

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

Инженерная школа новых производственных технологий
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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы			
Разработка системы сепарации нанопорошков с проектом основного оборудования УДК 621.762.2-022.532:621.928.4			
Студент			
Группа	ФИО	Подпись	Дата
4К41	Черепанов Алексей Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пустовалов Алексей Витальевич	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Верховская Марина Витальевна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Штейнле Александр Владимирович	К.М.Н		

По разделу «Механический расчет оборудования»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Беляев Василий Михайлович	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель НОЦ Н.М. Кижнера	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Краснокутская Елена Александровна	Д.Х.Н., проф.		

Томск – 2018 г.

Запланированные результаты обучения по ООП 18.03.01 в 2018 г.

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

P8	Использовать современные компьютерные методы вычисления, основанные на применении современных эффективных программных продуктов при расчете свойств материалов, процессов, аппаратов и систем, характерных для профессиональной области деятельности; находить необходимую литературу, использовать компьютерные базы данных и другие источники информации	Требования ФГОС (ПК-4, 5, 9, 10, 11, 14)
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P9	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,2,6-10), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5)
P10	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-6,7,8), Критерий 5 АИОР (2.6)
P11	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-11) , Критерий 5 АИОР (п.2.2)
P12	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-3,4,5,12) , Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3)

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

Инженерная школа новых производственных технологий
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

(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
4К41	Черепанову Алексею Сергеевичу

Тема работы:

Разработка системы сепарации нанопорошков с проектом основного оборудования	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	
Срок сдачи студентом выполненной работы:	

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>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></p>	<p><u>Циклон для улавливания металлических частиц железа</u></p> <p>Производительность: 200 м³/ч Рабочий газ: аргон Давление газа: до 0,6 Мпа Температура среды: 25°С Улавливаемые частицы: железо средний размер 3 мкм; Запыленность: 0,5 г/м³ Материал изделия: сталь 12Х18Н10Т Требования к эксплуатации и обслуживанию: простота изготовления и технического обслуживания.</p>
--	--

<p align="center">Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p align="center"><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></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Введение 2. Обзор литературы 3. Описание технологической схемы 4. Технологический расчет аппарата 5. Конструктивный расчет аппарата 6. Механический расчет аппарата; 7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 8. Социальная ответственность.
<p align="center">Перечень графического материала</p> <p align="center"><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Аппаратурно-технологическая схема; 2. Сборочный чертеж; 3. Чертежи основных деталей циклона; 4. Экономическая эффективность.
<p align="center">Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p align="center"><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p align="center">Раздел</p>	<p align="center">Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p align="center">Верховская Марина Витальевна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p align="center">Штейнле Александр Владимирович</p>
<p align="center">Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p align="center">Реферат</p>	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пустовалов Алексей Витальевич	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4К41	Черепанов Алексей Сергеевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
4К41	Черепанов Алексей Сергеевич

Школа	ИШНПТ	Отделение	Технология и оборудование химических и нефтехимических производств
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

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

<p>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</p>	<p>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.</p>
<p>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</p>	
<p>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</p>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</p>	<p>Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта</p>
<p>2. Оценка расходов на производство расчетов и проектирования реактора с перемешивающим устройством.</p>	<p>Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.</p>

3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НТИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности исследования низина в модельных растворах
Перечень графического материала:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. График проведения НТИ 4. Определение бюджета НТИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ 	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Верховская Марина Витальевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4К41	Черепанов Алексей Сергеевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4К41	Черепанову Алексею Сергеевичу

Институт	ИШНПТ	Отделение	Технология и оборудование химических и нефтехимических производств
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования – система сепарации нанопорошков с проектом основного оборудования
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность	1.1 Анализ вредных выявленных факторов при эксплуатации проектируемого циклона 1.1.1 Состояние воздушной среды и микроклимата 1.1.2 Шумы и вибрации 1.1.3 Повышенный уровень шума 1.2 Анализ опасных выявленных факторов при эксплуатации проектируемого циклона 1.2.1 Электробезопасность
2. Экологическая безопасность:	
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	"Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 31.12.2014) Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны: технический перерыв, проветривание, полная изоляция от производственных источников шума и вибрации.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Штейнле Александр Владимирович	К.м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4К41	Черепанов Алексей Сергеевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа «Разработка системы сепарации нанопорошков с проектом основного оборудования» 98 с., 17 рис., 16 табл., 32 источника, 4 прил.

Ключевые слова: электрический взрыв проводника, циклон, микрон, осаждение, патрубков, улитка.

Область применения: химическая промышленность.

Объектом проектирования является циклонный фильтр.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: цилиндрический кожух диаметром 219 мм, толщина стенки кожуха 2 мм, входной патрубок диаметром 168 мм и выходной диаметром 68 мм, фланцы и улитка.

Степень внедрения: для лабораторных исследований и промышленного производства.

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

Report

Graduation qualification work "Development of nanopowder separation system with the project of the main equipment" 98 c., 13 Fig., 17 Table, 32source, 4 app.

Key words: conductor electrical explosion, cyclone, micron, deposition, branch pipe, snail.

Scope: chemical industry.

The design object is a cyclone filter.

The main design, technological and technical-operational characteristics: a cylindrical casing with a diameter of 219 mm, a casing wall thickness of 2 mm, an inlet branch with a diameter of 168 mm and an output diameter of 68 mm, flanges and a cochlea.

Degree of implementation: for laboratory research and industrial production.

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

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

ЭВП – электрический взрыв проводника;

МНП – металлические нанопорошки;

Агломерат – совокупность частиц, прочно удерживаемых между собой;

Оглавление

Введение.....	14
1. Обзор литературы.....	15
1.1. Разделения газовой смеси	16
1.2. Пылеосадительные камеры.....	17
1.3. Циклоны.....	19
1.4. Тканевые фильтры	23
2. Технологическая схема.....	25
процесса получения металлического порошка	25
3. Технологический расчёт	26
3.1. Материальный баланс циклона СДК-ЦН-33.....	26
3.2. Расчет размеров циклона.....	27
3.3. Расчёт размеров фланцевых соединений.....	33
4. Выбор конструкционных материалов	35
5. Механический расчёт циклона	36
5.1. Расчет конической обечайки.....	37
5.2. Расчет цилиндрической обечайки.....	39
5.3. Расчет толщины стенки конического днища бункера.....	41
5.4. Расчет сопряжения цилиндрической и конической обечаек циклона.....	42
5.5. Расчет фланцевого соединения.....	50
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	64
7. Социальная ответственность.....	84
Заключение	94
Список использованных источников	95

Введение

В настоящее время все большую популярность набирают методы изготовления деталей путем спекания или сплавления порошков. Данные методы весьма разнообразны, это и непосредственное спекание под высоким давлением или бурно развивающиеся технологии 3D «печати» металлом. С развитием этих технологий все больше возрастают требования к исходному сырью – металлическому порошку. Частицы порошка должны состоять из необходимого сплава, а их размер строго нормирован.

Одним из способов получения металлических порошков, является электрический взрыв проводника. На данный момент созданы опытные установки производительностью до 500 г/час металлического порошка. Однако порошки, полученные по методу ЭВП, представляют собой смесь микронных частиц, образующихся при плавлении части взрываемого проводника, и нанометровых частиц образующихся из паровой фазы продуктов взрыва. Существующие установки не обладают возможностью разделения этих фаз.

Модернизация системы улавливания порошка с целью разделения микронных частиц от нанометровых является актуальной задачей.

Цель данной работы – спроектировать и выполнить расчёт циклонного фильтра для улавливания микронных частиц порошка. Для этого необходимо выполнить следующие задачи:

- выбрать тип циклона обеспечивающего улавливание частиц размером до 2-10 мкм;
- выполнить расчет циклона;
- рассчитать необходимые узлы и выполнить рабочие чертежи.

Объектом исследования в данной работе является циклон для улавливания частиц размером около 3 мкм, а предметом исследования – проектирование и расчет отдельных узлов данного циклона.

1. Обзор литературы

Нанодисперсные порошки можно получить, используя два типа технологий. Первый тип основан на химических процессах, к нему относятся: химическое осаждение из паровой фазы, высокоэнергетический синтез, осаждение из растворов и разложение нестабильных соединений. Второй тип основан на физических процессах, к нему относятся: механическое измельчение, распыление расплава и физическое осаждение из паровой фазы. Электрический взрыв проводника относится к физическим методам получения порошка. Сутью метода является разрушения отрезка металлического проводника импульсом тока большой плотности [1]. Процесс сопровождается яркой вспышкой света, резким звуком и ударной волной, распространяющейся в окружающей проводник среде. Под действием импульса тока проводник разрушается на мелкие частицы металла и пар. Эти продукты разрушения разлетаются с большой скоростью, в результате чего быстро охлаждаются с образованием частиц размером от нескольких нанометров до нескольких микрон.

Схема установки для получения металлических порошков представлен на рисунке 1.

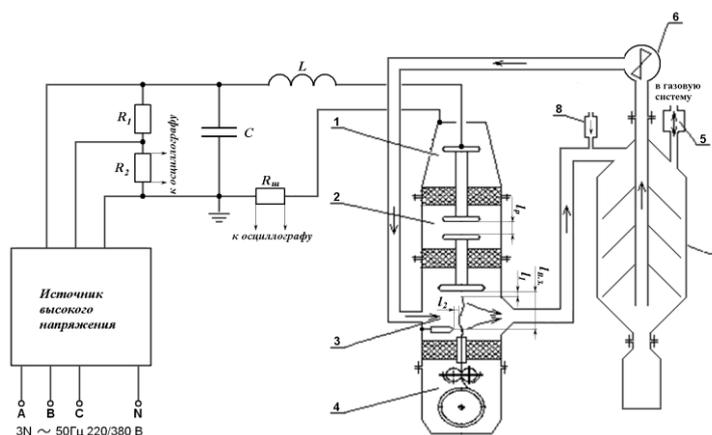


Рисунок 1 - Схема установки по производству нанопорошков

- 1 – высоковольтный ввод, 2 – коммутатор, 3 – реактор, 4 – устройство подачи проволоки,
5 – фильтр напуска и забора газа, 6 – вентилятор, 7 – устройство улавливания порошка,
8 – ротаметр

Установка работает следующим образом. Источник энергии заряжает емкостной накопитель энергии C до напряжения U_0 и с помощью разрядника P коммутируется на взрываемый проводник. Поглощая энергию, проводник нагревается, плавится, нагревается в жидком состоянии и взрывается. Продуктами взрыва служат металлический пар и капли, которые в последствии кристаллизуются в частицы микронного и нанометрового размеров. Важной задачей данной технологии, является задача нахождения таких условий получения МНП, которые будут обеспечивать с одной стороны высокую дисперсность, а с другой стороны, узкое распределение частиц по размерам. Влияние на свойства получаемых порошков осуществляется через изменение начальных условий взрыва – емкости и напряжения заряда конденсатора, длины и диаметра взрываемого проводника, а так же посредством изменения состава и давления газа в котором осуществляется ЭВП. Если проблема регулирования свойств получаемого порошка в данное время хоть как то решена, то работы по совершенствованию технологического исполнения установок по получению порошка постоянно продолжаются. Наиболее остро стоит проблема разделения двух фракций порошка при его сборе. Так как процесс получения частиц происходит в газовой среде, то для решения данной задачи следует рассмотреть вопросы улавливания твердых частиц в газовой атмосфере.[2]

1.1. Разделения газовой смеси

Проблема разделения воздуха от различных частиц, конкретные способы и технологии достаточно широко освещены в литературе, существует множество исследований этого вопроса.

Сила тяжести и сила диффузии являются естественными силами осаждения пылевых частиц, но в промышленных объёмах они недостаточны – в современных аппаратах пылеочистой техники используется сила более

интенсивного, искусственно нагнетаемого, силового поля. Тем не менее, осаждение особо крупных частиц иногда может быть осуществлено посредством естественного гравитационного поля.

Спектр конструкций пылеочистой техники сейчас очень многообразен. Но сотни видов различных конструкций таких аппаратов являются всего лишь вариантами аппаратурного оформления. Принципы осаждения и задержания взвешенной фазы остаются неизменными для абсолютного большинства аппаратов.

По признаку природы силы, используемой в пылеулавливающем аппарате для разделения пыли и газового потока, различают три основных вида конструкций:

- пылеосадительные камеры;
- циклоны;
- тканевые фильтры.

Последовательно рассмотрим принцип работы каждого из них более детально.

1.2. Пылеосадительные камеры

Пылеосадительная камера является простейшим сепаратором твердых взвешенных частиц. Основная используемая сила – гравитационное воздействие. Принцип работы – движение запыленного газового потока происходит с низкой скоростью, частицы пыли осаждаются гравитационно [3].

Пылеосадительные камеры относятся к категории экстенсивного оборудования, их рабочие объёмы и занимаемые площади весьма значительны. Это происходит потому, что процесс гравитационной очистки (до достижения приемлемой уровни эффективности очистки) требует весьма продолжительного времени при незначительной скорости движения

пылевого потока. При этом аппараты (пылеосадительные камеры и пылевые мешки) обладают относительно незначительным гидравлическим сопротивлением (в районе 50...300 Па).

Основное применение – устройства предварительной обработки газа (отделения частиц особо крупных размеров, более 100 мкм) для разгрузки аппаратов последующих ступеней разделения. Средняя расходная скорость движения газов в пылеосадительных камерах колеблется от 0,2 до 1 м/с, в пылевых мешках повышается до 1-1,5 м/с

Наиболее распространенные конструкции пылеосадительных камер и пылевых мешков. Представлены на рисунке номер 2.

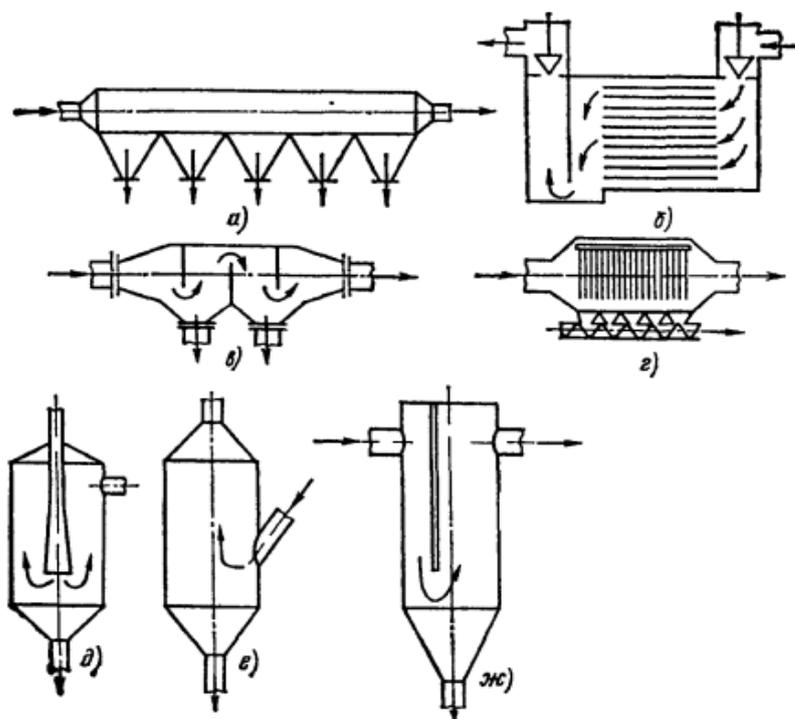


Рис. 2. Пылеосадительные камеры и простейшие пылеосадители инерционного действия:

- а – простейшая пылеосадительная камера; б – многополочная камера;
- в – камера с перегородками; г – камера с цепными или проволочными завесами;
- д – пылевой «мешок» с центральным подводом газа;
- е - пылевой «мешок» с боковым подводом газа;
- ж – пылеосадитель с отражательной перегородкой.

Пылеосадительные камеры могут снабжаться диффузорами и газораспределительными решетками (для равномерного распределения газа по сечению) или же горизонтальными/наклонными полками для снижения высоты осаждения частиц.

Добавление в камеру горизонтальных полок или пластин превращает её в группу небольших параллельных камер. Известно, что уменьшение пути падения частиц влечёт повышение эффективности их улавливания с помощью гравитационных сил – подобная технология позволяет достичь этого эффекта. Иногда конструкция предусматривает также обустройство цепных и проволочных завес или отклоняющихся перегородок, что также способствует увеличению их эффективности – позволяет использовать также эффекты инерционного осаждения частиц при обтекании потоком газов разных препятствий.

Инерционные силы могут также усилить гравитационный эффект, если к верхней панели камеры прикреплен вертикальный экран – инерционная сила возникает при искривлении линий протока газовой смеси, таким образом, при обтекании потоком нижнего края экрана частицы окажутся увлечены вниз силой инерции.

1.3. Циклоны

Циклоны на данный момент являются самым распространённым устройством в пылеочистительных системах.

Основной принцип работы такой системы – закручивание потока газа в пространстве, ограниченном стенками цилиндра. Осаждение частиц осуществляется отбрасыванием частиц пыли на стенки цилиндра вследствие действия центробежной силы. Отброшенные частицы попадают в бункер. [4]

Основное преимущество циклонов в том, что они просты в изготовлении и надёжны в эксплуатации, в том числе при высоких давлениях

и температурах. Также они обеспечивают эффективность очистки на уровне 80-95%, обеспечивая оседание частиц крупнее 10 мкм. Циклоны в основном используются перед высокоэффективными системами пылеочистки (такими как, например, тканевые или электрофильтры). Для некоторых производств циклоны обеспечивают достаточную эффективность очистки для выброса газа в атмосферу.

Основные виды циклонов – это противоточные циклоны (рис.3) и прямоточные циклоны (рис.4), в которых газ движется вдоль одной оси, что обеспечивает куда меньшую эффективность, чем у противоточных циклонов.

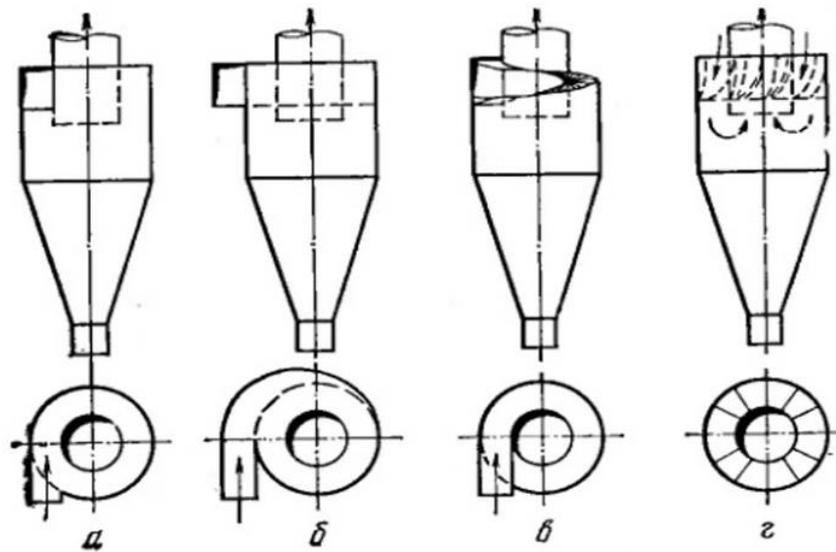


Рис. 3. Разновидности входов в противоточный циклон.

а - тангенциальный; б – с загибом; в – по спирали; г - по оси.

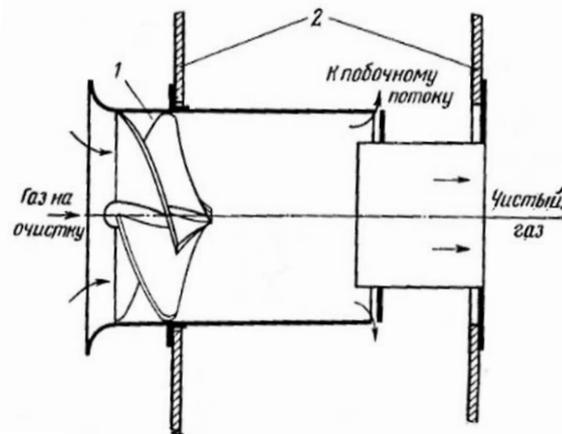


Рис. 4.Прямоточные циклоны с неподвижным импеллером. 1 - неподвижные лопасти;

2 - пылесборник

Схема действия:

1. Поток загрязнённого пылью газа вводится в циклон через входной патрубок тангенциально в верхней части;
2. Формируется закрученный вращающийся поток газа, направленный к конической части аппарата, находящейся внизу;
3. Под воздействием силы инерции (центробежной силы) частицы пыли выносятся из потока и отбрасываются на стенки аппарата, затем, будучи захвачены вторичным потоком, попадают в нижнюю часть аппарата и через выпускное отверстие в бункер для сбора пыли;
4. Хорошо очищенный от пыли поток газа движется снизу вверх и выводится из циклона через соосную выхлопную трубу;
5. Собранная пыль может быть в дальнейшем подвержена переработке.[5]

Также циклоны можно разделить по типу конструкции корпуса на цилиндрические (Рис. 5) и конические (Рис. 6). В цилиндрических циклонах корпус выполнен с удлиненной цилиндрической частью, а в конических – с удлиненной конической частью.

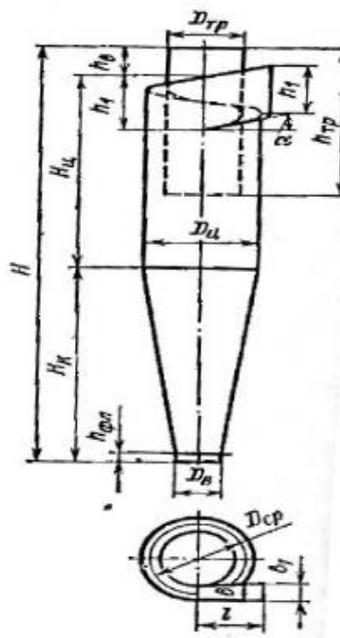


Рис. 5. цилиндрический циклон.

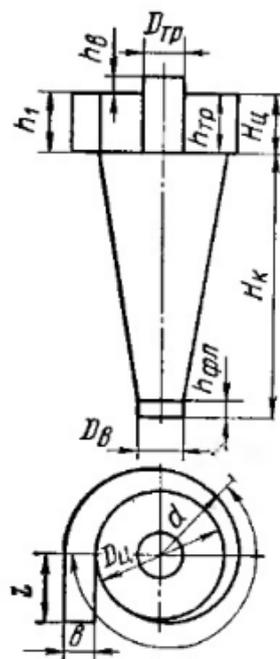


Рис. 6 конический циклон.

В Российской Федерации наиболее распространены цилиндрические циклоны конструкции НИИОГАЗа (рис.5). Среди их особенностей можно выделить наклонный входной патрубок, сравнительно короткая цилиндрическая часть и выхлопная труба, а также сравнительно небольшой угол раскрытия конической части. Эти особенности конструкции способствуют снижению гидравлического сопротивления всей системы, направляя закрученный газовый поток вниз. Ещё один вариант конструкции – установка на выхлопной трубе т.н. улитки, раскручивающей вращающийся поток газа.

Выделяют три типа цилиндрических циклонов конструкции НИИОГАЗа основной серии ЦН. Их основное различие – угол наклона входного патрубка к горизонту:

1. а) ЦН–15 с углом наклона 15° , нормальный и укороченный (ЦН–15у);
2. б) ЦН–11 с углом наклона 11° , повышенной степенью очистки и большим гидравлическим сопротивлением;
3. в) ЦН–24 с углом наклона 24° , повышенной пропускной способностью при меньшей степени очистки и гидравлическом сопротивлении.

В России и СНГ для циклонов принят стандартизированный ряд внутренних диаметров (D): 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2400 и 3000 мм. Для всех одиночных циклонов бункеры выполняются цилиндрическими с коническим днищем. Диаметр бункера принимают $1,5 D$ для цилиндрических и $1,1...1,2 D$ для конических циклонов. Высота цилиндрической части бункера – $0,8 D$, угол конусности стенок днища – 60° . [6]

Эффективность очистки газа в циклонах по большей части определяется дисперсным составом и плотностью частиц загрязнения, а также вязкостью самого газа, которая зависит от его температуры. При

уменьшении диаметра циклона и повышении скорости газа в циклоне эффективность очистки возрастает. Именно по этой причине, диаметры серийно выпускаемых циклонов не превышают 5 м.

Циклоны, как правило, используют для грубой и средней очистки воздуха и потоков газа от сухой неслипающейся пыли. Основным недостатком циклонов считается их сравнительная неэффективность в очищении потока газа от мелкодисперсных частиц пыли (до 10 мкм). Однако циклоны высокой эффективности способны улавливать до 80 и более процентов пыли размером до 10 мкм.

1.4. Тканевые фильтры

Тканевые фильтры также распространены достаточно широко. Рукавные тканевые фильтры повсеместно применяются для очистки больших объемов загрязнённого воздуха (и смеси газов) с высокой концентрацией пыли. Фильтрующие элементы в таких устройствах – это рукава из специальной фильтровальной ткани.[7]

Рукавные фильтры обеспечивают крайне эффективную очистку воздуха от частиц пыли размером менее 1 мкм. Тканевые фильтры широко распространены на предприятиях черной и цветной металлургии, химической промышленности, промышленности строительных материалов, пищевой промышленности, в энергетических установках и др.

Разделяют всасывающие и нагнетательные рукавные фильтры.

Всасывающие фильтры устанавливаются до вентилятора, на его всасывающей линии. Их основным недостатком считается наличие значительных подсосов воздуха.

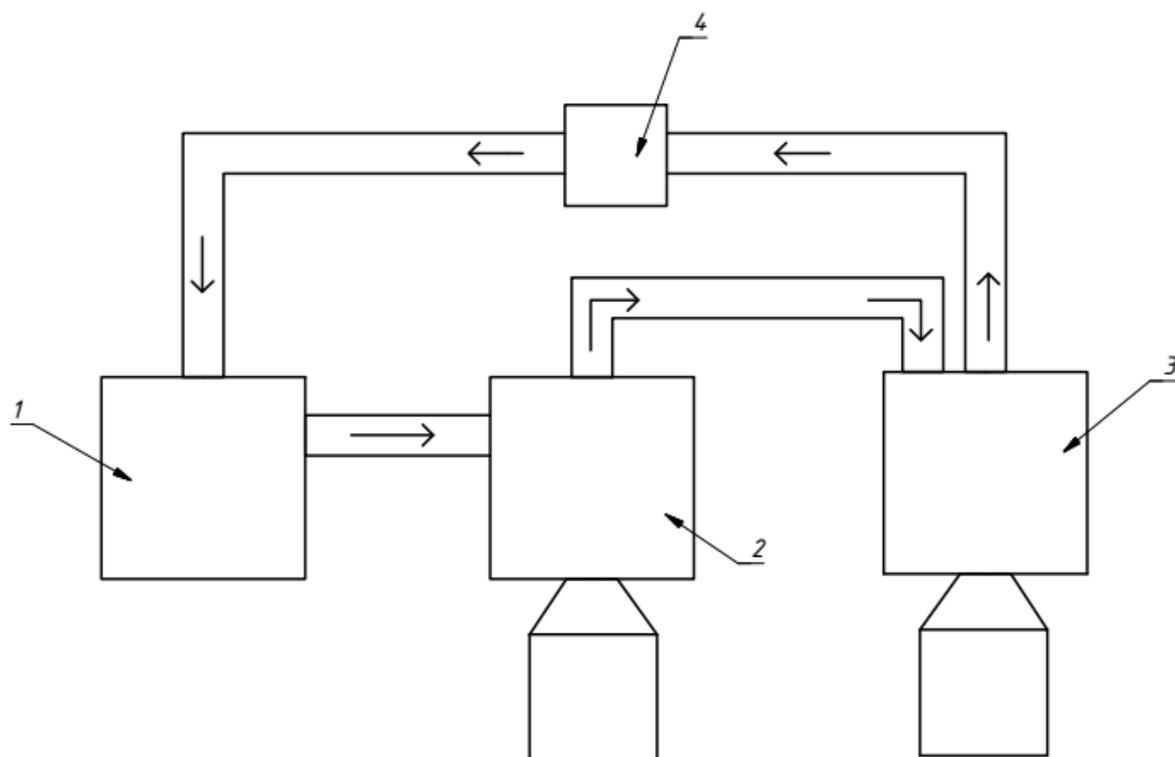
Нагнетательные рукавные фильтры устанавливаются на нагнетательной линии. Их достаточно серьёзным недостатком, из-за которого их применение зачастую не рекомендовано, является то, что очищенный в

рукаве воздух поступает непосредственно в помещение. В некоторых случаях происходит выбивание пыли в помещение, что совершенно недопустимо при очистке воздуха от пожаро- или взрывоопасной пыли. Также, прохождение загрязненного воздуха через вентилятор существенно снижает срок его работы.

Существует широкий ряд разнообразных конструкций тканевых фильтров, различающихся формой корпуса, диаметром и длиной рукавов, видом применяемой фильтровальной ткани, способом регенерации и др.

Таким образом, для улавливания частиц пыли, в нашем случае металлических железных частиц со средним размером частиц около 3 мкм, наиболее подходящим является аппарат вида циклон. Так как имеет сравнительно небольшие габариты, обеспечивает достаточно высокую степень очистки, прост в изготовлении и эксплуатации.

2. Технологическая схема процесса получения металлического порошка



1. Реактор, в котором происходит ЭВП;
2. Циклон для улавливание нанометровых частиц;
3. Циклон для улавливания наномикронных частиц;
4. Вентилятор.

Рис. 7. Технологическая схема процесса получения металлического порошка

Технологическая схема состоит из реактора, двух пылеулавливающих циклонов с бункерами и вентилятора.

В реакторе происходит ЭВП с образованием металлических частиц, которые с потоком газа аргона, переносятся в первый пылеулавливающий циклон, где происходит осаждение микронных частиц. Затем газ, с оставшимися частицами металла, переносится во второй циклон, где происходит улавливание необходимых нам наночастиц. Газ из второго циклона, с помощью вентилятора, возвращается обратно в реактор.

3. Технологический расчёт

Исходные данные:

Газ - аргон

Частица пыли - железо

$Q_p = 200 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,0555 \text{ м}^3/\text{с}$, количество очищаемого газа.

$\rho_{(\text{газа})} = 1,78 \text{ кг}/\text{м}^3$, плотность газа при рабочих условиях.

$\mu_{(\text{газа})} = 22,5 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$, вязкость газа.

$d_m = 3 \text{ мкм}$, средний размер частиц пыли.

$lg\sigma_c = 0,3$ дисперсность пыли.

$C_{вх} = 0,5 \text{ г}/\text{м}^3$, входная концентрация пыли.

$\rho_{(\text{частиц})} = 7800 \text{ кг}/\text{м}^3$, плотность частиц пыли.

$P = 0,6 \text{ МПа}$ – внутреннее давление

$t = 25^\circ\text{C}$ – температура газа

3.1. Материальный баланс циклона СДК-ЦН-33

Массовый расход воздуха определяется по формуле:

$$G = Q_p \cdot \rho_g = 200 \cdot 1,78 = 356 \text{ кг/час}$$

Массовый расход пыли в час определяем по формуле:

$$G_{\text{п}} = Q_p \cdot C_{\text{вх}} = 200 \cdot 0,5/1000 = 0,1 \text{ кг/час}$$

Пыль в бункере определяем по формуле:

$$П = G_{\text{п}} \cdot 0,8 = 100 \cdot 0,8/1000 = 0,08 \frac{\text{кг}}{\text{час}}$$

Где 0,8 – степень отчистки циклона.

Результаты расчетов заносим в таблицу 1.

Таблица 1

ПРИХОД				РАСХОД			
№	Поток	Кг/час	%	№	Поток	Кг/час	%
1	Газ на очистку, в том числе:	256,1	100		Сбрасываемые газы, в том числе:	256,92	100
	1.1 Аргон	256	99,9		1.1 Аргон	256	99,6
	1.2 Пыль	0,1	0,1		1.2 Пыль	0,92	0,4
				2	Пыль в бункере	0,08	100
ВСЕГО:		256,1		ВСЕГО:		256,1	

3.2. Расчет размеров циклона

Исходя из того что средний размер частиц 3 мкм, наиболее подходящим нам циклоном является циклон типа СДК-ЦН-33 (таблица 2.8 [8]).

Определяем оптимальную скорость газа в аппарате

$$\omega_{\text{опт}} = 2 \text{ м/с,}$$

Определяем необходимую площадь сечения циклона:

$$F = \frac{Q_p}{\omega_{\text{опт}}} = \frac{0,0555}{2} = 0,02777 \text{ м}^2$$

Определяем диаметр циклона, задаваясь количеством циклонов N=1:

$$D = \sqrt{\frac{F}{0,785 \cdot N}} = \sqrt{\frac{0,02777}{0,785 \cdot 1}} = 0,1881 \text{ м}$$

Диаметр циклона округляем до значения, указанного в таблице 2.2 [8]

Принимаем D = 0,2 м

Корпус будет выполнен из трубы, поэтому по ГОСТ 9940-81 принимаем ближайший диаметр трубы [11]

$$D = 0,219 \text{ м}$$

Вычисляем действительную скорость газа в циклоне:

$$\omega = \frac{V_2}{0,785 \cdot N \cdot D^2} = \frac{0,0555}{0,785 \cdot 1 \cdot 0,219^2} = 1,7692 \text{ м}$$

Скорость газа в циклоне не должна отклоняться от оптимальной более чем на 15%. В данном случае отклонение составляет 12 %, что допустимо.

Рассчитываем коэффициент гидравлического сопротивления циклона:

$$\zeta = K_1 \cdot K_2 \cdot \zeta_{\psi 500}^c + K_3$$

где

$\zeta_{\psi 500}^c = 520$ - коэффициент гидравлического сопротивления, соответствующий данному циклону, принимаем по таблице 2.10 [8]

$K_1 = 1$ - поправочный коэффициент на диаметр циклона, определяемый по таблице 2.11 [8]

$K_2 = 1$ - поправочный коэффициент на запыленность газа, определяемый по таблице 2.12 [8]

$K_3 = 35$ - коэффициент, учитывающий дополнительные потери давления, определяемый по таблице 2.13 [8]

$$\zeta = 1 \cdot 1 \cdot 520 + 35 = 555$$

Определяем потери давления в циклоне:

$$\Delta P = \zeta \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} = 555 \cdot \frac{1,78 \cdot 1,769^2}{2} = 520 \text{ Па}$$

Приняв по таблице 2.8 два параметра, характеризующих эффективность выбранного типа циклона, определяем значение параметра d_{50} при рабочих условиях (диаметр циклона, скорость потока, плотность пыли, динамическая вязкость газа) по уравнению:

$$d_{50} = d_{50}^T \sqrt{\left(\frac{D}{D_T}\right) \left(\frac{\rho_{\psi}}{\rho_T}\right) \left(\frac{\mu}{\mu_T}\right) \left(\frac{\omega}{\omega_T}\right)} = 2,31 \sqrt{\left(\frac{0,2}{0,2}\right) \left(\frac{7800}{1930}\right) \left(\frac{22,2}{22,5}\right) \left(\frac{1,769}{2}\right)}$$

$$= 2,5 \text{ мкм}$$

Определяем параметр X по формуле:

$$X = \frac{\lg \frac{d_m}{d_{50}}}{\sqrt{\lg^2 \sigma_{\eta} + \lg^2 \sigma_{\psi}}} = \frac{\lg \frac{3}{2,538}}{0,364} = 0,199$$

Определяем по таблице 1.11 значение $\Phi(X)$, представляющее собой полный коэффициент очистки газа, выраженный в долях:

$$\Phi(0,199)=0,5793$$

Фактическая скорость очистки:

$$\eta = 50(1 + \Phi(X)) = 50(1 + 0,5793) = 78,9 \%$$

Для проектирования и построения циклона необходимы геометрические размеры. Для этого используем табл. 2.3 [9,12] «Соотношение размеров в долях диаметра D».

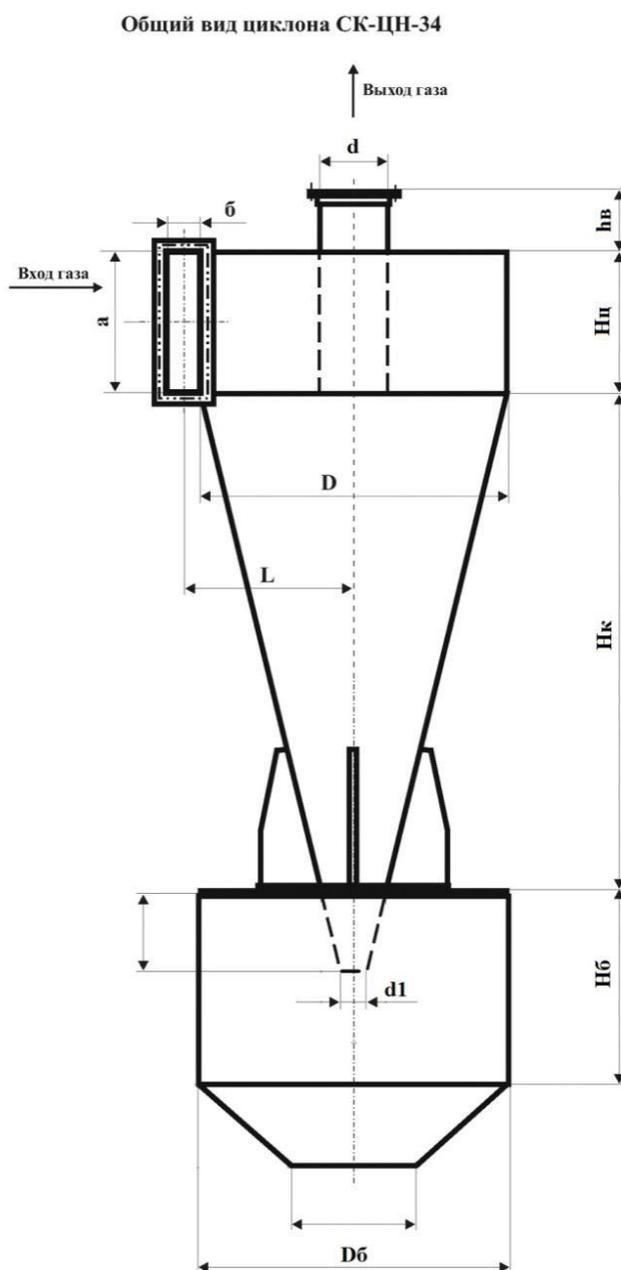


Рис. 8. Общий вид циклона СДК-ЦН-33

Высота цилиндрической части циклона $H_{ц}$:

$$H_{ц}=0,535 \cdot 219 \text{ мм} = 107 \text{ мм}$$

Высота конической части циклона $H_{к}$:

$$H_{к}=3 \cdot 219 \text{ мм} = 657 \text{ мм}$$

Внутренний диаметр выхлопной трубы d :

$$d=0,334 \cdot 219 \text{ мм} = 73,1 \text{ мм}$$

Примем ближайший диаметр трубы по ГОСТ 9941-81[10]

$$d=78 \text{ мм}$$

Внутренний диаметр пылевыпускного отверстия d_1 :

$$d_1=0,334 \cdot 219 \text{ мм} = 68,8 \text{ мм}$$

Ширина входного патрубка b :

$$b=0,264 \cdot 219 \text{ мм} = 52,8 \text{ мм}$$

Высота внешней части выхлопной трубы h_b :

$$h_b=0,3 \cdot 219 \text{ мм} = 60 \text{ мм}$$

Высота установки фланца $h_{фл}$:

$$h_{фл} = 0,1 \cdot 219 \text{ мм} = 21,9 \text{ мм}$$

Высота входного патрубка a :

$$a=0,535 \cdot 219 \text{ мм} = 107 \text{ мм}$$

Патрубок будет выполнен из трубы, поэтому по ГОСТ 9940-81 принимаем ближайший диаметр трубы [11]

$$d_a=108 \text{ мм}$$

Длина входного патрубка, l :

$$l=0,6 \cdot 219 \text{ мм} = 120 \text{ мм}$$

Высота заглибления выхлопной трубы h_T :

$$h_T = 0,535 \cdot 219 \text{ мм} = 107 \text{ мм}$$

Диаметр бункера $D_б$:

$$D_б=1,5 \cdot 219=300 \text{ мм}$$

Высота цилиндрической части бункера:

$$H_б = 0,8 \cdot 219 = 160 \text{ мм}$$

Днище бункера выполняется по ГОСТу 1260 – 67 с углом наклона стенок

$$\alpha = 60^{\circ}$$

Конус циклона входит в бункер на глубину не менее 0,8 диаметра пылеотводящего патрубка.

Так как циклон работает не при атмосферном давлении, а при повышенном, целесообразно входной патрубок делать не прямоугольным, а круглым. Что бы скорость потока и расход газа не изменились, площадь сечения круга и прямоугольника должна совпадать.

Рассчитаем улитку циклона, для этого разделим окружность на части и найдем r_t :

$$r_t = \frac{D}{2} + \frac{b \cdot \varphi}{2\pi}$$

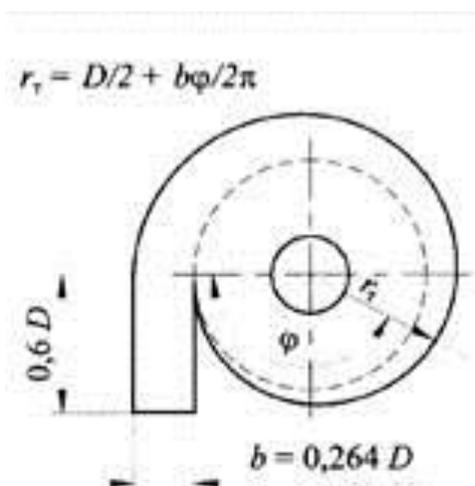


Рис. 9. Исполнение улитки

При угле 0° :

$$r_t = \frac{D}{2} + \frac{b \cdot \varphi}{2\pi} = \frac{219}{2} + \frac{52,8 \cdot 0}{2\pi} = 100 \text{ мм}$$

При угле 30° :

$$r_t = \frac{D}{2} + \frac{b \cdot \varphi}{2\pi} = \frac{219}{2} + \frac{52,8 \cdot \frac{\pi}{6}}{2\pi} = 104,4 \text{ мм}$$

При угле 60°:

$$r_t = \frac{D}{2} + \frac{b \cdot \varphi}{2\pi} = \frac{219}{2} + \frac{52,8 \cdot \frac{\pi}{3}}{2\pi} = 108,8 \text{ мм}$$

При угле 90°:

$$r_t = \frac{D}{2} + \frac{b \cdot \varphi}{2\pi} = \frac{219}{2} + \frac{52,8 \cdot \frac{\pi}{2}}{2\pi} = 113,2 \text{ мм}$$

При угле 120°:

$$r_t = \frac{D}{2} + \frac{b \cdot \varphi}{2\pi} = \frac{219}{2} + \frac{52,8 \cdot \frac{2\pi}{3}}{2\pi} = 117,6 \text{ мм}$$

При угле 150°:

$$r_t = \frac{D}{2} + \frac{b \cdot \varphi}{2\pi} = \frac{219}{2} + \frac{52,8 \cdot \frac{5\pi}{6}}{2\pi} = 122 \text{ мм}$$

При угле 180°:

$$r_t = \frac{D}{2} + \frac{b \cdot \varphi}{2\pi} = \frac{219}{2} + \frac{52,8 \cdot \pi}{2\pi} = 126,4 \text{ мм}$$

При угле 240°:

$$r_t = \frac{D}{2} + \frac{b \cdot \varphi}{2\pi} = \frac{219}{2} + \frac{52,8 \cdot \frac{4\pi}{3}}{2\pi} = 135,2 \text{ мм}$$

При угле 270°:

$$r_t = \frac{D}{2} + \frac{b \cdot \varphi}{2\pi} = \frac{219}{2} + \frac{52,8 \cdot \frac{3\pi}{2}}{2\pi} = 139,6 \text{ мм}$$

При угле 300°:

$$r_t = \frac{D}{2} + \frac{b \cdot \varphi}{2\pi} = \frac{219}{2} + \frac{52,8 \cdot \frac{5\pi}{3}}{2\pi} = 144 \text{ мм}$$

При угле 360°:

$$r_t = \frac{D}{2} + \frac{b \cdot \varphi}{2\pi} = \frac{219}{2} + \frac{52,8 \cdot 2\pi}{2\pi} = 152,8 \text{ мм}$$

3.3. Расчёт размеров фланцевых соединений

Принимаем фланцы стальные плоские приварные, типа шип паз. Берем стандартные размеры болтов и фланца, рекомендуемые по ГОСТ 12820 – 80 [13]. Так же принимаем болты, гайки и шайбы согласно ГОСТ 7798-70, ГОСТ 5915-70 и ГОСТ 11371-78.[14, 15, 16]

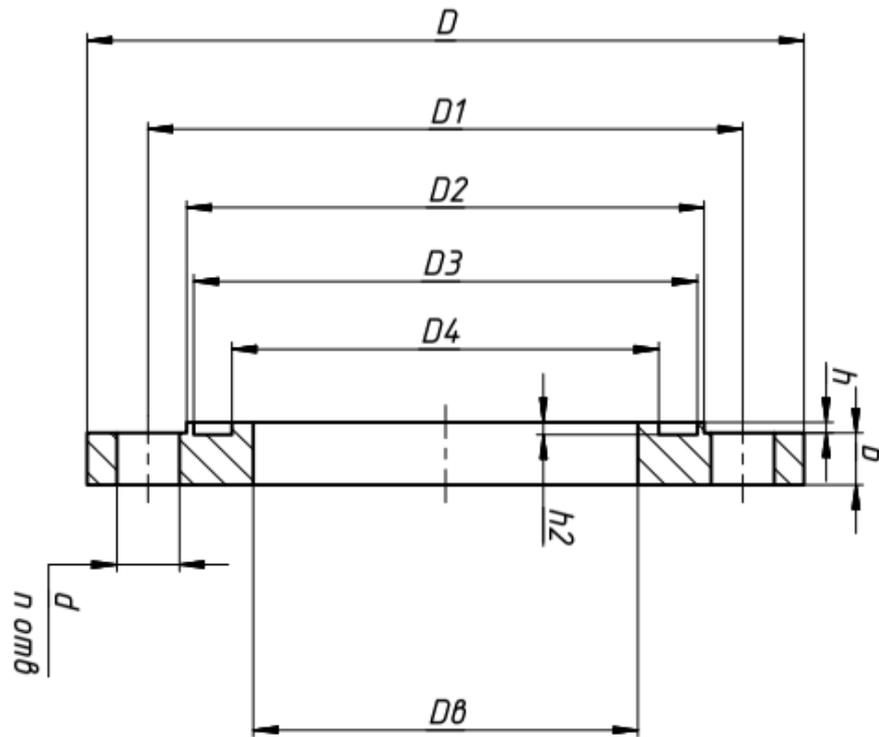


Рис. 10. Исполнение фланца с пазом [13, 17].

Таблица 2. Конструктивные размеры фланцев с пазом по ГОСТ 12820 – 80 [13, 17].

Таблица 2

Исполнение	D	D1	D2	D3	D4	d	n	h	h2	Диаметр	dв	b
Фланец 78	160	130	110	104	88	14	4	3	3	M12	78	13
Фланец 110	205	170	148	144	122	18	4	3	3,5	M16	110	15
Фланец 222	315	280	258	252	230	18	8	3	3,5	M16	222	19
Фланец 325	435	395	365	357	335	22	12	4	3,5	M20	325	20

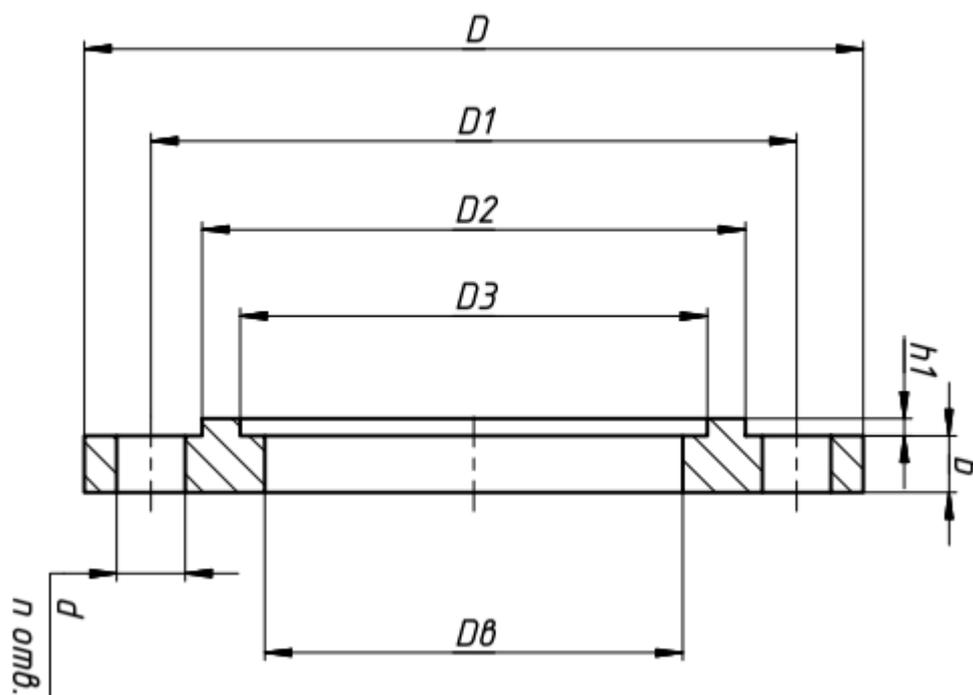


Рис. 11. Исполнение фланца с шипом [13, 17].

Таблица 3. Конструктивные размеры фланцев с шипом по ГОСТ 12820 – 80 [13, 17].

Таблица 3.

Исполнение	D	D1	D2	D3	d	n	h1	Диаметр	dв	b
Фланец 222	315	280	251	231	18	8	3	M16	222	19
Фланец 325	435	395	395	336	22	12	4,5	M20	325	20

4. Выбор конструкционных материалов

Аппарат выполняем из стали 12Х18Н10Т. Это одна из самых распространенных среди нержавеющей сталей. Преимуществами этого вида материала является высокая ударная вязкость и высокая пластичность. Марка сплава относится к аустенитному классу, значит, она проходит термическую обработку. Эта процедура заключается в процессе закаливания при температуре от 1050 до 1080 градусов по Цельсию, с последующим охлаждением материала в воде. Проведение данной процедуры обеспечивает достижение максимальных показателей вязкости и пластичности. Прочность, а также твердость материала будут примерно на среднем уровне.

Прокладку для фланцев выбираем паронитовую. Паронит представляет собой листовый уплотнительный материал, который образуется при помощи прессовки асбеста и каучука. Все изделия, изготовление которых происходит путем прессования асбестового волокна, способны выдерживать высокое давление, а так же паронитовая прокладка сохраняет свои свойства при различных температурах.

5. Механический расчёт циклона

Целью механического расчета проектируемого циклона является определение размеров отдельных элементов, обеспечивающих безопасную эксплуатацию за счет достаточной механической прочности, плотности разъемных соединений, и необходимой долговечности.

На рис. 12 изображена расчетная модель циклона.

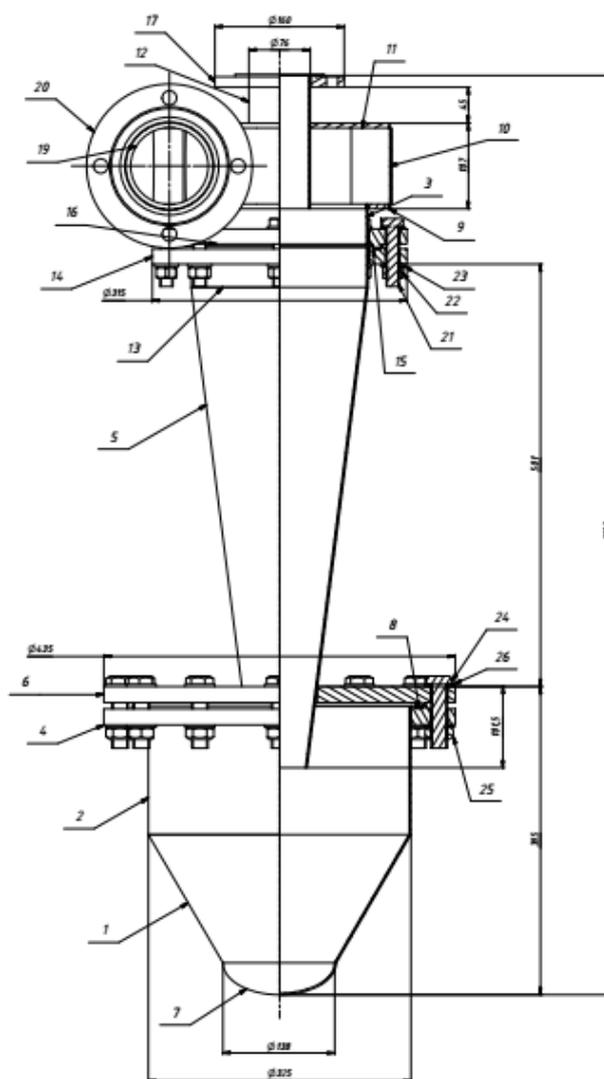


Рис. 12 Расчетная модель циклона.

1-конус бункера; 2-цилиндр бункера; 3-верхняя цилиндрическая часть циклона; 4-фланец паз 325; 5-коническая часть циклона; 6-фланец шип 325; 7-заглушка бункера; 8-прокладка 325; 9-нижняя улитка; 10-корпус улитки; 11-верхняя улитка; 12-выхлопной патрубков; 13-нижняя цилиндрическая часть циклона; 14-фланец паз 219; 15-прокладка 219; 16-фланец шип 219; 17-фланец паз 78; 18-входной патрубков; 19-фланец паз 196; 20-болт М16; 21-гайка М16; 22-шайба М16; 23-болт М20; 24-гайка М20; 25-шайба М20.

5.1. Расчет конической обечайки

Исходные данные:

$$D := 219\text{MM}$$

$$\alpha := 60 \cdot \text{deg}$$

$$D_0 := 68\text{MM}$$

$$H_p := 107\text{MM}$$

$$t := 25^0\text{C}$$

$$\rho_c := 178 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)$$

$$P := 0.6\text{МПа}$$

$$\rho := 99 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)$$

$$P_{\text{руб}} := 0.4\text{МПа}$$

$$g := 9.81\text{м/с}^2$$

Материал - сталь 12Х18Н10Т

Расчет цилиндрической и конической обечайке проводим согласно ГОСТ Р52857.2-2007[20]

Цель расчета заключается в обеспечении прочности обечайки под действием внутреннего избыточного давления

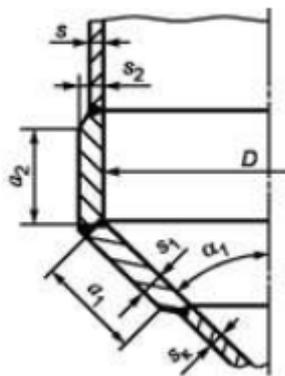


Рис. 13 Соединение конической и цилиндрической обечайек без тороидального перехода
Коническая обечайка на рис. 12 отмечена под позицией 5.

Определение расчетных параметров

Расчетная температура

$$t_p := \max(t, 20)$$

$$t_p = 25$$

Проверка условия, что расчетная температура не превышает значений, при которых должна учитываться ползучесть металлов, т. е. при температурах, когда допускаемое напряжение определяется только по пределу текучести или временному сопротивлению (пределу прочности). Если точных данных не имеется, то формулы применимы при условии, что расчетная температура стенки обечайки из углеродистой стали не превышает 380 °С, из низколегированной стали — 480 °С и из аустенитной — 525 °С.

$$t_s := 380$$

$$Us1 := \begin{cases} \text{"Условие применения стали выполняется"} & \text{if } t_p \leq t_s \\ \text{"Условия применения формул НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Us1 = \text{"Условие применения стали выполняется"}$$

Допускаемое напряжение для стали 12X18H10T при расчетной температуре:

В рабочем состоянии

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

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

$$t_p := 25$$

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

$$\sigma_d = 183 \text{ МПа}$$

Так как аппарат изготавливается из листового проката

$$\eta := 1$$

$$\sigma_d := \eta \cdot \sigma_d$$

$$\sigma_d = 183$$

Расчетное значение предела текучести при 20 °С для стали 12Х18Н10Т

$$R_{e20} := 225 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{и} := \text{Floor}\left(\frac{R_{e20}}{1.1}, 0.5\right)$$

$$\sigma_{и} = 204.5 \text{ МПа}$$

Расчетное значение внутреннего избыточного давления

$$P_p := P + \frac{\rho \cdot g \cdot H_p}{10^9}$$

$$P_p = 0.601 \text{ МПа}$$

Для бесшовных элементов сосудов

Принимаем

$$\phi_p := 1$$

Суммарная прибавка к расчетной толщине стенки:

$$c := 1 \text{ мм}$$

5.2. Расчет цилиндрической обечайки

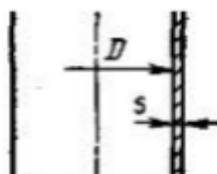


Рис. 14 Расчетная схема цилиндрической обечайки

Цилиндрическая обечайка на рис. 12 отмечена под позицией 13.

Целью данного расчета является обеспечение прочности конической обечайки под действием внутреннего давления

Максимальная исполнительная толщина стенки из условия прочности

$$s_p := \max\left(P_p \cdot \frac{D}{2 \cdot \phi_p \cdot \sigma_d - P_p}, P_{н.р} \cdot \frac{D}{2 \cdot \phi_p \cdot \sigma_d - P_{н.р}}, P_{и} \cdot \frac{D}{2 \cdot \phi_p \cdot \sigma_{и} - P_{и}}\right)$$

$$s_p = 0.405$$

$$s_1 := \text{Ceil}(s_p + c, 1)$$

$$s_1 = 2 \text{ мм}$$

Максимальная исполнительная толщина стенки из условий устойчивости

$$B := \max \left[1.0, 0.47 \cdot \left(\frac{P_{н.р}}{E \cdot 10^{-5}} \right)^{0.067} \cdot \left(\frac{H_p}{D} \right)^{0.4} \right]$$

$$B = 1$$

$$s_p := \max \left[1.06 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{D}{B} \cdot \left(\frac{P_{н.р} \cdot H_p}{10^{-5} \cdot E \cdot D} \right)^{0.4}, 1.2 \cdot P_{н.р} \cdot \frac{D}{(2 \cdot \sigma_d - P_{н.р})} \right]$$

$$s_p = 0.91$$

$$s_2 := \text{Ceil}(s_p + c, 1)$$

$$s_2 = 2 \text{ мм}$$

Примем

$$s := \max(s_1, s_2)$$

$$s = 2 \text{ мм}$$

Проверка условия применения формул для обечаек при $D \geq 200$ мм

$$\text{Prov}_1 := \begin{cases} \text{"Условия применения формул выполняются"} & \text{if } \frac{s - c}{D} \leq 0.1 \\ \text{"Условия применения формул НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Prov_1 = "Условия применения формул выполняются"

$$\frac{s - c}{D} = 4.566 \times 10^{-3}$$

Допускаемое внутреннее избыточное давление на цилиндрическую обечайку

Рабочие условия

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

$$P_d = 1.664 \text{ МПа}$$

Условия испытаний

$$P_d := \frac{[2 \cdot \sigma_{и} \cdot \phi_p \cdot (s - c)]}{D + (s - c)}$$

$$P_d = 1.859 \quad \text{МПа}$$

5.3. Расчет толщины стенки конического днища бункера

Целью расчета толщины стенки конического днища, является нахождение допускаемого внутреннего избыточного давления, которое обеспечивает нормальное протекание работы аппарата.

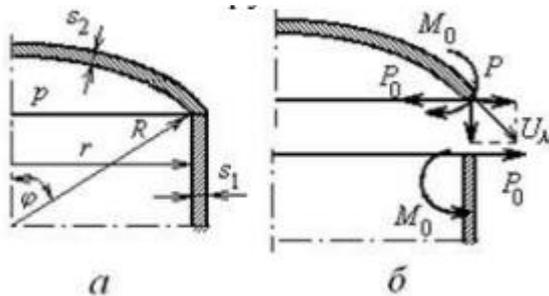


Рис. 15 Расчетная схема конического днища

а - схема нагружения

б - эквивалентная схема

Коническое днище бункера на рис. 12 отмечено под позицией 7.

$$D := 215_{\text{мм}}$$

$$D_k := D$$

Толщина стенки гладкой конической обечайки из условия прочности

$$s_{k1} := \text{Ceil} \left[\frac{P \cdot D_k}{(2 \cdot \phi_p \cdot \sigma_d - P) \cdot \cos(\alpha)} + c, 1 \right]$$

$$s_{k1} = 2 \text{ мм}$$

Допускаемое внутреннее избыточное давление

Рабочие условия

$$P_{dk} := \frac{[2 \cdot \phi_p \cdot \sigma_d \cdot (s_{k1} - c)]}{(s_{k1} - c) + \frac{D}{\cos(\alpha)}}$$

$$P_{dk} = 0.834 \quad \text{МПа}$$

Условия испытаний

$$P_{\text{джи}} := \frac{[2 \cdot \phi_p \cdot \sigma_{\text{и}} \cdot (s_{\text{к1}} - c)]}{(s_{\text{к1}} - c) + \frac{D}{\cos(\alpha)}}$$

$$P_{\text{джи}} = 0.932 \text{ МПа}$$

5.4. Расчет сопряжения цилиндрической и конической обечайки циклона

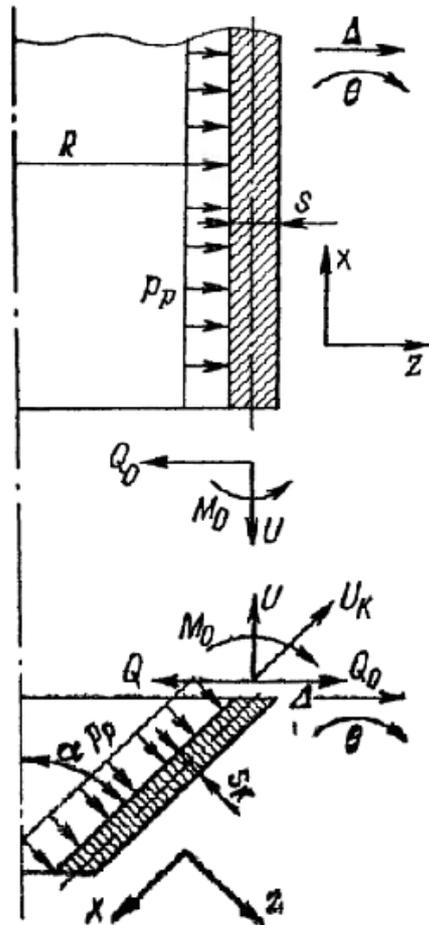


Рис. 16. Расчетная схема соединения цилиндрической обечайки с конической обечайкой

Целью данного расчета является определение краевых нагрузок, возникающих при соединении цилиндрической оболочки с конической оболочкой. Вследствие этого возникают краевые нагрузки, вызывающие местные напряжения в материале сопрягаемых элементов краевая сила Q_0 и

краевой момент M_0 являются реакциями заделки края оболочки, которому мешает свободно деформироваться сопрягаемая деталь с иными возможностями для перемещений под действием внешней нагрузки

Исходные данные:

Внутренний диаметр низа аппарата, м

$$D_0 := 0.06$$

Внутренний диаметр верха аппарата, м

$$D := 0.21$$

Угол конуса

$$\alpha := 6 \text{ deg}$$

Толщина стенки, м

$$s_{\text{нн}} := 0.00$$

Внутреннее давление, Па

$$P := 0.6 \cdot 10^6$$

Температура стенки, $^{\circ}\text{C}$

$$t := 25$$

Прибавка к расчетной толщине стенки, м

$$c_{\text{нн}} := 0.00$$

Определяем допускаемые напряжения и другие величины, необходимые для расчета:

принимаем толщину стенки

$$s_{\text{нн}} := 0.00$$

η - коэффициент, учитывающий вид заготовки, т.к. материал изготовлен из листового проката:

$$\eta := 1$$

E - значение модуля продольной упругости для стали 12Х18Н10Т при температуре 25°C :

$$E := 2.04 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

σ - нормативное допускаемое напряжение для стали 12X18H10T при температуре 25⁰C:

$$\sigma := 183 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

σ_d - допускаемое напряжение

$$\sigma_d := \eta \cdot \sigma$$

$$\sigma_d = 1.83 \times 10^8 \text{ Па}$$

увеличиваем допускаемое напряжение для краевой зоны на 30%:

$$\sigma_{кр} := \sigma_d \cdot 1.3$$

$$\sigma_{кр} = 2.379 \times 10^8 \text{ Па}$$

Радиус цилиндра верха аппарата:

$$R := \frac{D}{2}$$

$$R = 0.11 \text{ м}$$

Радиус цилиндра низа аппарата:

$$R_0 := \frac{D_0}{2}$$

$$R_0 = 0.034 \text{ м}$$

Коэффициент Пуассона:

$\mu := 0.3$ - коэффициент затухания деформации вдоль образующей оболочки:

$$\beta_c := \frac{\sqrt[4]{3 \cdot (1 - \mu^2)}}{\sqrt{R \cdot (s - c)}} - \text{ для цилиндрической обечайки аппарата}$$

$$\beta_c = 122.838$$

$$\beta_k := \frac{\sqrt[4]{3 \cdot (1 - \mu^2)}}{\sqrt{R \cdot \frac{(s - c)}{\cos(\alpha)}}} - \text{ для конической обечайки аппарата}$$

$$\beta_k = 122.501$$

Соединение цилиндрической обечайки верха аппарата с коническим уклоном

Составляем систему уравнений совместности деформаций для соединения цилиндрической обечайки верха аппарата с коническим переходом:

$$\Delta_{cQ_0}(Q_0, M_0) := \frac{2 \cdot \beta_c \cdot R^2}{E \cdot (s - c)} \cdot Q_0 - \text{радиальное перемещение от краевой нагрузки}$$

для цилиндрической обечайки

$$\Delta_{cM_0}(M_0) := \frac{2 \cdot \beta_c^2 \cdot R^2}{E \cdot (s - c)} \cdot M_0 - \text{радиальное перемещение от краевого момента}$$

для цилиндрической обечайки

$$\Delta_{cP} := \frac{(2 - \mu) \cdot R^2}{2 \cdot E \cdot (s - c)} \cdot P - \text{радиальное перемещение от внутреннего давления для}$$

цилиндрической обечайки

$$Q := \frac{P \cdot R}{2} \cdot \tan(\alpha) - \text{распорная сила для конической обечайки}$$

$Q = 3.453 \times 10^3$ - радиальное перемещение от краевой нагрузки для конической обечайки

$$\Delta_{kQ_0}(Q_0) := \frac{2 \cdot \beta_k \cdot R^2 \cdot (Q_0 - Q)}{E \cdot (s - c)}$$

$$\Delta_{kM_0}(M_0) := \frac{2 \cdot \beta_k^2 \cdot R^2}{E \cdot (s - c) \cdot \cos(\alpha)} \cdot M_0 - \text{радиальное перемещение от краевого}$$

момента для конической обечайки

$$\Delta_{kP} := \frac{(2 - \mu) \cdot R^2 \cdot P}{2 \cdot E \cdot (s - c) \cdot \cos(\alpha)} - \text{радиальное перемещение от внутреннего давления}$$

для конической обечайки

$$\theta_{cQ_0}(Q_0) := \frac{2 \cdot \beta_c^2 \cdot R^2}{E \cdot (s - c)} \cdot Q_0 - \text{угловое перемещение от краевой нагрузки для}$$

цилиндрической обечайки

$$\theta_{cM_0}(M_0) := \frac{4 \cdot \beta_c^3 \cdot R^2}{E \cdot (s - c)} \cdot M_0 - \text{угловое перемещение от краевого момента для}$$

цилиндрической обечайки

$$\theta_{cP} := 0 - \text{угловое перемещение от внутреннего давления для}$$

цилиндрической обечайки

$$\theta_{kQ_0}(Q_0) := \frac{2 \cdot \beta_k^2 \cdot R^2 \cdot (Q_0 - Q)}{E \cdot (s - c) \cdot \cos(\alpha)} - \text{угловое перемещение от краевой нагрузки для}$$

конической обечайки

$$\theta_{kM_0}(M_0) := \frac{4 \cdot \beta_k^3 \cdot R^2}{E \cdot (s - c) \cdot (\cos(\alpha))^2} \cdot M_c - \text{угловое перемещение от краевого момента}$$

для конической обечайки

$$\theta_{kP} := \frac{3 \cdot R \cdot \sin(\alpha)}{2 \cdot E \cdot (s - c) \cdot (\cos(\alpha))^2} \cdot P - \text{угловое перемещение от внутреннего давления}$$

для конической обечайки

Уравнение совместности радиальных деформаций

$$E1(Q_0, M_0) := \frac{-2 \cdot \beta_c \cdot R^2}{E \cdot (s - c)} \cdot Q_0 + \frac{(2 - \mu) \cdot R^2}{2 \cdot E \cdot (s - c)} \cdot P + \frac{2 \cdot \beta_c^2 \cdot R^2}{E \cdot (s - c)} \cdot M_0 - \frac{2 \cdot \beta_k \cdot R^2 \cdot (Q_0 - Q)}{E \cdot (s - c)} - \frac{2 \cdot \beta_k^2 \cdot R^2}{E \cdot (s - c) \cdot \cos(\alpha)}$$

$$E(M_0) := \frac{(2 - \mu) \cdot R^2 \cdot P}{2 \cdot E \cdot (s - c) \cdot \cos(\alpha)}$$

$$f(Q_0, M_0) := E1(Q_0, M_0) - E(M_0)$$

Уравнение совместности угловых деформаций

$$C1(M_0, Q_0) := 0 - \frac{4 \cdot \beta_c^3 \cdot R^2}{E \cdot (s - c)} \cdot M_0 + \frac{2 \cdot \beta_c^2 \cdot R^2}{E \cdot (s - c)} \cdot Q_0 - \frac{2 \cdot \beta_k^2 \cdot R^2 \cdot (Q_0 - Q)}{E \cdot (s - c) \cdot \cos(\alpha)} - \frac{3 \cdot R \cdot \sin(\alpha) \cdot P}{2 \cdot E \cdot (s - c) \cdot (\cos(\alpha))^2}$$

$$C(M_0) := \frac{4 \cdot \beta_k^3 \cdot R^2}{E \cdot (s - c) \cdot (\cos(\alpha))^2} \cdot M_c$$

$$g(Q_0, M_0) := C1(M_0, Q_0) - C(M_0)$$

Решение уравнений совместности деформаций

$$TOL := 10^{-25}$$

$$Q_0 := 1$$

$$M_0 := 1$$

Given

$$f(Q_0, M_0) = 0$$

$$g(Q_0, M_0) = 0$$

$$v := \text{Find}(Q_0, M_0)$$

$$v = \begin{pmatrix} 2.0847 \times 10^3 \\ 6.9587 \end{pmatrix}$$

$$Q_0 := v_0$$

$$M_0 := v_1$$

**Определяем напряжения на наружной и внутренней поверхностях
края оболочки:**

Рассчитанные краевая нагрузка и краевой момент:

$$Q_0 = 2.085 \times 10^3 \text{ МН/м}$$

$$M_0 = 6.959 \text{ МН*м/м}$$

Меридиональные напряжения для цилиндрической обечайки:

$\sigma_{mcQ_0} := c$ - от краевой нагрузки

$$\sigma_{mcP} := \frac{P \cdot R}{2 \cdot (s - c)} - \text{от внутреннего давления}$$

$$\sigma_{mcM_01} := 6 \cdot \frac{M_0}{(s - c)^2} - \text{от краевого момента}$$

$$\sigma_{mcM_02} := -6 \cdot \frac{M_0}{(s - c)^2} - \text{от краевого момента с обратным знаком}$$

Меридиональное напряжение на краю цилиндрической обечайки:

$$\sigma_{mc01} := -\sigma_{mcQ_0} + \sigma_{mcP} + \sigma_{mcM_01}$$

$$\sigma_{mc01} = 7.46 \times 10^7 \text{ Па}$$

$$\sigma_{mc02} := -\sigma_{mcQ_0} + \sigma_{mcP} + \sigma_{mcM_02}$$

$$\sigma_{mc02} = -8.902 \times 10^6 \text{ Па}$$

Меридиональные напряжения для конической обечайки:

$$\sigma_{mkQo} := \frac{\sin(\alpha) \cdot (Q_o - Q)}{s - c} \text{ - от краевой силы}$$

$$\sigma_{mkP} := \frac{P \cdot R}{2 \cdot (s - c) \cdot \cos(\alpha)} \text{ - от внутреннего давления}$$

$$\sigma_{mkMo1} := \frac{6 \cdot M_o}{(s - c)^2} \text{ - от краевого момента}$$

$$\sigma_{mkMo2} := \frac{6 \cdot M_o}{-(s - c)^2} \text{ - от краевого момента с обратным знаком}$$

Меридиональное напряжение на краю конической обечайки:

$$\sigma_{mk01} := \sigma_{mkQo} + \sigma_{mkP} + \sigma_{mkMo1}$$

$$\sigma_{mk01} = 7.464 \times 10^7 \text{ Па}$$

$$\sigma_{mk02} := \sigma_{mkQo} + \sigma_{mkP} + \sigma_{mkMo2}$$

$$\sigma_{mk02} = -8.864 \times 10^6 \text{ Па}$$

Кольцевые напряжения для цилиндрической обечайки:

$$\sigma_{tcQo} := \frac{2 \cdot \beta_c \cdot R}{s - c} \cdot Q_o \text{ - от краевой нагрузки}$$

$$\sigma_{tcP} := \frac{P \cdot R}{s - c} \text{ - от внутреннего давления}$$

$$\sigma_{tcMo1} := \frac{2 \cdot \beta_c^2 \cdot R \cdot M_o}{s - c} + \frac{6 \cdot \mu \cdot M_o}{(s - c)^2} \text{ - от краевого момента}$$

$$\sigma_{tcMo2} := \frac{2 \cdot \beta_c^2 \cdot R \cdot M_o}{s - c} + \frac{-6 \cdot \mu \cdot M_o}{(s - c)^2} \text{ - от краевого момента с обратным знаком}$$

Кольцевое напряжение на краю цилиндрической обечайки:

$$\sigma_{tc01} := -\sigma_{tcQo} + \sigma_{tcP} + \sigma_{tcMo1}$$

$$\sigma_{tc01} = 4.514 \times 10^7 \text{ Па}$$

$$\sigma_{tc02} := -\sigma_{tcQo} + \sigma_{tcP} + \sigma_{tcMo2}$$

$$\sigma_{tc02} = 2.009 \times 10^7 \text{ Па}$$

Кольцевые напряжения для конической обечайки:

$$\sigma_{tkQo} := \frac{2 \cdot \beta_k \cdot R \cdot (Q_o - Q)}{s - c} \text{ - от краевой нагрузки}$$

$$\sigma_{tkP} := \frac{P \cdot R}{(s - c) \cdot \cos(\alpha)} - \text{от внутреннего давления}$$

$$\sigma_{tkMo1} := \frac{2 \cdot \beta_k \cdot R \cdot M_o}{(s - c) \cdot \cos(\alpha)} + \frac{6 \cdot \mu \cdot M_o}{(s - c)^2} - \text{от краевого момента}$$

$$\sigma_{tkMo2} := \frac{2 \cdot \beta_k \cdot R \cdot M_o}{(s - c) \cdot \cos(\alpha)} + \frac{-6 \cdot \mu \cdot M_o}{(s - c)^2} - \text{от краевого момента с обратным знаком}$$

Кольцевое напряжение на краю конической обечайки:

$$\sigma_{tk01} := \sigma_{tkQo} + \sigma_{tkP} + \sigma_{tkMo1}$$

$$\sigma_{tk01} = 4.208 \times 10^7 \text{ Па}$$

$$\sigma_{tk02} := \sigma_{tkQo} + \sigma_{tkP} + \sigma_{tkMo2}$$

$$\sigma_{tk02} = 1.702 \times 10^7 \text{ Па}$$

Условие прочности для края конической обечайки:

$$\sigma_{kmax} := \max(|\sigma_{tk01}|, |\sigma_{tk02}|, |\sigma_{mk01}|, |\sigma_{mk02}|)$$

$$\sigma_{kmax} = 7.464 \times 10^7 \text{ Па}$$

Условие прочности для края цилиндрической обечайки:

$$\sigma_{cmax} := \max(|\sigma_{tc01}|, |\sigma_{tc02}|, |\sigma_{mc01}|, |\sigma_{mc02}|)$$

$$\sigma_{cmax} = 7.46 \times 10^7 \text{ Па}$$

Условие прочности для края конической обечайки выполняется, т.к

$$\sigma_{kmax} < \sigma_{кр}$$

$$\text{Prov} := \begin{cases} \text{"условие прочности выполняется"} & \text{if } (\sigma_{кр}) \geq \sigma_{kmax} \\ \text{"условие прочности НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Prov} = \text{"условие прочности выполняется"}$$

$$\sigma_{kmax} = 7.464 \times 10^7 \text{ Па}$$

$$\sigma_{кр} = 2.379 \times 10^8 \text{ Па}$$

Условие прочности для края цилиндрической обечайки выполняется,

$$\text{Т.К. } \sigma_{cmax} < \sigma_{кр}$$

$$\text{Prov} := \begin{cases} \text{"условие прочности выполняется"} & \text{if } (\sigma_{\text{кр}}) \geq \sigma_{\text{сmax}} \\ \text{"условие прочности НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Prov = "условие прочности выполняется"

$$\sigma_{\text{сmax}} = 7.46 \times 10^7 \text{ Па}$$

$$\sigma_{\text{кр}} = 2.379 \times 10^8 \text{ Па}$$

Для того чтобы условие прочности выполнялось во всей краевой зоне, необходимо увеличить толщину стенки цилиндрической и конической обечайек на расстояниях от места их сопряжения:

$$l_c := \frac{\pi}{2.5\beta_c}$$

$$l_c = 0.01 \text{ М}$$

$$l_k := \frac{\pi}{2.5\beta_k}$$

$$l_k = 0.01 \text{ М}$$

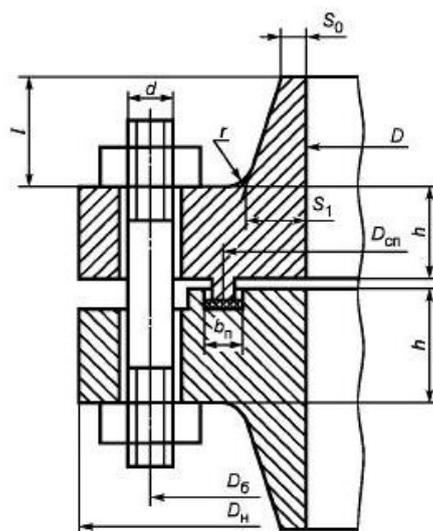
В данном разделе дипломной работы был произведен расчет конической и цилиндрической обечайки, а так же расчет их сопряжения, исходя из результатов данного расчета, примем размеры, необходимые для выполнения условий прочности ($\sigma_p \leq [\sigma]$):

Расчетные толщины цилиндрической и конической обечайки циклона, а так же днища бункера равны 2 мм.

5.5. Расчет фланцевого соединения

Расчет фланцевого соединения корпуса с крышкой (определение болтовой нагрузки, выбор прокладки, определение числа и диаметра болтов, проверка условия прочности фланцев и герметичности фланцевого соединения).

Расчет фланцевого соединения ведем по ГОСТ Р 25857.4-2007 [18].



в - фланцевое соединение с
уплотнительной поверхностью типа
шип-паз

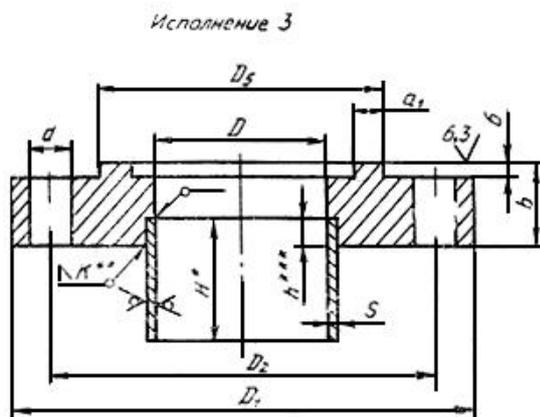


Рис. 17 Исполнение фланцев

Для внутреннего диаметра аппарата 219 мм и максимальный давлением 0.6 МПа выбираем из ГОСТ 12820-80 [19] фланец который будет соответствовать нашим требованиям.

$$D_{\text{н}} := 315 \text{ мм}$$

$$D_{\text{б}} := 280 \text{ мм}$$

$$D_{\text{сш}} := 241 \text{ мм}$$

$$D := 222 \text{ мм}$$

$$h_{\text{II}} := 2 \text{ мм}$$

$$h := 15 \text{ мм}$$

$$S_0 := 2 \text{ мм}$$

$$d := 18 \text{ мм}$$

$$n := 8$$

$$b_{\text{II}} := 22 \text{ мм}$$

$$P := 0.6 \text{ МПа}$$

$$t := 250 \text{ °C}$$

$$M := cH^* \text{ мм}$$

$$F := cH$$

$$c := c$$

Материал обечаек и фланцев - сталь 12X18H10T

Материал болтов - сталь 15X

Материал прокладки - паронит ПОН.

Выбор крепежных элементов:

$$b_s := 1$$

Определение расчетных параметров

Расчетные температуры

Расчетная температура неизолированных плоских фланцев:

$$t_{\phi} := 0.96(t)$$

$$t_{\phi} = 24 \text{ °C}$$

Расчетная температура болтов:

$$t_b := 0.85(t)$$

$$t_b = 21.25 \text{ °C}$$

Допускаемые напряжения для болтов из стали 12X18H10T:

В рабочем состоянии

$$t_w := \begin{pmatrix} 20 \\ 50 \end{pmatrix}$$

$$\sigma := \begin{pmatrix} 155 \\ 154.25 \end{pmatrix}$$

$$\sigma_{д.б} := \text{Floor}(\text{linterp}(t, \sigma, t_б), 0.5)$$

$$\sigma_{д.б} = 154.5 \text{ МПа}$$

Модуль упругости для болтов при рабочей температуре

$$E_б := 2.09 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Модуль упругости для болтов при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

$$E_{б.20} := 2.1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для болтов при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\sigma_{20б} := 155 \text{ МПа}$$

Коэффициент линейного расширения стали 12Х18Н10Т при $t = 20\text{-}200 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$\alpha_б := 12.6 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}}$$

Допускаемые напряжения для фланцев и обечаек стали 12Х18Н10Т:

$$t := \begin{pmatrix} 20 \\ 50 \end{pmatrix} \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\sigma := \begin{pmatrix} 184 \\ 180.25 \end{pmatrix} \text{ МПа}$$

$$\sigma := \text{Floor}(\text{linterp}(t, \sigma, t_ф), 0.5)$$

$$\sigma = 183.5 \text{ МПа}$$

Так как фланцы изготавливаются из листового проката:

$$\eta := 1$$

$$\sigma_{д.ф} := \eta \cdot \sigma$$

$$\sigma_{д.ф} = 183.5$$

МПа

Модуль упругости для стали 12Х18Н10Т при расчетной температуре:

$$E := 2.4 \cdot 10^5$$

МПа

Допускаемое напряжение для стали 12Х18Н10Т при $t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$\sigma_{20} := 184 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{д20} := \eta \cdot \sigma_{20}$$

$$\sigma_{д20} = 184 \text{ МПа}$$

Модуль упругости для стали 12Х18Н10Т при температуре испытания $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$E_{20} := 2.00 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Коэффициент линейного расширения стали 12Х18Н10Т при $t = 20\text{-}200 \text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$\alpha_{\phi} := 17 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}}$$

Эффективная ширина плоской прокладки:

$$b_{\Pi} = 22 \text{ мм}$$

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

$$b_0 = 18$$

Характеристики прокладки по табл. 4.6:

$$m_1 := 2.5$$

$$q_{\text{обж}} := 20 \text{ МПа}$$

$$q_d := 130 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{обж}} := 0.5 \text{ МПа}$$

$$E_{\Pi} := 200 \text{ МПа}$$

Усилие, необходимое для смятия прокладки при затяжке:

$$P_{\text{обж}} := 0.5 \pi \cdot D_{\text{сн}} \cdot b_0 \cdot m_1 \cdot |P|$$

$$P_{\text{обж}} = 1.022 \times 10^4 \text{ Н}$$

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

$$R_{\Pi} := \begin{cases} \pi \cdot D_{\text{сн}} \cdot b_0 \cdot m_1 \cdot P & \text{if } P \geq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$R_{\Pi} = 2.044 \times 10^4 \text{ Н}$$

Площадь поперечного сечений болтов (шпилек) по таблице 4.3

$$f_{\text{б}} := 21 \text{ мм}^2$$

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

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

$$A_{\text{б}} = 1.728 \times 10^3 \text{ мм}^2$$

Равнодействующая нагрузка от давления:

$$Q_{\text{д}} := \left(\frac{\pi}{4} \right) \cdot D_{\text{сп}}^2 \cdot P$$

$$Q_{\text{д}} = 2.737 \times 10^4 \text{ Н}$$

Приведенная нагрузка, вызванная воздействием внешней силы и изгибающего момента:

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

$$Q_{\text{FM}} = 0 \text{ Н}$$

Податливость прокладки:

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

$$y_{\Pi} = 5.403 \times 10^{-7} \frac{\text{мм}}{\text{Н}}$$

Расстояние между опорными поверхностями гайки и головки болта или опорными поверхностями гаек:

$$L_{\text{б0}} := 4^{\text{с}} \text{ мм}$$

Эффективная длина болта (шпильки) при определении податливости:

$$L_{\text{б}} := \begin{cases} L_{\text{б0}} + 0.28d & \text{if } b_{\text{с}} = 1 \\ L_{\text{б0}} + 0.56d & \text{if } b_{\text{с}} = 2 \end{cases}$$

$$L_{\text{б}} = 50.04$$

Податливость болтов:

$$y_6 := \frac{L_6}{E_6 \cdot 20 \cdot A_6}$$

$$y_6 = 1.379 \times 10^{-7} \frac{\text{мм}}{\text{Н}}$$

Расчетные параметры фланцев:

Параметр длины обечайки:

$$l_0 := \sqrt{D \cdot S_0}$$

$$l_0 = 21.071 \text{ мм}$$

Отношение наружного диаметра тарелки фланца к внутреннему диаметру:

$$K_1 := \frac{D_H}{D}$$

$$K_1 = 1.419$$

Коэффициенты, зависящие от соотношения размеров тарелки фланца:

$$\beta_T := \frac{K_1^2 \cdot (1 + 8.55 \log(K_1) - 1)}{(1.05 + 1.945 K_1^2) \cdot (K_1 - 1)}$$

$$\beta_T = 1.257$$

$$\beta_U := \frac{K_1^2 \cdot (1 + 8.55 \log(K_1) - 1)}{1.36 (K_1^2 - 1) \cdot (K_1 - 1)}$$

$$\beta_U = 4.531$$

$$\beta_Y := \left[\frac{1}{(K_1 - 1)} \right] \cdot \left[0.69 + 5.72 \frac{K_1^2 \cdot \log(K_1)}{(K_1^2 - 1)} \right]$$

$$\beta_Y = 5.77$$

$$\beta_Z := \frac{K_1^2 + 1}{K_1^2 - 1}$$

$\beta_Z = 2.974$ - коэффициенты для фланцевых соединений с приварными встык фланцами с прямой втулкой, плоскими фланцами, типа шип паз и свободными фланцами

$$\beta_F := 0.91$$

$$\beta_V := 0.5'$$

$f := 1$ - коэффициент

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

$$\lambda = 11.326$$

Угловая податливость фланцев:

Угловая податливость фланца при затяжке:

$$y_\phi := \frac{0.91 \beta_V}{E_{20} \cdot \lambda \cdot l_0 \cdot S_0^2}$$

$$y_\phi = 2.621 \times 10^{-9} \frac{\text{мм}}{\text{Н}}$$

Угловая податливость фланца, нагруженного внешним изгибающим моментом:

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

$$y_{\phi H} = 3.139 \times 10^{-10} \frac{\text{мм}}{\text{Н}}$$

Коэффициент, учитывающий изгиб тарелки фланца между шпильками (болтами):

$$C_F := \max \left[1, \sqrt{\frac{\pi \cdot D_6}{n \cdot \left[2 \cdot d + \left(\frac{6 \cdot h}{m_1 + 0.5} \right) \right]}} \right]$$

$$C_F = 1.219$$

Приведенный диаметр плоского фланца:

$$D_{пр} := D$$

Плечо действия усилий в болтах (шпильках) для приварных встык, шип паз и плоских фланцев:

$$b := 2 \text{ мм}$$

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

$$e_1 := 0.5 |D_{ст} - D - S_0| = 8.5$$

Эквивалентная толщина плоских фланцев:

$$S_3 := S_0$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения для приварных встык, шип паз и плоских фланцев:

$$\gamma_1 := \frac{1}{y_{\Pi} + y_{\sigma} \cdot \left(\frac{E_{\sigma,20}}{E_{\sigma}} \right) + 2 \cdot b^2 \cdot y_{\Phi} \cdot \frac{E_{20}}{E}}$$

$$\gamma_1 = 3.129 \times 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{мм}}$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения, нагруженного внутренним давлением или внешней осевой силой для приварных встык, шип паз и плоских фланцев с плоскими прокладками:

$$\alpha_1 := 1 - \frac{y_{\Pi} - 2 \cdot e \cdot y_{\Phi} \cdot b}{y_{\Pi} + y_{\sigma} + 2 \cdot b^2 \cdot y_{\Phi}}$$

$$\alpha_1 = 0.946$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения, нагруженного внешним изгибающим моментом:

$$\alpha_M := \frac{y_{\sigma} + 2 \cdot y_{\Phi n} \cdot b \cdot \left[b + e - \left(\frac{e^2}{D_{\text{сп}}} \right) \right]}{y_{\sigma} + y_{\Pi} \cdot \left(\frac{D_{\sigma}}{D_{\text{сп}}} \right)^2 + 2 \cdot y_{\Phi n} \cdot b^2}$$

$$\alpha_M = 0.439$$

Нагрузка, вызванная стесненностью температурных деформаций, в соединениях с приварным встык, шип паз и плоскими фланцами:

$$Q_t := \gamma_1 \cdot [2 \cdot \alpha_{\Phi} \cdot h \cdot (t_{\Phi} - 20) - 2 \cdot \alpha_{\sigma} \cdot h \cdot (t_{\sigma} - 20)]$$

$$Q_t = 621.357 \text{ Н}$$

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

$$P_{\sigma 1} := \max \left[\left[\alpha_1 \cdot (Q_d + F) + R_{\Pi} + \frac{4 \cdot \alpha_M \cdot |M|}{D_{\text{сп}}} \right], \left[\alpha_1 \cdot (Q_d + F) + R_{\Pi} + \left(\frac{4 \cdot \alpha_M \cdot |M|}{D_{\text{сп}}} \right) - Q_t \right] \right]$$

$$P_{\sigma 1} = 4.634 \times 10^4 \text{ Н}$$

Расчетная нагрузка на болты (Шпильки) при затяжке, необходимая для обеспечения обжатия прокладки и минимального начального натяжения болтов (шпилек):

$$P_{\sigma 2} := \max(P_{\text{обж}}, 0.4 A_{\sigma} \cdot \sigma_{206})$$

$$P_{\sigma 2} = 1.071 \times 10^5 \text{ Н}$$

Расчетная нагрузка на болты (шпильки) фланцевых соединений при затяжке фланцевого соединения:

$$P_{\sigma M} := \max(P_{\sigma 1}, P_{\sigma 2})$$

$$P_{\sigma M} = 1.071 \times 10^5 \text{ Н}$$

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

$$P_{\sigma p} := P_{\sigma M} + (1 - \alpha_1) \cdot (Q_d + F) + Q_t + \frac{4 \cdot (1 - \alpha_M) \cdot |M|}{D_{\text{сп}}}$$

$$P_{\sigma p} = 1.092 \times 10^5 \text{ Н}$$

Проверка прочности болтов (шпилек) и прокладки.

Расчетные напряжения в болтах (шпильках):

- при затяжке:

$$\sigma_{\sigma 1} := \frac{P_{\sigma M}}{A_{\sigma}}$$

$$\sigma_{\sigma 1} = 62 \text{ МПа}$$

- в рабочих условиях:

$$\sigma_{\sigma 2} := \frac{P_{\sigma p}}{A_{\sigma}}$$

$$\sigma_{d, \sigma} = 154.5$$

$$\sigma_{\sigma 2} = 63.209 \text{ МПа}$$

Проверка условий прочности болтов (шпилек) при затяжке и в рабочих условиях:

$$\text{Prov_6} := \begin{cases} \text{"Условия прочности при затяжке НЕ выполняются"} & \text{if } \sigma_{61} > \sigma_{206} \\ \text{"Условия прочности в рабочих условиях НЕ выполняются"} & \text{if } \sigma_{62} > (\sigma_{д.б}) \\ \text{"Условия прочности выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Prov_6 = "Условия прочности выполняются"

$$\sigma_{61} = 62 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{206} = 155 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{62} = 63.209 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{д.б} = 154.5 \text{ МПа}$$

Удельное давление на прокладку:

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

$$q = 6.557$$

МПа

Условие прочности прокладки (проверяется для мягких прокладок):

$$\text{Prov_7} := \begin{cases} \text{"Условие прочности прокладки НЕ выполняется"} & \text{if } q > q_d \\ \text{"Условие прочности прокладки выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Prov_7 = "Условие прочности прокладки выполняется"

$$q = 6.557 \text{ МПа}$$

$$q_d = 130 \text{ МПа}$$

Расчет фланцев на статическую прочность:

Расчетный изгибающий момент, действующий на приварной встык фланца или плоский фланец при затяжке:

$$M_M := C_F \cdot P_{6M} \cdot b$$

$$M_M = 3.134 \times 10^6 \text{ Н}\cdot\text{мм}$$

Расчетный изгибающий момент, действующий на фланец в рабочих условиях:

$$M_p := C_F \cdot \max [P_{\text{бр}} \cdot b + (Q_d + Q_{FM}) \cdot e, |Q_d + Q_{FM}| \cdot e]$$

$$M_p = 3.286 \times 10^6 \text{ Н}\cdot\text{мм}$$

Расчетные напряжения во фланце при затяжке:

- меридиональное изгибное напряжение во втулке приварного встык фланца, обечайке плоского и шип паз фланца:

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

$$\sigma_{0M} = 311.629 \text{ МПа}$$

- напряжения в тарелке приварного встык фланца или плоского фланца в условиях затяжки:

- радиальное напряжение:

$$\sigma_{RM} := \left[\frac{(1.33 \beta_F \cdot h + l_0)}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \right] \cdot M_M$$

$$\sigma_{RM} = 7.221 \text{ МПа}$$

- окружное напряжение:

$$\sigma_{TM} := \left[\frac{(\beta_Y \cdot M_M)}{h^2 \cdot D} \right] - \beta_Z \cdot \sigma_{RM}$$

$$\sigma_{TM} = 204.168 \text{ МПа}$$

Расчетные напряжения во фланце в рабочих условия:

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

$$\sigma_{0p} := \frac{M_p}{\lambda \cdot (S_0 - c)^2 \cdot D_{\text{пр}}}$$

$$\sigma_{0p} = 326.722 \text{ МПа}$$

- максимальные меридиональные мембранные напряжения в обечайке плоского фланца:

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

$$\sigma_{0MP} = 19.8 \text{ МПа}$$

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

- радиальное напряжение:

$$\sigma_{Rp} := \left[\frac{(1.33 \beta_F \cdot h + l_0)}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \right] \cdot M_p$$

$$\sigma_{Rp} = 7.571 \text{ МПа}$$

- окружное напряжение:

$$\sigma_{Tp} := \left[\frac{(\beta_Y \cdot M_p)}{h^2 \cdot D} \right] - \beta_Z \cdot \sigma_{Rp}$$

$$\sigma_{Tp} = 214.056 \text{ МПа}$$

Проверка условий статической прочности фланцев:

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

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

PR_3 := "Условия статической прочности выполняются"

KT = 1.3 при расчете с учетом стесненности температурных деформаций.

При расчете без учета стесненности температурных деформаций KT = 1.

$$K_T := 1.3$$

$$\text{Prov}_8 := \begin{cases} \text{PR}_1 & \text{if } \max(|\sigma_{0M} + \sigma_{RM}|, |\sigma_{0M} + \sigma_{TM}|) > K_T \cdot \sigma_{20} \\ \text{PR}_2 & \text{if } \max(|\sigma_{0p} - \sigma_{0MP} + \sigma_{Tp}|, |\sigma_{0p} - \sigma_{0MP} + \sigma_{Rp}|, |\sigma_{0p} + \sigma_{0MP}|) > K_T \cdot \sigma_{d.f} \\ \text{PR}_3 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Prov_8 = "Условия статической прочности выполняются"

В данном разделе дипломной работы был произведен расчет фланцевого соединения, исходя из результатов данного расчета, можно

судить о его успешности. Все необходимые критерии выполняются.
Остальные фланцы рассчитываем по аналогии.

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целевым результатом проведенной исследовательской работы стало получение нанопорошков металла. Одним из способов получения нанопорошков с основным размером частиц 50-150 нм является электрический взрыв проводника, который мы используем в моей работе. Основной задачей работы является проектирования циклонного фильтра, для улавливания данного порошка.

6.1 Предпроектный анализ. Анализ рынка. Основные потребители и конкуренты

В данной работе продуктом является циклонный фильтр. Аппарат имеет широкое применение в любом химико-технологическом процессе. В данной работе аппарат используется для улавливания частиц пыли, полученных при электрическом взрыве проводника.

Целевой рынок представляют следующие заводы производители: «Муссон», Завод Технологического Оборудования «ФОРМУЛА», ООО «ПКФ СтройСервис».

Географически наиболее близкий конкурент новосибирский завод ООО «ПКФ СтройСервис».

6.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ циклонного фильтра в сравнении с другими компаниями производителями циклонов с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, позволяет выполнить оценку сравнительной эффективности проекта и определить направления для ее будущего повышения.

Оценить это можно с помощью следующих критериев:

- Энергоэкономичность – показатель полезной затраченной энергии на производство готовой продукции.

- Простота эксплуатации – основными показателями являются: управляемость, обслуживаемость, осваиваемость;

- Надежность – критерий, определяющий долговечность аппарата, используемого в производстве;

- Функциональная мощность – показывает как долго возможно сохранение заданного режима выхода продукта;

- Безопасность – наличие защитного кожуха;

- Ремонтопригодность – простота конструкции, доступ ко всем основным деталям аппарата;

- Доступность запасных частей – дешевизна и доступность деталей аппарата.

- Чистота конечного продукта – отсутствие примесей в конечном продукте;

- Воспроизводимость свойств продукта – постоянство свойств получаемого продукта.

- Цена – критерий, показывающий насколько выгоден данный проект, продукт или разработка.

Таблица 4 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Таблица 4

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентно - способность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии приборов							
1. Энергоэкономичность	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
2. Простота эксплуатации	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
3. Надежность	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
4. Функциональная мощность	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
5. Безопасность	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
6. Ремонтопригодность	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
7. Доступность запасных частей	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
8. Чистота конечного продукта	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
9. Воспроизводимость свойств продукта	0,1	5	4	2	0,5	0,4	0,2
10. Цена	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Итого	1				4,8	4,0	3,9

Б_ф – продукт проведенной исследовательской работы;

Б_{к1} – Завод Технологического Оборудования «ФОРМУЛА»;

Б_{к2} – ООО «ПКФ СтройСервис».

По данным таблицы 4 можно сказать, что рассчитанный и подобранный циклон превосходит конкурентов по таким показателям как простота эксплуатации и надежность. Данные нашего циклона надежнее, так как циклоны конкурентов довольно долгое время находится в эксплуатации, что влияет на их надежность. Простота эксплуатации объясняется простым и

доступным для любого производства методом получения конечного продукта. Такой аппарат конкурентоспособен не только своим характеристикам, но и по цене за счет низкой металлоёмкости, в связи с малыми габаритами циклона.

6.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы).

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 циклона для получения нанопорошков.

Матрица SWOT-анализ представлена в таблице 5

Таблица 5

	Сильные стороны проекта	Слабые стороны проекта
	С1. Простота и удобство в эксплуатации.	Сл1. Большое количество конкурентов
	С2. Заявленная экономичность и надежность технологии.	Сл2. Существует необходимость более частого ремонта и обслуживания входного патрубка аппарата, так как это проблемная деталь.
	С3. Более низкая стоимость аппарата по сравнению с конкурентными производителями.	
	С4. Возможность получения других веществ.	

Возможности	Сильные стороны и возможности	Слабые стороны и возможности
<p>В1. Возможность увеличения производственного масштаба и выхода целевого продукта.</p> <p>В2. Возрастание спроса на получаемое вещество.</p> <p>В3. Возможность использования данной технологической схемы для получения различных нанопорошков.</p>	<p>1. Расход реагентов задан таким образом, чтобы минимизировать потери и исключить излишки.</p> <p>2. Аппарат имеет габариты, которые позволяют затратить меньше металла для его сборки.</p>	<p>1. Увеличить диаметр входной трубы в аппарат. Тем самым уменьшится нагрузка на патрубков.</p> <p>2. Привлечение новых заказчиков за счет увеличения вдов получаемых порошков.</p>
Угрозы	Сильные стороны и угрозы	Слабые стороны и угрозы
<p>У1. Угроза нарушения технологического процесса, вследствие неправильной эксплуатации.</p> <p>У2. Угроза разгерметизации аппарата.</p> <p>У3. Угроза получения порошков с высокой степенью объединений наночастиц.</p>	<p>1. Качественный подбор рабочего персонала, повышение квалификации рабочих, осуществление контроля над технологией.</p> <p>2. Контроль качества фланцев и фланцевых прокладок.</p> <p>3. Строгий контроль качества получаемого порошка.</p>	<p>1. Внедрение систем блокировки, выявляющих минимальные отклонения в работе аппаратов уже на начальном этапе.</p>

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

- Выявить слабые стороны аппарата, после внедрения на производство, и устранить их;
- Применять только качественные материалы, обеспечивающие долговечность и стабильную работу аппарата и установки в целом;
- Подбор персонала, способного качественно обслуживать оборудование и поддерживать оптимальную работу установки.

6.4 Экономическая часть

Планирование работ

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в чей состав входят: инженер (студент), научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. Составим перечень этапов и работ в рамках проведения технического проекта.

Таблица 6 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Таблица 6

Основные этапы	№	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, консультанты ЭЧ и СО, инженер
	2	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер
Выбор направления исследований	3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, инженер
	4	Патентный обзор литературы	Инженер
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер
Разработка технической документации и проектирование	6	Расчет циклона СДК-ЦН-33	Инженер
	7	Оценка эффективности производства и применения циклона	Инженер, консультант по ЭЧ

	8	Разработка социальной ответственности по теме	Инженер, консультант СО
Оформление комплекта документации по ВКР	9	Составление пояснительной записки	Инженер

Трудоемкость выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Поэтому для ее расчета используются примерные ожидаемые затраты времени на различных этапах работы для каждого участника работы.

Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож\ i}$ используется формула:

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

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

$t_{min\ i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i – ой работы, чел. – дн.;

$t_{max\ i}$ – 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:

$$T_{p\ i} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i}$$

где $T_{p\ i}$ – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел. – дн.;

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

Временные показатели проведения научного исследования для каждого его участника занесены в таблицу 7.

Таблица 7 – Временные показатели проведения технического проекта

Название работ	Трудоёмкость работы															Исполнители	Т _р , раб. дн.					Т _р , кал. дн.				
	t _{min} , чел-дн.					t _{max} , чел-дн.					t _{ож} , чел-дн.						Руководитель	Магистрант	Конс. ЭЧ	Конс. СО	Инженер	Руководитель	Магистрант	Конс. ЭЧ	Конс. СО	Инженер
	Руководитель	Магистрант	Конс. ЭЧ	Конс. СО	Инженер	Руководитель	Магистрант	Конс. ЭЧ	Конс. СО	Инженер	Руководитель	Магистрант	Конс. ЭЧ	Конс. СО	Инженер											
Составление технического задания	0,2	0,2	0,2	0,2	0	1	1	1	1	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0	Руководитель, инженер, консультант ЭЧ, СО	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0
Выбор направления исследований	0,5	0,5	0	0	0	2	2	0	0	0	1	1	0	0	0	Руководитель, инженер	0,5	0,5	0	0	0	0,6	0,6	0	0	0
Подбор и изучение материалов по теме	5	5	0	0	0	10	10	0	0	0	7	7	0	0	0	Руководитель, инженер	3,5	3,5	0	0	0	4,2	4,2	0	0	0
Патентный обзор литературы	0	7	0	0	0	0	10	0	0	0	0	8,2	0	0	0	Инженер	0	8,2	0	0	0	0	9,8	0	0	0
Календарное планирование работ по теме	1	1	0	0	0	2	2	0	0	0	1,4	1,4	0	0	0	Руководитель, инженер	0,7	0,7	0	0	0	0,8	0,8	0	0	0
Расчет циклона СДК-ЦН-33	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	2,4	0	0	0	Инженер	0	2,4	0	0	0	0	2,9	0	0	0
Оценка эффективности и производства и применения циклона	0	5	5	0	0	0	10	10	0	0	0	7	7	0	0	Инженер, консультант ЭЧ	0	3,5	3,5	3,5	0	0	4,2	4,2	4,2	0
оставление пояснительной записки	0	13	0	0	0	0	16	0	0	0	0	14,2	0	0	0	Инженер	0	14	0	0	0	0	17	0	0	0

График проведения работ

При выполнении дипломных работ студенты становятся участниками сравнительно небольших по объему научных и технических тем, поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения технических работ в форме диаграммы Ганта.

В рамках планирования научного проекта построены линейный и календарный графики проекта.

Линейный график представляется в виде таблицы.

Таблица 8 – Календарный план проекта

Таблица 8

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончани я работ	Состав участников (ФИО исполнителей)
1	Составление технического задания, выбор пути работ	4	16.08.18	20.02.18	Пустовалов А.В. Черепанов А.С.
2	Подбор и изучение материалов	8	20.02.18	28.02.18	Пустовалов А.В. Черепанов А.С.
3	Патентный обзор литературы	14	28.02.18	13.03.18	Черепанов А.С.
4	Календарное планирование работ	5	13.03.18	18.03.18	Пустовалов А.В. Черепанов А.С.
5	Разработка технической документации и проектирование	37	18.03.18	1.05.18	Черепанов А.С.
6	Оформление комплекта документации	30	1.05.18	31.05.18	Черепанов А.С.
Итого			98		

Диаграмма Ганта – это горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Данный график строится на основе таблицы 8.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться 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;

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

Коэффициент календарности определяется по 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.

За базовый примем 2017 год.

Таким образом:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 92 - 26} = 1,48.$$

6.5 Расчет затрат

В процессе формирования бюджета ТП используется следующая группа затрат по статьям:

- основная заработная плата исполнителей работы;
- затраты на оборудование для проведения работ;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- накладные расходы.

Расчет основной заработной платы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением ТП и дополнительную заработную плату. Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20-30 % от тарифа или оклада:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} ,$$

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

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

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p ,$$

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

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб.дн. (табл. 3.6).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} ,$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

(при 6-ти дневной рабочей недели $M=10,4$ месяца при отпуске 48 раб.дней, при 5-ти дневной рабочей недели $M=11,2$ месяца при отпуске 24 раб. дней)

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дней.

Таблица 10 – Баланс рабочего времени

Таблица 10

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
календарное количество дней	365	365
Количество не рабочих дней: - выходные дни - праздничные дни	66	118
Издержки рабочего времени: - отпуск - невыходы по болезни	48	24
Действительный фонд рабочего времени	251	223

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{ок} \cdot k_p ,$$

где $Z_{ок}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

k_p – районный коэффициент, для Томска равный 1,3.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 11.

Таблица 11 – Расчет основной заработной платы

Таблица 11

$Z_{мс}$, руб.	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , р. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель					
35664	1,3	46363,2	1921	12	23052
Инженер					
9489	1,3	12335,7	575,3	98	56379,4

Общая заработная исполнителей работы представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Общая заработная плата исполнителей

Таблица 12

Исполнитель	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{доп}$, руб.	$Z_{зп}$, руб.
Руководитель	23052	2766,2	25818,2
Инженер	56379,4	6765,5	63144,5

Отчисления во внебюджетные фонды

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.

Величина этих отчислений определяется по формуле:

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

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 № 212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность установлен размер страховых взносов равный 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в табл. 13.

Таблица 13 – Отчисления во внебюджетные фонды

Таблица 13

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	23052	2766,2
Инженер	56379,4	6765,5
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	27,1%	
Итого	24109	

Накладные расходы.

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование графических материалов, оплата услуг связи, электроэнергии, транспортные расходы и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 4),$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов $k_{\text{нр}}$ допускается взять в размере 16%. Таким образом, накладные расходы на данные ТП составляют 9256,4 руб.

Формирование бюджета затрат проекта

Рассчитанная величина затрат технического проекта является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет бюджета затрат ТП

Таблица 14

Наименование статьи	Сумма, руб.
Затраты по основной заработной плате исполнителей работы	79431,4
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей работы	9531,7
Отчисления во внебюджетные фонды	24109
Накладные расходы	9256,4
Бюджет затрат НТИ	122328,5

Как видно из таблицы 14 основные затраты ТП приходится на затраты по основной заработной плате исполнителей работы.

Определение ресурсосберегающей, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта

Определение эффективности происходит на базе расчета интегрального показателя эффективности проекта. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

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

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

Φ_{pi} – стоимость каждого варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения проекта.

$$I_{\text{фин.непр.}} = \frac{122328,5}{156632,2} = 0,78$$

$$I_{\text{фин.неприод.}} = \frac{145978,5}{156632,2} = 0,93$$

$$I_{\text{фин.золь.}} = \frac{156632,2}{156632,2} = 1$$

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности проводим в форме таблицы.

Таблица 15 – Сравнительная оценка характеристик данных разновидностей исполнения проекта

Таблица 15

Объект исслед-я Критерии	Весовой коэффициент параметра	Непрерывное осаждение	Периодическое осаждение	Золь–гель технология
Время нахождения в циклоне	0,30	5	5	5
Время старения продукта	0,30	4	2	3
Способствует росту производительности труда	0,15	4	5	3
Энергосбережение	0,15	4	3	3
Использование отходов производства в качестве сырья	0,10	4	4	2
Итого	1,00	4,3	3,7	3,5

Интегральный показатель ресурсоэффективности для каждого исполнения:

$$I_{\text{р.непр.}} = 0,30*5 + 0,30*4 + 0,15*4 + 0,15*4 + 0,1*4 = 4,3$$

$$I_{\text{р.период.}} = 0,30*5 + 0,30*2 + 0,15*5 + 0,15*3 + 0,1*4 = 3,7$$

$$I_{\text{р.золь.}} = 0,30*5 + 0,30*3 + 0,15*3 + 0,15*3 + 0,1*2 = 3,5$$

Определяем интегральный показатель эффективности вариантов исполнения на основании выше рассчитанных показателей:

$$I_{\text{непр}} = \frac{I_{\text{р.непр.}}}{I_{\text{ф.непр.}}} = \frac{4,3}{0,78} = 5,5$$

$$I_{\text{период}} = \frac{I_{\text{р.период.}}}{I_{\text{ф.период.}}} = \frac{3,7}{0,93} = 3,9$$

$$I_{\text{непр.}} = \frac{I_{\text{р.золь.}}}{I_{\text{ф.золь.}}} = \frac{3,5}{1} = 3,5$$

Сопоставление интегрального показателя эффективности разновидностей выполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать более подходящий вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{и.}}}{I_{\text{непр.}}}$$

Таблица 16 – Сравнительная эффективность разработки

Таблица 16 –

№ п/п	Показатели	Метод про-вананопорошков-Непр.	Период.	Золь.
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,78	0,93	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	4,3	3,7	3,5
3	Интегральный показатель эффективности	5,5	3,9	3,5
4	Сравнительная эффективность разновидностей исполнения	1	0.7	0.64

Вывод

В результате выполненного анализа, можно сделать вывод, что наш циклон не уступает крупным промышленным аналогам. Поэтому для конкурентоспособности нужно усовершенствовать технологию получения нанопорошков.

7. Социальная ответственность

Введение

В данном дипломном проекте разрабатывается установка для улавливания металлических частиц пыли в инертном газе аргоне. Такая установка называется – циклон.

Циклон представляет собой оборудование, которое используется в промышленности для очистки жидкостей и газов от частиц пыли. Главным источником выделения вредных паров является нарушение герметичности установки при открывании штуцеров для визуального контроля и отчистки стенок.

Содержание аргона в высоких концентрациях во вдыхаемом воздухе может вызвать головокружение, тошноту, рвоту, потерю сознания и смерть от асфиксии (в результате кислородного голодания). [15]

7.1. 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 табл. Выбор факторов производится с использованием ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»

Таблица 17. Опасные и вредные факторы при выполнении работ по очистке газа от пыли.

Таблица 17

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1. Контроль технологического процесса в помещении	1. Отклонение показателей микроклимата в помещении	1. Электрический ток	1. СанПиН 2.2.4.548-96 [22], 2. СанПиН 2.2.4.1191-03. [23]
2. Извлечение полученной пыли	1. Недостаточная освещенность рабочей зоны	1. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	1. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [24] 2. ГОСТ 12.1.005-88 (с изм. №1 от 2000 г.). ССБТ[25]

7.1.1 Анализ вредных выявленных факторов при эксплуатации проектируемого циклона

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.

7.1.1.1. Состояние воздушной среды и микроклимата

Санитарные правила и нормы 2.2.4.548-96 устанавливают определённый микроклимат для всех типов рабочих помещений. Оптимальные показатели микроклимата производственных помещений представлены в таблице 18.

Таблица 18. Оптимальные показатели микроклимата производственных помещений

Таблица 18

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

Очищаемым газом в установке является аргон. 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. [21, 26]

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;

7.1.1.2. Шумы и вибрации

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

Шумы создаются в основном вентиляторами и 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.

Создание вибробезопасных машин должно обеспечиваться применением методов, снижающих вибрацию в источнике возбуждения, которые приведены в ГОСТ 26568-85

Борьба с шумом и вибрацией ведется с помощью организационных и промышленных предприятий. Используются различные методы:

- Устранение причин шума и вибрации или их ослабление в источнике образования;
- Изоляция источников шума и вибраций средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения;
- Жесткое крепление вибрирующих деталей и узлов;

- Противошумные наушники, закрывающие ушную раковину снаружи;
- Профилактические медицинские мероприятия.

7.1.2. Анализ опасных выявленных факторов при эксплуатации проектируемого циклона

7.1.2.1. 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 [28].

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 [28].

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

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.

7.2. Экологическая безопасность

Работа с данной аэрозолью не оказывает негативного влияния на окружающую среду. Получаемым сырьем является нанопорошок. В процессе очистки аэрозоли не добавляются никакие химические соединения. Отвод сточных вод, при очистке отсутствует за ненадобностью. Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что негативного воздействия на качество окружающей среды не оказывается, согласно [29, 30]

7.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Цех, в котором осуществляется очистка аэрозоли, не является пожаро- и взрывоопасным, поэтому рассмотрим только безопасность при чрезвычайных ситуациях.

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, что бы 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].

7.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Законодательство РФ об охране труда основывается на Конституции РФи состоит из федерального закона, других федеральных законов и иных нормативных правовых актов субъектов РФ. Среди них можно выделить федеральный закон “Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний”. Для реализации этих законов приняты Постановления Правительства РФ “О государственном надзоре и контроле за соблюдением законодательства РФ о труде и охране труда”, “О службе охраны труда”, “О Федеральной инспекции труда” и др. [32].

Управление охраной труда осуществляет блок федеральных органов исполнительной власти, руководимый Министерством здравоохранения и

социального развития Российской Федерации (Минздравсоцразвития). Оно осуществляет функции государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере здравоохранения и социального развития, социального страхования, условий и охраны труда и т. д.

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

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

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

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

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) — государственный санитарноэпидемиологический надзор за соблюдением санитарного законодательства; организует деятельность системы санитарно-эпидемиологической службы РФ. В федеральном законе “О пожарной безопасности” (1994) определяются общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в России, дается регулирование отношений между органами государственной власти, органами

местного самоуправления, предприятиями, организациями, крестьянскими хозяйствами и иными юридическими лицами независимо от форм собственности. Федеральный закон “О промышленной безопасности опасных производственных объектов” (1997) определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлен на предупреждение аварий на опасных производственных объектах и обеспечение готовности организаций к локализации последствий аварий.

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

Заключение

В ходе работы были достигнуты все поставленные нами цели. Был проведен расчет циклона для улавливания порошков метала. Были рассчитаны фланцы, патрубки, обечайки, произведены проверочные расчеты и построен сборочный чертеж.

Со всеми задачами, на мой взгляд, мы справились успешно. Циклон будет улавливать частицы необходимого нам диаметра.

Результат работы, прежде всего, оценивался с финансовой точки зрения. Было необходимо выбрать наиболее оптимальный и не дорогой вариант: реконструкция уже имеющегося циклона или покупка нового. В итоге нами был сделан правильный выбор и в результате сэкономлено порядка 30000 рублей.

Циклон отвечает всем правилам безопасности и не производит вредных выбросов в окружающую среду. При работе на нем, необходимо принимать такие средства индивидуальной защиты, как халат, очки и респиратор.

Список использованных источников

1. Степанченко А. Е., Электрический взрыв проводника, как способ получения нанопорошков сплавов металлов. –Томск, 2014.
2. Яворовский Н. А., Получение ультрадисперсных порошков методом электрического взрыва.
3. Бурцев В. А., Калинин Н.В., Лучинский А.В. Электрический взрыв проводников и его применение в электрофизических установках. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
4. Пустовалов А. В. Влияние газовой среды на энергетические характеристики электрического взрыва проводников и свойства получаемых нанопорошков,– Томск, 2014.
5. Страус В. Промышленная очистка газов. – М.:Химия, 1981.
6. Замураев А.Е., Пономарев В.Б. Расчёт пылеуловителей.:Часть 1.- Екатеринбург, 2006.
7. Очистка промышленных газов от пыли / В. Н. Ужов [и др].– М.: Химия, 1981. –392 с.
8. Справочник по пыле- и золоулавливанию/М.И. Биргер, А.Ю. Вальдберг, Б.И. Мягков и др.; под общ.ред. А.А. Русанова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат,1983.
9. Алиев Г.М.-А. Техника пылеулавливания и очистка промышленных газов: Справочное издание. – М.: Металлургия, 1986 – 544 с.
10. ГОСТ 9941-81 Трубы бесшовные холодно и теплодеформированные из коррозионностойкой стали
11. ГОСТ 9940-81 Трубы бесшовные горячедеформированные из коррозионностойкой стали
12. Справочник по пыле-золоулавливанию / Под общ.ред. А.А. Русанова. –М.: Энергоатомиздат, 1983. –312 с.
13. ГОСТ 12820-80. Фланцы стальные плоские приварные на Ру от 0,1 до 2,5 МПа (от 1 до 25 кгс/кв.см).

14. ГОСТ 7798-70 БОЛТЫ С ШЕСТИГРАННОЙ ГОЛОВКОЙ КЛАССА ТОЧНОСТИ В
15. ГОСТ 5915-70 ГАЙКИ ШЕСТИГРАННЫЕ КЛАССА ТОЧНОСТИ В
16. ГОСТ 11371-78 ШАЙБЫ
17. ГОСТ 12815-80 Фланцы арматуры, соединительных частей и трубопроводов на R_u от 0,1 до 20,0 МПа (от 1 до 200 кгс/кв. см).
18. ГОСТ Р 25857.4-2007 НОРМЫ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений
19. ГОСТ 12820-80 ФЛАНЦЫ СТАЛЬНЫЕ ПЛОСКИЕ ПРИВАРНЫЕ
20. ГОСТ Р 52857.2-2007 НОРМЫ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек
21. www.lenntech.com Argon (Ar) - Chemical properties, Health and Environmental
22. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1996.
23. СанПиН 2.2.4.1191-03. Электромагнитные поля в производственных условиях. М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2003.
24. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий
25. ГОСТ 12.1.005-88 (с изм. №1 от 2000 г.). ССБТ Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
26. <http://www.argon35.ru/> Производство и реализация технических газов и криогенных жидкостей
27. ГОСТ 12.1.003-83 Допустимые уровни шумов в производственных помещениях
28. Инструкция по охране труда по электробезопасности.
29. ГОСТ 17.1.3.13-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений.

30. ГН 2.2.5.1313 – 03. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны
31. Российская Федерация. Законы. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ.
32. 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.