнетушители, песок (в ящике);
- асбестовое полотно, грубошерстная ткань или войлок (кошма, покрывало из негорючего материала).

К немеханизированному пожарному инструменту и инвентарю относятся:

- комплект для резки электропроводов (ножницы, диэлектрические боты);
- лом, багор, крюк с деревянной ручкой, ведро, лопаты.

Определение необходимого количества первичных средств пожаротушения для защиты зданий и сооружений выполнено по Приложению 6 [33].

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

Вывод

Таким образом, был проведен анализ выявленных вредных и опасных факторов, а также обоснование мероприятий по снижению их воздействия. Также был проведен анализ на воздействие среды аппарата на атмосферу и гидросферу. Были рассмотрены наиболее вероятные виды ЧС и способы их устранения.

					Социальная ответственность	Лист
						87
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заключение

В ходе выполнения работы были произведены технологический, механический расчёты. В ходе технологического расчета составлен материальный баланс проектируемого фильтра, определены основные геометрические параметры аппарата. В ходе механического расчета был проведен расчет толщины стенок обечайки и днищ, расчет фланцевого соединения, расчет штуцеров, расчет тарелки для фильтра, рассчитана нагрузка и подобраны опоры для фильтра.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» построена карта сегментирования рынка, SWOT-матрица, определена структура работ, их трудоемкость; определен основной бюджет исследовательского проекта; определена ресурсная и экономическая эффективность исследования.

В разделе «Социальная ответственность» проведен анализ выявленных вредных и опасных факторов, а также обоснование мероприятий по снижению их воздействия. Также был проведен анализ на воздействие среды аппарата на атмосферу и гидросферу. Были рассмотрены наиболее вероятные виды ЧС и способы их устранения.

Список публикаций

СПИСОК

опубликованных и приравненных к ним научных
и учебно-методических работ

№ п/п	Наименование работы, ее вид	Форма работы	Выходные данные	Объем работы, с.	Соавторы
научные работы					
1	Получение алюминиевых порошков в среде аргона и гелия.	печатный	Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XIX Международной научно-практической конференции имени профессора Л.П. Кулёва студентов и молодых ученых/Томский политехнический университет. – Томск: Изд- во Томского политехнического университета, 2018. – С.147-148.	2	
2	Получение металлических нанопорошков методом электрического взрыва проводника.	печатный	Химические технологии функциональных материалов: материалы V Международной Российско-Казахстанской научно-практической конференции, посвященной 85-летию Казахского национального университета аль-Фараби/– Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019. – С.87-90.	3	Барышники в А. А.
3	Получение сплава Fe-Co методом электрического взрыва проводника.	печатный	Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XIX Международной научно- практической конференции имени профессора Л.П. Кулёва студентов и молодых ученых/Томский политехнический университет. – Томск: Изд- во Томского политехнического университета, 2019. – С.35.	2	Барышники в А. А.

Список литературы

1. Сакович Г.В., Архипов В.А., Ворожцов А.Б., Коротких А.Г.// Известия Томского политехнического университета. 2009. Т. 314. № 3. С. 18-22.;
2. Н.А. Яворовский// Известия вузов. Физика. 1996. №4. С. 114-136.;
3. Ложкомоев А. С., Адсорбционная способность наноструктурного оксогоксида алюминия, иммобилизованного на ацетилцеллюлозных микроволокнах;
4. Бирюков Ю.А., Бузник В.М., Дунаевский Г.Е., Ивонин И.В., Ищенко А.Н., Лернер М.И., Лымарь А.М., Обьедков А.Ю., Псахье С.Г., Цветников А.К., Ультрадисперсные наноразмерные порошки: создание, строение, производство и применение / под ред. акад. В.М. Бузника. - Томск: Изд-во НТЛ, 2009. - 192 с.;
5. Ильин А.П., Назаренко О.Б., Коршунов А.В. Роот. Особенности физико-химических свойств нанопорошков и наноматериалов. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 196 с.;
6. Fabrication of nanopowders by electrical explosion of a copper wire in water [<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1567173915301358>] ;
7. Касаткин А.Г., Основные процессы и аппараты химической технологии. Учебник для вузов. -10-е изд.-М.: Альянс, 2004. – 753 с.;
8. Алиев Г.М.-А. Техника пылеулавливания и очистка промышленных газов: Справочное издание. – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.;
9. Страус В. Промышленная очистка газов. – М.: Химия, 1981. — 616 с.
10. Отстойники периодического действия [http://oil-filters.ru/clarification_tanks/#suspension_settlers] ;
11. Ужов В.Н., Очистка промышленных газов от пыли. — М.: Химия, 1967. — 344 с.;
12. Кульский, Л.А. Теоретические основы очистки воды. Классификация примесей воды и выбор методов ее очистки. / Л.А. Кульский. – Киев: Наукова думка, 1968. – 196 с.;
13. ГОСТ 8732-78 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Сортамент (с Изменениями N 1, 2). М.: ИПК Изд-во стандартов, 78. -9 с;
14. ГОСТ 6533-78*. Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов, аппаратов и котлов. Основные размеры. М.: Гос. комитет СССР по стандартам, 78. -26 с.;
15. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Е. Романков, А. А. Носков; под ред. П. Е. Романкова. — 10-е изд., перераб. и доп., репринт, изд. — М.: Альянс, 2013. — 576 с.

16. ГОСТ 5949-75. Сталь сортовая и калиброванная коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3). М.: Изд-во стандартов, 2004. - 24 с.
17. ГОСТ 481-80. Паронит и прокладки из него. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1992. - 17 с.
18. ГОСТ Р 34233.2-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек. М.: Стандартиформ, 2017.-44 с.
19. ГОСТ Р 34233.1-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования. М.: Стандартиформ, 2017.-26 с.
20. Лашинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры: Справочник. 3-е изд., стереотипное. - М.: ООО ИД "Альянс", 2008.-752 с.
21. ГОСТ Р 34233.6 - 2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность при малоцикловых нагрузках. М.: Стандартиформ, 2017.-20 с.
22. ГОСТ 15180-86. Прокладки плоские эластичные. Основные параметры и размеры. М.: Гос. комитет СССР по стандартам, 86.-12 с
23. ГОСТ Р 34233.4 – 2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений. М.: Стандартиформ, 2007.-37 с.
24. Канторович З.Б. Основы расчета химических машин и аппаратов. - М.: Машиностроение, 1960.-744 с.
25. Семакина О.К. Машины и аппараты химических производств. Учеб. Пособие. Часть 1/Том.политехн.ун-т. Томск: 2003.-118 с.
26. Бобков А.С. Охрана труда и экологическая безопасность в химической промышленности. /А.С.Бобков, А.А.Блинов, И.А.Роздин., Е.И.Хабарова. –М.:Химия, 1998. –400с.
27. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (с Изменением N 1)
28. Argon – Ar. **Chemical properties of argon** - Health effects of argon - Environmental effects of argon. [<https://www.lenntech.com/periodic/elements/ar.htm>]
29. Производство и реализация технических газов и криогенных жидкостей. [<http://www.argon35.ru/>]
30. Инструкция по охране труда по электробезопасности.
31. Российская Федерация. Законы. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ.

32. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ.
33. СП 9.13130.2009 Техника пожарная. ОГнетушители. Требования к эксплуатации.

