

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проект реактора для электрического взрыва проводника

УДК 669.21/.23.023.2.001.66:537.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4K51	Ткаченко Алексей Сергеевич		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Механический расчет оборудования»

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

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

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

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

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

ЗАДАНИЕ **на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
4К51	Ткаченко Алексею Сергеевичу

Тема работы:

Проект реактора для электрического взрыва проводника	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	18.02.2019 №1235/с
Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2019

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Проект реактора для получения порошка золота методом электрического взрыва проводника. Производительность порошка: 100 г/ч Рабочий газ: воздух Давление газа: 0.3 МПа Рабочая температура среды: 40°C Концентрация порошка в воздухе: не более 0.5 г/м³ Максимальное рабочее напряжение: 30 кВ Длина взрываемого проводника: 150мм Диаметр проводника: 0.3 мм Материал изделия: сталь 12X18H10T
--	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Реферат; Введение; 1. Обзор литературы; 2. Технологическая схема установки для получения нанопорошков драгоценных металлов; 3. Технологический расчет; 4. Выбор конструкционного материала; 5. Механический расчет технологического модуля. 3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 4 Социальная ответственность; Заключение; Список литературы.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Общий вид технологического модуля для электрического взрыва проводника А0 2. Сборочный чертеж реактора для электрического взрыва проводника А0 3. Чертеж основных деталей А2
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Механический расчет оборудования	Беляев Василий Михайлович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Криницына Зоя Васильевна
Социальная ответственность	Скачкова Лариса Александровна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Беляев Василий Михайлович	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4K51	Ткаченко Алексей Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4K51	Ткаченко Алексею Сергеевичу

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

Тема ВКР:

Проект реактора для электрического взрыва проводника	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	В работе рассматривается проект реактора для электрического взрыва проводника. Рабочий газ: воздух Материал проводника: золото Областью применения являются химические лаборатории.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1.Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: -специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; -организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	– Трудовой кодекс РФ; – ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний»; – ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»; – ФЗ «О радиационной безопасности населения»; – СанПиН 2.2.4.3359-16;
2.Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	– Превышение уровня шума; – Отклонение показателей микроклимата; – Повышенное значение напряжения в электрической цепи; замыкание которой может произойти через тело человека.
3. Экологическая безопасность: -анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу(отходы)	- На атмосферу, гидросферу и литосферу вредного влияния не оказывается.

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	- Пожароопасные ситуации; - Поражения рабочего персонала электрическим током.
--	--

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4К51	Ткаченко Алексей Сергеевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
4K51	Ткаченко Алексею Сергеевичу

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

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала проекта	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Разработка устава научно-технического проекта	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления проектом: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Определение производственной мощности. Расчет сырья, материалов, оборудования, фонда оплаты труда. Расчет себестоимости аппарата.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	25.01.2019
--	------------

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4K51	Ткаченко Алексей Сергеевич		

Запланированные результаты обучения по ООП 18.03.02 выпуска 2019 г.

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять базовые математические, естественнонаучные, социально-экономические и специальные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОПК-1,2,3; ПК-8,10,11,12; ОК-1,2,3,4), Критерий 5 АИОР (п.1.1)
P2	Применять знания в области энерго-и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии для решения производственных задач	Требования ФГОС (ОПК-1,2; ПК-1,3,,9; ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2)
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.	Требования ФГОС (ОПК-2; ПК-2,4,5,16; ОК-5,7), Критерий 5 АИОР (пп.1.2)
P4	Проектировать и использовать энерго-и ресурсосберегающее оборудование химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ОПК – 1; ПК-2,4,5,8,17,18; ОК-3,4), Критерий 5 АИОР (п.1.3)
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области энерго-и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ОПК -2,3; ПК-13,14,15; ОК-7), Критерий 5 АИОР (п.1.4)
P6	Осваивать и эксплуатировать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ОПК – 3; ПК-1,4,6,7,9,10,11; ОК-9), Критерий 5 АИОР (п.1.5)
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,6), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5)
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-7), Критерий 5 АИОР (2.6)
P9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-5), Критерий 5 АИОР (п.2.2)
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-4,6,8), Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3)

Реферат

Выпускная квалификационная работа «Проект реактора электрического взрыва проводника» 68 с., 13 рис., 17 табл., 23 источника, 3 прил.

Ключевые слова: электрический взрыв проводника, нанопорошки, золото, технологический модуль.

Область применения: химическая промышленность, нанотехнологии, порошковая промышленность.

Объект проектирования - технологический модуль установки по получению порошков методом электрического взрыва проводника.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: высота модуля 1 760 мм, габаритный диаметр модуля около 540 мм, толщина стенок обечаек 2 мм, входной патрубок - диаметр 88,9 мм и выходной патрубок диаметр 88,9 мм, фланцы.

Степень внедрения: для лабораторных исследований и промышленного производства.

Цель работы - спроектировать и выполнить расчет технологического модуля установки для получения металлических нанопорошков с возможностью вертикальной подачи проволоки в реактор.

Abstract

Final qualifying work "Design of a reactor electric explosion reactor" 68 p., 13 fig., 17 tab., 23 sources, 3 app.

Key words: electric conductor explosion, nanopowders, gold, technological module.

Scope: chemical industry, nanotechnology, powder industry.

The object of design is the technological module of the installation for obtaining the powder method of an electric blasting conductor.

The main design, technological and technical and operational characteristics are: the height of the module is 1 760 mm, the overall diameter of the module is about 540 mm, the thickness of the walls of the shells is 2 mm, the diameter of the inlet nozzle is 88.9 mm diameter, the diameter of the outlet nozzle is 88.9 mm, flanges.

Degree of implementation: for laboratory research and industrial production.

The aim of the work is to design and carry out the calculation of the technological module of the plant for the production of metal nanopowders with the possibility of vertical wire feed to the reactor.

Оглавление

1. Обзор литературы.....	11
2 Технологическая схема установки для получения нанопорошков драгоценных металлов	16
3 Технологический расчёт.....	17
3.1 Материальный баланс реактора.....	17
3.2. Выбор диаметров патрубков для подачи газа и удаления аэрозоля из взрывной камеры	18
4 Выбор конструкционного материала	19
5 Механический расчет технологического модуля.....	20
5.1 Расчет толщины стенки эллиптических днищ	21
5.2 Расчет фланцевых соединений	22
5.3 Расчет изолятора	30
5.4 Расчет бугельного зажима горизонтального усиления.....	32
5.5 Расчет цилиндрических обечаек.....	33
5.6 Расчет опоры	40
5.7 Расчет патрубков.....	42
5.8 Расчет укрепления отверстий.....	43
6 Социальная ответственность	45
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	45
6.2 Производственная безопасность	46
6.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов	47
6.4 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов	48
6.5 Экологическая безопасность.....	49
6.7 Пожарная безопасность.....	50
6.8 Первичные средства пожаротушения, немеханизированный пожарный инструмент и инвентарь	51
7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	52
7.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	52
7.2 SWOT-анализ	52
7.3 Планирование научно-исследовательских работ. Структура работ в рамках научного исследования.....	55
7.4. Определение трудоемкости выполнения работ	56
7.5 Разработка графика проведения научного исследования.....	57
7.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	60
7.7 Расчет материальных затрат НТИ	60
7.8 Основная заработная плата исполнителей темы.....	60
7.9 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	62
7.10 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	63
7.11 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	64
7.12 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	65
Вывод.....	68
Список литературы.....	69

Введение

В настоящее время в промышленности наблюдается «бум» по внедрению установок создания крупногабаритных деталей методом селективного лазерного спекания – так называемая 3D печать металлом. Основным сырьем для данной технологии служат металлические нанопорошки микронного размера. Однако, известно, что уменьшение размера частиц в некоторых случаях может привести к существенному улучшению свойств создаваемой функциональной детали. Такими образом, исследование и модернизация способов получения металлических порошков с размером частиц несколько сотен нанометров является актуальной задачей.

Одним из способов получения металлических порошков, является электрический взрыв проводника. На данный момент созданы опытные установки производительностью до 100 г/час металлического порошка. Однако их промышленное применение затрудняется некоторыми конструктивными особенностями. В частности при попытке осуществить электрический взрыв проводника «мягкого» но «тяжёлого» металла, например золота, наблюдается прогиб проволоки при ее подачи во взрывную камеру и сбой в работе оборудования. Для решения этой проблемы необходимо изменить некоторые конструктивные узлы установки. Например, перейти от горизонтальной подачи проволоки к вертикальной. Дополнительно можно спроектировать более удобные в эксплуатации части технологического модуля.

Цель работы - спроектировать и выполнить расчет технологического модуля установки для получения металлических нанопорошков с возможностью вертикальной подачи проволоки в реактор.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- определить основные размеры частей входящих в технологический модуль;
- выполнить расчет узлов;
- выполнить рабочие чертежи.

Объект исследования - технологический модуль установки по получению порошков методом электрического взрыва проводника.

1. Обзор литературы

В настоящее время известные технологии получения нанодисперсных порошков разделяются на два типа. В основе первого лежат химические процессы, такие как осаждение из растворов, высокоэнергетический синтез, разложение нестабильных соединений и т.п. В основе второго типа лежат физические процессы - механическое измельчение, центробежное распыление расплава, осаждение паров. Электрический взрыв проводника является физическим методом получения металлических порошков. Метод основан на явлении разрушения отрезка металлического проводника импульсом тока большой плотности [1]. Под действием тока проводник частично разрушается на мелкие – микронные частицы металла, а так же испаряется. Продукты разрушения, быстро охлаждаясь, образуют частиц размером несколько десятков нанометров. На рисунке 1.1 приведена схема установки для получения металлических порошков методом ЭВП.

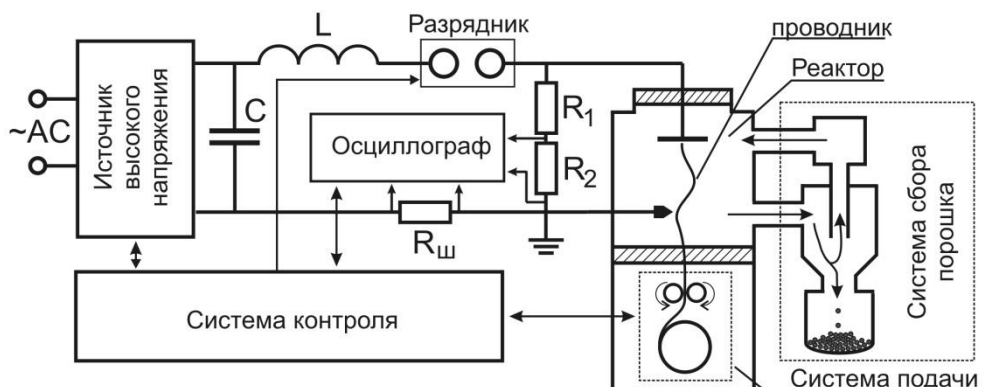


Рисунок 1.1 - Схема установки для получения нанопорошков методом ЭВП.

Принцип работы установки следующий:

1. Источник высокого напряжения заряжает конденсатор C до выбранного уровня напряжения U_0 .
2. С помощью коммутатора конденсатор разряжается на взрываемый проводник.
3. Под действием протекаемого тока, проводник нагревается, плавится, нагревается в жидком состоянии и взрывается.
4. Продукты взрыва - металлический пар и капли, разлетаясь кристаллизуются в мелкие частицы.
5. С помощью вентилятора аэрозоль переносится в циклон, где разделяется рабочий газ и порошок.
6. Очищенный газ поступает в реактор, процесс повторяется.

В настоящее время разработано множество конструкций установок, но все они работают по одному и тому же принципу. В литературе приводится большое количество работ, по исследованию ЭВП метода как метода получения чистых металлических нанопорошков а именно алюминия [1,2], меди [1,3], железа [4], никеля [5], вольфрама [4], молибдена [6]. Имеются данные и о получении сплавов металлов никель-хром, бронза, латунь, нержавеющая сталь [2]. А так же различных интерметаллидов и химических соединений металла с компонентами среды [1,2]. Однако исследования метода продолжается и по сей день. Важной решаемой задачей в данной технологии, является - нахождения условий получения частиц обеспечивающих высокую дисперсность получаемого порошка, а так же узкое распределение частиц по размерам. На свойства получаемых порошков можно влиять изменяя начальные условия взрыва – рабочее напряжение, емкость конденсаторной батареи, длины и диаметра взрываемого проводника, а так же изменяя состава и давление среды в которой осуществляется синтез порошка.

Так же выдуться работы по совершенствованию технологического исполнения установок. Работы ведутся по нескольким направлениям: 1. Разделение фракций полученного порошка – отделение микронных частиц от нанометровых. 2. Оптимизация технологического модуля установки с целью обеспечения ее непрерывной работы в течении продолжительного периода времени.

Существующие установки, в том числе в ТПУ, в ООО «Томские нанопрошки», ООО «Передовые порошковые технологии», ООО «Новосибирские нанопорошки» выпалены стандартным образом (рис. 1.2) [7].

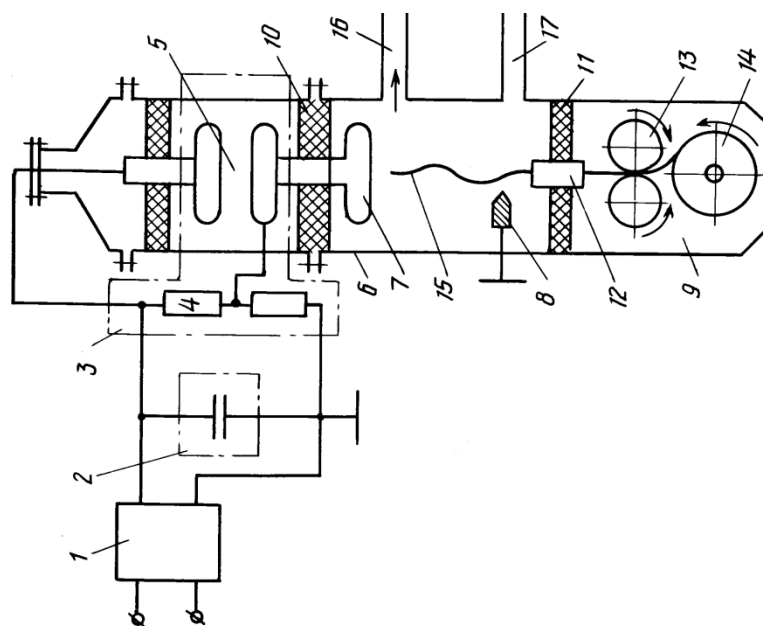


Рисунок 1.2 – Основное технологическое исполнение установки УДП.

Горизонтально расположенный технологический модуль установки, обеспечивает бесперебойную подачу проводника к высоковольтному электроду. Такие установки показали себя как довольно долговечное и не требующие сложного технологического решения оборудование. Однако ряд металлов обладающих низкой жесткостью и относительно высокой плотностью, таких как медь, серебро, а особенно золото, не возможно выпрямить участок длиной более 70 мм и тем более горизонтально направить конец проволоки к высоковольтному электроду.

В результате этого, на установках приходится взрывать относительно короткие участки проволок, что затрудняет варьирование начальных условий взрыва и тем самым пагубно влияет на получаемый нанопорошок.

На рисунке 1.3 приведены фотографии, полученные с помощью просвечивающего электронного микроскопа, получаемых нанопорошков меди [9].

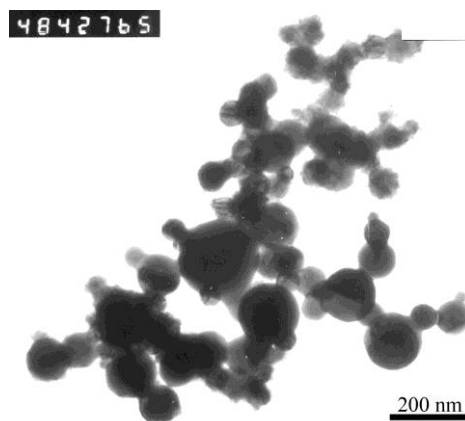


Рисунок 1.3 - ПЭМ фотографии нанопорошка меди полученного методом ЭВП

Из фотографий видно, что основная часть частиц спекается между собой образуя прочные агломераты. По мнению автора работы и фотографий, спекание связано с чрезмерным нагревом продуктов взрыва. Для уменьшения нагрева, по мнению автора, следует применять принудительное охлаждение установки. Однако уменьшая энергию вводимую в проводник, путем увеличения длины взрываемого проводника, так же возможно добиться снижения агломерации частиц [9].

Аналогичные результаты представлены в работах [10] (рис. 1.4).

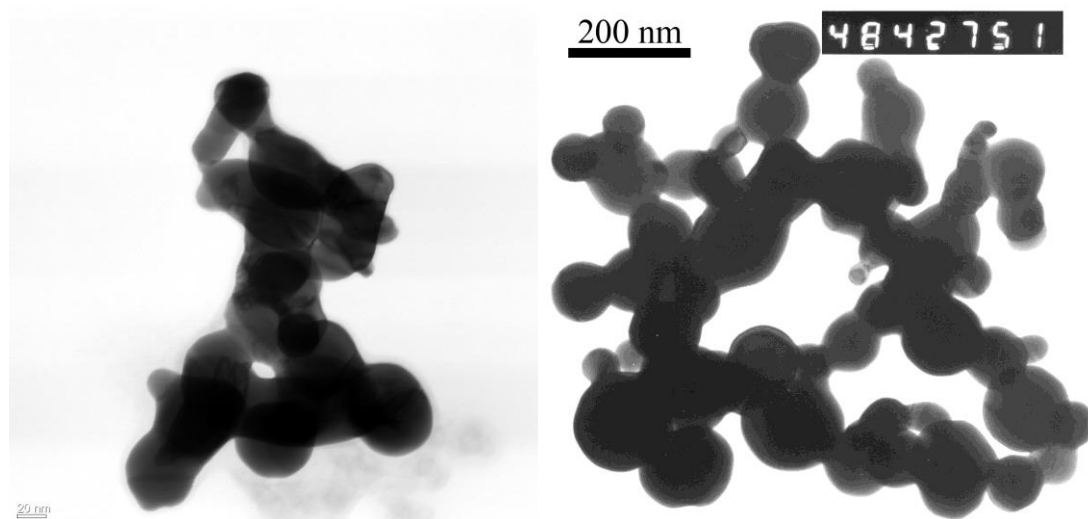


Рисунок 1.4. ПЭМ фотографии электровзрывных порошков золота и серебра.

При получении таких порошков, так же наблюдается спекание частиц, приводящая к агломерации порошка.

К тому же, следует отметить, что невозможность существенного увеличения длины взрываемого проводника, из за его провисания, не позволяет в широких диапазонах

исследовать сам процесс ЭВП. А именно не возможно определить длину проводника обеспечивающую базовый «критический» режим взрыва [3]. Так как мель, серебро, золото являются металлами с высокой электропроводностью, то критическая длина проводника при ЭВП в стандартных условиях превышает 120 мм (рис. 1.5).

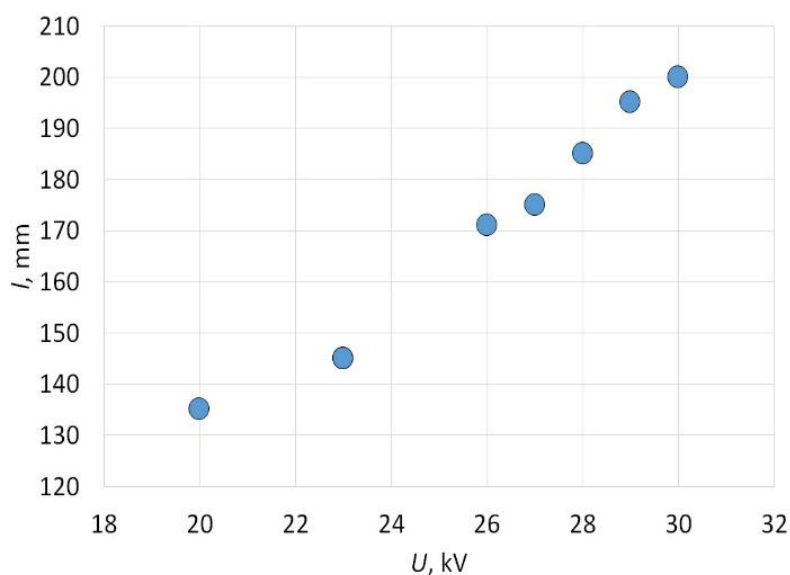


Рисунок 1.5 – Влияние начальных условий ЭВП на критическую длину взрывающегося проводника.

Таким образом, основная цель работы – спроектировать и выполнить расчет технологического модуля установки для получения металлических нанопорошков с возможностью вертикальной подачи проволоки в реактор.

Все основные узлы модуля будут проектироваться исходя из опыта эксплуатации предшествующих модификаций, а новый технологический модуль должен отвечать требованиям простоты настройки, обслуживания и проведения плановых ремонтных работ.

2 Технологическая схема установки для получения нанопорошков драгоценных металлов

Технологическая схема установки (рис. 2.1) состоит из:

- технологического модуля включающего в себя разрядную камеру, взрывную камеру (реактор), секцию механизма подачи проводника;
- циклона для разделения полученного нанопорошка и рабочего газа;
- вентилятора обеспечивающего подачу очищенного газа и продувку взрывной камеры;
- систему вакуумирования и заполнения внутреннего объема установки рабочим газом.

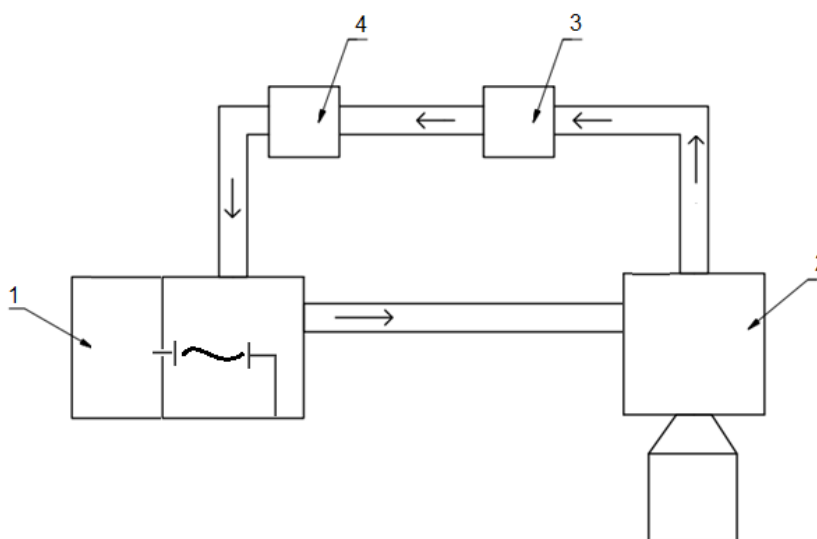


Рисунок 2.1 – Технологическая схема установки.

- 1- Технологический модуль, 2 – циклон для разделения порошка и рабочего газа;
3 – вентилятор, 4 – система вакуумирования, напуска и забора газа

Установка работает следующим образом – в реакторе устанавливается заданное расстояние между высоковольтным и заземленным электродами. Объем установки с помощью компрессора заполняется воздухом до рабочего давления. Затем включается источник высокого напряжения и механизм подачи проводника. При приближении проводника к высоковольтному электроду происходит срабатывание разрядника и проводник взрывается, продукты взрыва вентилятором переносятся в циклон, инертный газ очищается после чего снова подается во взрывную камеру. Процесс повторяется.

3 Технологический расчёт

Для построения технологического модуля необходимо рассчитать диаметры входных и выходных патрубков и определить скорость продувки воздуха через реактор для обеспечения концентрации порошка $0,5 \text{ г/м}^3$, а так же выбрать основные фланцевые соединения и крепёжные детали.

Исходные данные:

Рабочий газ – воздух;

Рабочее давление газа – $0,3 \text{ МПа}$;

Синтезируемые нанопорошки – золото;

Длина взрываемого проводника – до $0,15 \text{ м}$;

Диаметр взрываемого проводника – $0,0003 \text{ м}$;

Максимальное рабочее напряжение работы установки – 30 кВ ;

Производительность установки - $0,1 \text{ кг/час}$;

Концентрация порошка - не более $5 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$

3.1 Материальный баланс реактора

Расчетные параметры:

Для расчета объема взрывной камеры определим ее длину:

Диаметр разлета продуктов взрыва при ЭВП в газовой среде составляет не менее $0,1 \text{ м}$ [11], для предотвращения прилипания продуктов ЭВП к стенкам камеры рекомендуется применять внутренний диаметр взрывной камеры не менее $0,3 \text{ м}$, в соответствии с ГОСТ 10704-91 [12] выберем трубу с внешним диаметром 325 мм , внутренний диаметр примем 320 мм . Учитывая, что длина взрываемого проводника составляет 150 мм , а крепежные размеры высоковольтного и заземленного электродов, а так же узла выхода проволоки из механизма подачи занимают не менее 300 мм , выберем длину взрывной камеры 500 мм .

Объем взрывной камеры составляет

$$V_{\text{в.к.}} = \frac{(\pi d^4)}{4} L = 0,04 \text{ м}^3$$

Для обеспечения концентрации порошка $0,5 \text{ г/м}^3$, и производительности установки 100 г/ч нам необходимо:

$$V_{\text{ар.}} = \frac{0,1}{0,0005} = 200 \text{ м}^3$$

При давлении $0,3 \text{ МПа}$, и плотности воздуха $1,2 \text{ кг/м}^3$ масса газа составит:

$$m_{\text{ар.}} = 3 \cdot 1,2 \cdot 200 = 720 \text{ кг}$$

Результаты расчета занесем в таблицу 3.1.

Таблица 3.1.

Приход			Расход		
Поток	кг/час	%	Поток	кг/час	%
воздух	720	99,98	воздух	720	99,98
Проволока	0,1	0,02	Нанопорошок	0,1	0,02
Итого	720,1	100	Итого	720,1	100

3.2. Выбор диаметров патрубков для подачи газа и удаления аэрозоля из взрывной камеры

Для обеспечения концентрации газа $0,5 \text{ г/м}^3$ при производительности установки 100 г/час , необходима циркуляция воздуха $200 \text{ м}^3/\text{ч}$, производительность вентилятора должна быть не меньше $200 \text{ м}^3/\text{ч}$. Примем скорость потока газа создаваемый вентилятором 10 м/с , тогда диаметры входного и выходного патрубка составит:

$$d_{\text{п}} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{\text{ар}}}{\pi \cdot v_{\text{г}}}} = 0,085 \text{ м}$$

Исходя из ГОСТ 10704-91 [12] выберем трубу с внешним $88,9 \text{ мм}$.

3.3. Выбор фланцевых соединений и крепежа

В качестве фланцевых соединений обечаек реактора будем использовать фланцы стальные плоские приварные на Ру от $0,1$ до $2,5 \text{ МПа}$ ГОСТ 12820 – 80 [13] диаметром условного прохода 300 , а так же фланцевое соединение типа шип-паз. Для фланцев входных и выходных патрубков выберем соединения типа CLAMP $88,9 \text{ мм}$. Для смотрового люка будем использовать CLAMP соединение диаметром 204 мм .

Для соединения фланцев будем использовать болты, гайки и шайбы согласно ГОСТ 7798-70, ГОСТ 5915-70 и ГОСТ 11371-78.[14, 15, 16]

Для соединения колпака секции механизма подачи будем использовать зажим бугельный горизонтального усиления [17].

4 Выбор конструкционного материала

Так как аппарат получения металлических порошков методом электрического взрыва проводника должен выдержать рабочее давление 0,3 МПа в соответствии с техническим заданием качества исполнительной марки стали для элементов корпуса выбираем сталь марки 12X18H10T. Сталь 12X18H10T так же является коррозионно-стойкой.

В качестве материала для крепежных изделий будем использовать так же сталь марки 12X18H10T благодаря ее высокой механической прочности и распространенности на рынке.

В качестве уплотнительного материала примем резину марки МБС ГОСТ 7338-90 [18], так как она является химически стойкой и применяется в качестве уплотнения узлов работающих при давлении свыше 0,1 МПа.

5 Механический расчет технологического модуля

На рисунке 4.1 представлен модель технологического модуля используемая для получения металлических нанопорошков золота методом электрического взрыва проводника.

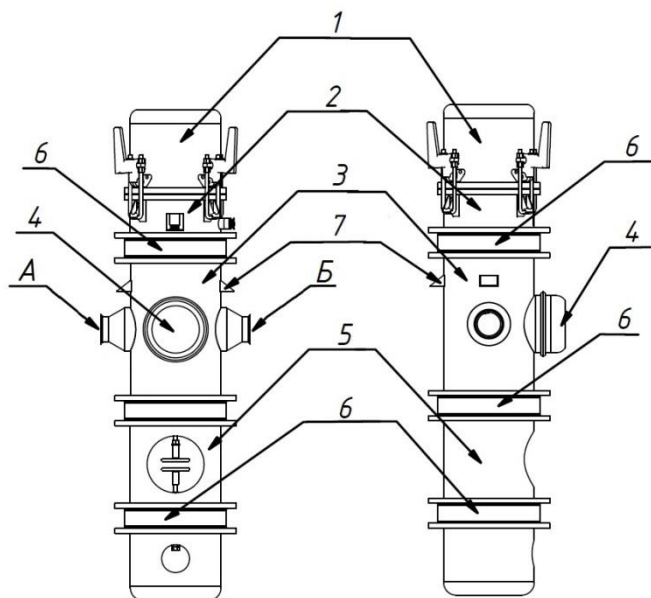


Рисунок 4.1 - Модель технологического модуля

1 - колпак; 2 - камера механизма подачи проводника (Секция I), 3 – реактор (Секция II), 4 – смотровое окно, 5 – разрядная камера (Секция III); 6 – изоляторы, 7 – опоры.

Рабочая температура газа аппарата в соответствии с ТЗ может достигать 40 градусов, давление воздуха в аппарате 0,3 МПа. Весь технологический модуль весит на трех опорах.

Через патрубок А происходит вакуумирование аппарата, наполнение его рабочей средой и подача очищенного газа. Через патрубок Б происходит разгрузка аппарата, смесь газа и нанопорошка (аэрозоль) подается в циклоны. С помощью смотрового окна можно отрегулировать длину взрываемого проводника и настроить узел механизма подачи проводника, обеспечивающий непрерывную подачу проволоки во взрывную камеру.

5.1 Расчет толщины стенки эллиптических днищ

Для заглушки колпака секции удобнее всего использовать эллиптическое днище (рис. 5.1), произведем его расчет согласно ГОСТ 34233.2-2017 [19] с учетом того, что днище нагружено внутренним избыточным давлением.

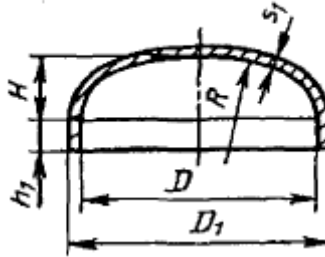


Рисунок 5.1 - Расчетная схема эллиптического днища

Исходные данные:

Принимаем днища по [20]: 300х2х-25-12Х18Н10Т

Внутренний диаметр днища, мм $D = 321$

Наружное давление, МПа $P_{\text{нар}} = 0,1$

Расчетные параметры:

Радиус кривизны в вершине днища для эллиптических днищ равен внутреннему диаметру 321 мм

$$H = 0.25D = 80,2 \text{ мм}$$

Определим радиус кривизны в вершине днища:

$$R_{\text{кр}} := \frac{D^2}{4 \cdot H} = 321 \text{ мм}$$

Проверим условие, что рабочая температура не превышает значений, при которых учитывается ползучесть материалов. Примем, что расчетная температура стенки обечайки из аустенитной стали 525 °С [19]. Т.к. рабочая температура 40 °С, условие выполняется.

Допускаемое напряжение для стали 12Х18Н10Т при температуре 20°С составит 181,5 МПа.

Расчетное значение предела текучести для стали 12Х18Н10Т при температуре 40 °С методом пропорции и примем равным $R_e = 272$ МПа [21]

Допускаемое напряжение рассчитаем из уравнения:

$$\sigma = \frac{R_e}{1.1} = 247 \text{ МПа}$$

Суммарная прибавка к толщине стенки трубы [19]:

$$c = c_{11} + c_{21} = 0,1 + 1 = 1,1 \text{ мм};$$

Коэффициент прочности сварных швов для бесшовных элементов согласно [19] равен:

$$\varphi = 1$$

Рассчитаем толщину стенки днища нагруженного внутренним давлением

$$s_{1p} := \left(\frac{P_{вн} \cdot R}{2 \cdot \sigma - 0,5 \cdot P_{вн}} \right) = 0,195 \text{ мм}$$

С учетом суммарной прибавки к толщине, толщина составит:

$$s_1 := s_{1p} + c = 1,295 \text{ мм}$$

Примем минимальную толщину стенки днища равную 2 мм.

Определим допустимое внутреннее давление:

$$P_{доп} := \frac{2 \cdot \sigma \cdot (s_1 - c)}{R + 0,5 \cdot (s_1 - c)} = 1,076 \text{ МПа}$$

Определим применимость расчетов:

$$0,002 \leq \frac{s_1 - c}{D} = 2,18 \cdot 10^{-3} \leq 0,1$$

$$0,2 \leq \frac{H}{D} = 0,25 \leq 0,5$$

Вывод – допустимое внутреннее давление превышает рабочее давление, толщина стенки нам подходит.

Днище Секции IV электрического ввода, не нагружено внутренним давлением, секция служит лишь для обеспечения безопасности рабочего персонала от попадания под высокое напряжение. Для секции будем использовать днище со стенкой 2 мм.

5.2 Расчет фланцевых соединений

Рассчитаем фланцевые соединения:

- обечайка взрывной камеры - изолятор разрядной камеры - обечайка разрядной камеры;

- обечайка взрывной камеры - изолятор секции механизма подачи – обечайка секции механизма подачи;

- обечайка секции механизма подачи – обечайка колпака механизма подачи;

Для этого определим болтовую нагрузку, рассчитаем толщину прокладки, определим число и диаметр болтов, проверим условие прочности фланцев и герметичности фланцевого соединения.

Расчет фланцевого соединения выполнен по ГОСТ 34233.4-2017 [22]

В качестве фланцевого соединения обечайка-изолятор-обечайка выберем соединения с гладкой уплотнительной поверхностью (рис. 5.2)

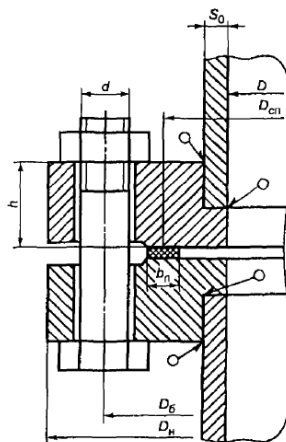


Рисунок 5.2 – Фланцевые соединения с гладкой уплотнительной поверхностью

Для соединения обечайка секции механизма подачи – колпак механизма подачи выберем соединение с уплотнительной поверхностью типа шип-паз (рис. 5.3).

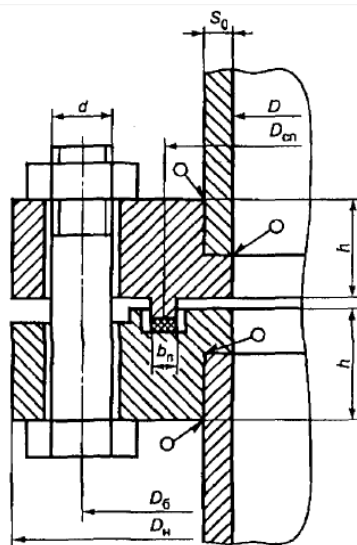


Рисунок 5.3 – Фланцевые соединения с уплотнительной поверхностью типа шип-паз.

Расчет фланцевого соединения с гладкой уплотнительной поверхностью

Для диаметра обечайки 325 мм и рабочего давления 0,3 МПа выбираем из ГОСТ 12820-80 [13] следующий фланец:

Наружный диаметр фланца $D = 435$ мм;

Внутренний диаметр фланца $D_T = 325$ мм;

Толщина фланца $b = 18$ мм;

Полная толщина фланца с выступом $h = 22$ мм;

Диаметр окружности расположения болтов $D_6 = 395$ мм;

Диаметр болтов $d = 22$ мм;

Ширина прокладки $b_n = 15$ мм;

Наружный диаметр прокладки $D_{н.п.} = 395$ мм;

Материал обечаек и фланцев - сталь 12X18H10T;

Материал болтов - сталь 12X18H10T;

Материал прокладки - резина МБС.

Рассчитаем температуру неизолированного плоского фланца:

$$t_{\phi} = 0,96 \cdot t = 38,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Температура болтов:

$$t_6 = 0,85 \cdot t = 34 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Допускаемые напряжения для болтов из стали 12X18H10T в рабочем состоянии составит [22]:

$$\delta_{д.б.} = 154,5 \text{ МПа}$$

Модуль упругости для болтов E_6 [22]:

$$E_6 = 2,09 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

а при $t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$E_{6,20} = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для болтов при $t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ [22]:

$$\delta_{6,20} = 155 \text{ МПа}$$

Коэффициент линейного расширения стали 12X18H10T при $t = 20 - 200 \text{ }^{\circ}\text{C}$ [22]:

$$\alpha_6 = 12,6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

Допускаемые напряжения для фланцев и обечаек стали 12X18H10T:

$$\text{при } t = \begin{pmatrix} 20 \\ 50 \end{pmatrix} - \sigma = \begin{pmatrix} 184 \\ 180,25 \end{pmatrix} \text{ МПа}$$

Составит:

$$\sigma = 182 \text{ МПа}$$

Так как фланцы изготавливаются из листового проката:

$$\eta = 1;$$

$$\sigma_{д.ф.} = 182 \text{ МПа}$$

Модуль упругости для стали 12X18H10T при расчетной температуре:

$$E = 2,4 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для стали 12X18H10T при $t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$\sigma_{д,20} = \eta \sigma_{20} = 184 \text{ МПа}$$

Модуль упругости для стали 12Х18Н10Т при температуре испытания 20 °С:

$$E = 2.0 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Коэффициент линейного расширения стали 12Х18Н10Т при $t = 20 - 100$ °С [22]:

$$\alpha_{\text{ф}} = 16,6 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$$

Эффективный диаметр прокладки:

$$b_0 = 3.8 \sqrt{b_{\text{п}}} = 15 \text{ мм}$$

Характеристики прокладки:

Прокладочный коэффициент $m = 1$

Удельное давление обжатия прокладки $q_{\text{обж}} = 4 \text{ МПа}$

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

Коэффициент обжатия $K_{\text{обж}} = 0,9 \text{ МПа}$

Условный модуль сжатия прокладки $E_{\text{п}} = 200 \text{ МПа}$

Усилие, необходимое для смятия прокладки при затяжке:

$$P_{\text{обж}} = 0,5 \pi (D_{\text{нп}} - b_0) b_0 m q_{\text{обж}} = 2,44 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

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

$$R_{\text{п}} = \pi (D_{\text{нп}} - b_0) b_0 m q_{\text{обж}} = 4,89 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

Площадь поперечного сечений болтов составит:

$$f_6 = 225 \text{ мм}^2$$

Суммарная площадь сечения болтов:

$$A_6 = n f_6 = 2 \cdot 700 \text{ мм}^2$$

Равнодействующая нагрузка от давления:

$$Q_d = \frac{\pi}{4} (D_{\text{нп}} - b_0)^2 P = 2,8 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

Податливость прокладки:

$$y_{\text{п}} = \frac{h_{\text{п}} K_{\text{обж}}}{E_{\text{п}} \pi (D_{\text{нп}} - b_0) b_{\text{п}}} = 8,3 \cdot 10^{-7} \frac{\text{мм}}{\text{Н}}$$

Расстояние между опорными поверхностями гайки и головки болта (из чертежа):

$$L_{60} = 70 \text{ мм}$$

Эффективная длина болта при определении податливости:

$$L_6 = L_{60} + 0,56d = 76,16 \text{ мм}$$

Податливость болтов:

$$y_6 = \frac{L_6}{E_{206} A_6} = \frac{111,2}{2 \cdot 10^5 \cdot 2700} = 1,34 \cdot 10^{-7} \frac{\text{мм}}{\text{Н}}$$

Расчетные параметры фланцев:

Рассчитаем длину обечайки:

$$l_0 = \sqrt{Ds_0} = 25,5 \text{ мм}$$

Отношение наружного диаметра тарелки фланца к внутреннему диаметру:

$$K = \frac{D_H}{D} = 1,338$$

Коэффициенты, зависящие от соотношения размеров тарелки фланца:

$$\beta_T = \frac{K^2(1 + 8.55 \log(K)) - 1}{(1.05 + 1.945K^2)(K - 1)} = 1.26$$

$$\beta_U = \frac{K^2(1 + 8.55 \log(K)) - 1}{1.36(K^2 - 1)(K - 1)} = 5.32$$

$$\beta_Y = \left[\frac{1}{K - 1} \right] \left(0.69 + 5.72 \frac{K^2 \log(K)}{(K^2 - 1)} \right) = 6.89$$

$$\beta_Z = \left[\frac{K^2 + 1}{K^2 - 1} \right] = 3.53$$

коэффициенты для фланцевых соединений с приварными встык фланцами с прямой втулкой, плоскими фланцами, типа шип паз и свободными фланцами

$$\beta_F = 0,9$$

$$\beta_V = 0,55$$

$$f = 1$$

Определим λ

$$\lambda = \frac{\beta_F h + l_0}{\beta_T l_0} + \frac{\beta_V h^3}{\beta_U l_0 (S_0)^2} = \frac{38.5}{63.72} + \frac{4.95}{1074} = 12.2$$

Угловая податливость фланца при затяжке:

$$y_\Phi = \frac{0.91 \beta_V}{E_{20} \lambda l_0 S^2} = 2 \cdot 10^{-9} \frac{\text{мм}}{\text{Н}}$$

Угловая податливость фланца, нагруженного внешним изгибающим моментом:

$$y_\Phi = \left(\frac{\pi}{4} \right)^3 \frac{D_6}{E_{20} h D_H} = 2.06 \cdot 10^{-10} \frac{\text{мм}}{\text{Н}}$$

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

$$C_F = \sqrt{\frac{\pi D_6}{n \left[2d + \left(\frac{6h}{m_1 + 0.5} \right) \right]}} = \sqrt{\frac{3.14 \cdot 395}{12 \left(2 \cdot 55 + \left(\frac{6 \cdot 3}{1 + 0.5} \right) \right)}} = 0.89$$

Примем $C_F = 1$

Приведенный диаметр плоского фланца при $D \geq 20S_1$ равен 323 мм

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

$$b = 0.5 (D_6 - D_{\text{сп}}) = 9$$

Эквивалентная толщина плоских фланцев: $S_3 = 2$

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

$$\gamma_1 = \frac{1}{y_{\text{п}} + y_6 \left(\frac{E_{206}}{E_6} \right) + 2b^2 y_{\text{ф}} \frac{E_{20}}{E}} = 3.45 \cdot 10^5 \frac{H}{\text{мм}}$$

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

$$\alpha_1 = 1 - \frac{y_{\text{п}} - 2e y_{\text{ф}} b}{y_{\text{п}} + y_6 + 2b^2 y_{\text{ф}}} = 0.827$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения, нагруженного внешним изгибающим моментом:

$$\alpha_{\text{м}} = \frac{y_6 + 2y_{\text{фн}} b \left(b + e - \left(\frac{e^2}{D_{\text{сп}}} \right) \right)}{y_6 + y_{\text{п}} \left(\frac{D_6}{D_{\text{сп}}} \right)^2 + 2y_{\text{фн}} b^2} = 0.273$$

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

$$Q_t := \gamma_1 \left[2 \cdot \alpha_{\text{ф}} \cdot h \cdot (t_{\text{ф}} - 20) - 2 \cdot \alpha_6 \cdot h \cdot (t_6 - 20) \right]$$

$$Q_t = 1.96 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

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

$$P_{61} := \max \left[\left[\alpha_1 \cdot (Q_d + F) + R_{\text{п}} + \frac{4 \alpha_{\text{м}} \cdot |M|}{D_{\text{сп}}} \right], \left[\alpha_1 \cdot (Q_d + F) + R_{\text{п}} + \left(\frac{4 \alpha_{\text{м}} \cdot |M|}{D_{\text{сп}}} \right) - Q_t \right] \right]$$

$$P_{61} = 2.8 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

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

$$P_{62} := \max(P_{\text{обж}}, 0.4 A_6 \cdot \sigma_{206})$$

$$P_{62} = 1.67 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

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

$$P_{6M} := \max(P_{61}, P_{62})$$

$$P_{6M} = 1,67 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

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

$$P_{6P} := P_{6M} + (1 - \alpha_1) \cdot (Q_d + F) + Q_t + \frac{4 \cdot (1 - \alpha_M) \cdot |M|}{D_{сп}}$$

$$P_{6P} = 1,742 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

Проверка прочности болтов (шпилек) и прокладки.

Расчетные напряжения в болтах (шпильках):

- при затяжке:

$$\sigma_{61} := \frac{P_{6M}}{A_6} = 62 \text{ МПа}$$

- в рабочих условиях:

$$\sigma_{62} := \frac{P_{6P}}{A_6} = 64,5 \text{ МПа}$$

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

σ_{61} меньше чем σ_{206} (155 МПа), σ_{62} меньше чем $\sigma_{6,д}$ (154,5 МПа)

Условия прочности выполняются.

Удельное давление на прокладку:

$$q := \frac{\max(P_{6M}, P_{6P})}{\pi \cdot D_{сп} \cdot b_{II}} = 10,7 \text{ МПа}$$

Условие прочности прокладки (проверяется для мягких прокладок):

q меньше чем q_d (130 МПа), условия прочности выполняются.

Расчет фланцев на статическую прочность:

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

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

$$M_M = 4,02 \cdot 10^6$$

Расчетный изгибающий момент, действующий на фланец в рабочих условиях:

$$M_P := C_F \cdot \max[P_{6P} \cdot b + (Q_d + Q_{FM}) \cdot e, |Q_d + Q_{FM}| \cdot e]$$

$$M_P = 4,257 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Расчетные напряжения во фланце при затяжке:

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

$$\sigma_{0M} := \frac{M_M}{\lambda \cdot (S_0 - c)^2 \cdot D_{\text{пр}}} = 253,8 \text{ МПа}$$

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

- радиальное:

$$\sigma_{RM} := \left[\frac{(1.33 \beta_F \cdot h + l_0)}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \right] \cdot M_M = 4,28 \text{ МПа}$$

- окружное:

$$\sigma_{TM} := \left[\frac{(\beta_Y M_M)}{h^2 \cdot D} \right] - \beta_Z \cdot \sigma_{RM} = 160,7 \text{ МПа}$$

Расчетные напряжения во фланце в рабочих условия:

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

$$\sigma_{0p} := \frac{M_p}{\lambda \cdot (S_0 - c)^2 \cdot D_{\text{пр}}} = 268,4 \text{ МПа}$$

- максимальные меридиональные мембранные напряжения в обечайке плоского фланца:

$$\sigma_{0MP} := \max \left[\left[\frac{Q_d + F + \frac{(4 \cdot |M|)}{D_{\text{сп}}}}{\pi \cdot (D - S_0) \cdot (S_0 - c)} \right], \left[\frac{Q_d + F - \frac{(4 \cdot |M|)}{D_{\text{сп}}}}{\pi \cdot (D - S_0) \cdot (S_0 - c)} \right] \right] = 13,8 \text{ МПа}$$

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

- радиальное:

$$\sigma_{Rp} := \left[\frac{(1.33 \beta_F \cdot h + l_0)}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \right] \cdot M_p = 4,53 \text{ МПа}$$

- окружное:

$$\sigma_{Tp} := \left[\frac{(\beta_Y M_p)}{h^2 \cdot D} \right] - \beta_Z \cdot \sigma_{Rp} = 170,3 \text{ МПа}$$

Проверка условий статической прочности фланцев:

$K_T = 1.3$ при расчете с учетом стесненности температурных деформаций. При расчете без учета стесненности температурных деформаций $K_T = 1$.

$$K_T = 1.3$$

Максимальное из $\sigma_{0M} + \sigma_{RM} = 257,6$ МПа или $\sigma_{0M} + \sigma_{TM} = 413,9$ больше чем $K_T \cdot \sigma_{20}$ –
Выполняется

Максимальное из $\sigma_{0p} - \sigma_{0mp} + \sigma_{Tp} = 424,8$ или $\sigma_{0p} - \sigma_{0mp} + \sigma_{Rp} = 259,1$ или $\sigma_{0p} + \sigma_{0mp} = 282,2$ больше чем $K_T \sigma_{д.ф} = 235,9$ – Условие выполняется

Таким образом, в разделе работы было рассчитано фланцевое соединения, фланец подходит под наши условия. Все необходимые условия выполняются.

Остальные фланцы рассчитываем по аналогии.

5.3 Расчет изолятора

Для обеспечения бесперебойной работы установки, ввода высоковольтного напряжения во внутренний объем взрывной камеры, в качестве соединения взрывной камеры с разрядной камерой и секцией механизма подачи проводника рекомендуется использовать диэлектрические материалы. Причем такие материалы должны выдерживать рабочее давление и не подвергаться поверхностным пробоям при взрыве проводника.

В качестве материала изолятора примем оргстекло марки ТОСП - стекло органическое техническое пластифицированное ГОСТ 17622-72 [23].

Определим толщину изолятора, находящейся между взрывной камерой (Секция II) и разрядной камерой (Секция III) (рис 5.4), обеспечивающую прочность конструкции.

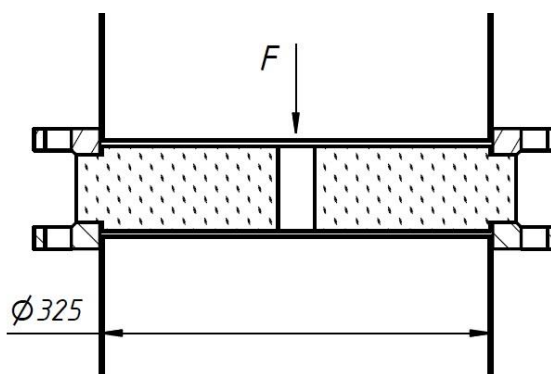


Рисунок 5.4 - Расчетная схема изолятора

На поверхность изолятора действует внутренне избыточное давление, для расчёта будем использовать ГОСТ [19].

Исходные данные:

Внутренний диаметр обечайки $D = 321$ мм

Наружный диаметр прокладки $D_{н.п.} = 365$ мм

Внутренний диаметр прокладки $D_{н.п.} = 325$ мм

Толщина прокладки $s_{п} = 3$ мм

Допустимое напряжение орг. стекла [24] примем равным $\sigma_{дн} = 110$ МПа

Рабочее давление $P_p = 0,3$ МПа;

Расчетные параметры:

Примем расчетный диаметр изолятора равным среднему диаметру прокладки $D_p = 345$ мм

коэффициент конструкции плоских днищ и крышек

$$K = 0,41$$

коэффициент ослабления плоских крышек отверстием

$$K = 1$$

Толщина плоского круглого днища аппарата, который работает под внутренним избыточным или наружным давлением, рассчитывается по формуле:

$$s_{д1} \geq s_{1д} + c_d$$

$$s_{д1} \geq s_{1д} + c_d$$

где

$$s_{1д} := K \cdot K_0 \cdot D_p \cdot \sqrt{\frac{P_p}{\varphi_p \cdot \sigma_{дн}}}$$

Коэффициент K для нашего случая примем равным 0,4.

Для днищ имеющих отверстие:

$$K_0 = \sqrt{1 + \frac{d}{D_p} + \left(\frac{d}{D_p}\right)^2} = 1,03$$

Расчетная толщина днища составит

$$s_{1д} := K \cdot K_0 \cdot D_p \cdot \sqrt{\frac{P_p}{\varphi_p \cdot \sigma_{дн}}}$$

$$s_{1д} = 13,6 \text{ мм}$$

а с учётом прибавки на коррозию - $s_{д1} = 17$ мм

Толщину s_2 для нашего типа соединения определим по формуле:

$$s \geq \max \left[0.7 \cdot (s_{д1} - c_{д1}), (s_{д1} - c_{д1}) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (D_p - D) \cdot D}{D_p^2}} \right] + c_{д1}$$

Она составит 12,8 мм.

При эксплуатации установки, в период около 1 месяца ее работы, на поверхности изолятора образуются микро трещины, связанные с воздействием на него тепловых и ударных нагрузок. При этом поверхностная прочность изолятора постепенно снижается, начинаются пробои по поверхности. Для их устранения изолятор снимают, с поверхности снимают около 1 - 2 мм материала, после чего ее полируют. Для повышения срока службы изолятора, толщину изолятора рекомендуют увеличить. Выберем толщину изолятора равную 50 мм.

5.4 Расчет бугельного зажима горизонтального усиления

Для быстрого доступа в секцию механизма подачи проводника, было выбрано фланцевое соединение типа шип-паз (ГОСТ 12820-80 [13]) для зажима которого служит бугельный зажима горизонтального усиления (рис. 5.5).

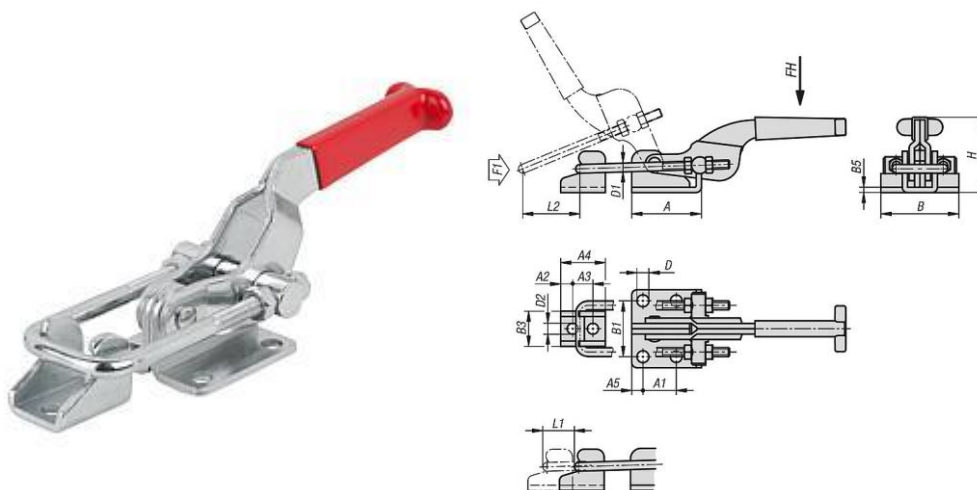


Рисунок 5.5 - Бугельный зажима горизонтального усиления.

Расчет зажима был выбран по следующей методике:

Внутренний диаметр колпака секции механизма подачи – 321 мм.

Рабочее давление – 0,3 МПа.

Рассчитаем давление действующее на дно колпака

$$F = P \cdot S_{\text{дн}} = 24\,266 \text{ Н}$$

Для равномерного зажатия колпака необходимо 4 зажима, сила приходящаяся на 1 зажим составит 6066 Н.

Из паспортных данных зажима выберем зажим, обеспечивающий 3х кратное тяговое усилие [17]. Для герметичного соединения установки подойдет зажим K0081.1900.

5.5 Расчет цилиндрических обечаек

5.5.1 Расчет обечайки электрического колпака Секции I

Обечайка камеры механизма подачи (Секция I) нагружена внутренним избыточным давлением. Сверху обечайки находится эллиптическое днище массой 1,8 кг которое создает осевое сжимающее усилие (рис 5.6).

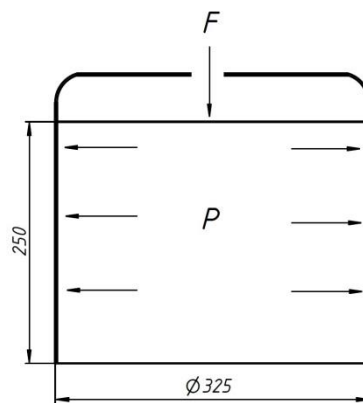


Рисунок 5.6 - Расчетная схема обечайки колпака.

Исходные данные:

Внешний диаметр обечаек - $D = 325 \text{ мм}$

Высота обечайки - $H_k = 250 \text{ мм}$

Температура рабочего газа - $t = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Рабочее давление - $P_{\text{возд}} = 0,3 \text{ МПа}$

Материал – сталь 12Х18Н10Т

Осевое сжимающее усилие – $F = 17,64 \text{ Н}$

Расчет цилиндрической обечайки проведем согласно ГОСТ 34233.2 — 2017 [19]

Цель расчета - определить толщину стенки обечайки, обеспечивающую прочность конструкции под внутренним избыточным давлением и осевым сжимающим усилием.

Расчетные параметры:

В разделе 5.1 найдено допускаемое напряжение нержавеющей стали

$$\sigma = 247 \text{ МПа}$$

Рассчитаем значение внутреннего избыточного давления:

$$P_p = P_{Air} + \frac{\rho g H_k}{10^9} = 0.301 \text{ МПа}$$

Давление при гидравлическом испытании будет равно:

$$P_r = 1,25 P_p = 0,376 \text{ МПа}$$

Рассчитаем толщину стенки обечайки при избыточном давлении:

$$s_p = \frac{P_p D}{2\sigma - P} = 0,33 \text{ мм}$$

Суммарная прибавка к толщине стенки трубы [19]:

$$c = c_{11} + c_{21} = 0,1 + 1 = 1,1 \text{ мм};$$

где c_{11} – минусовой допуск к толщине; c_{21} – прибавка на коррозию

Тогда расчётная толщина трубы с учетом прибавок составит:

$$s = c + s_p = 1,43 \text{ мм}$$

На основании расчетов примем толщину стенки цилиндрической обечайки равную:

$$S = 2 \text{ мм}$$

Проверим условия применения формул для обечаек при $D \geq 200 \text{ мм}$

$$\frac{s - c}{D} = 0,003 < 0,1$$

Условие выполняется.

Рассчитаем допустимое рабочее давление:

$$P_d = \frac{2\sigma_n(s-c)}{D-(s-c)} = 0,82 \text{ МПа}$$

Допускаемое рабочее давление превышает наше давление, условие выполняется.

Рассчитаем допустимое давление испытания:

$$P_d = \frac{2\sigma_n(s-c)}{D-(s-c)} = 1,1 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление испытания превышает наше давление, условие выполняется.

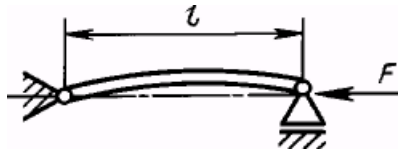
Расчет цилиндрической обечайки на устойчивость при осевом сжимающем усилии.

Допускаемое осевое сжимающее усилие из условия прочности

$$F_{d\sigma} := \pi \cdot (D + s - c) \cdot (s - c) \cdot \sigma_d = 2,248 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

Допускаемое осевое сжимающее усилие в пределах упругости из условия устойчивости

При расчетной схеме



$$l_{np} := H_p = 250$$

Гибкость

$$\lambda := \frac{2.83 \cdot l_{np}}{D + s - c} = 2.204$$

$$F_{dE} := \begin{cases} \text{if } \frac{H_p}{D} \geq 10 \\ \left| \begin{array}{l} F_{dE1} \leftarrow 31 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{E}{n_y} \cdot D^2 \cdot \left[100 \cdot \frac{(s-c)}{D} \right]^{2.5} \\ F_{dE2} \leftarrow \left(\frac{\pi}{\lambda} \right)^2 \cdot \frac{\pi \cdot 10^{-6} \cdot (D+s-c) \cdot (s-c) \cdot E}{n_y} \\ F_{dE} \leftarrow \min(F_{dE1}, F_{dE2}) \end{array} \right. \\ F_{dE} \leftarrow 31 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{E}{n_y} \cdot D^2 \cdot \left[100 \cdot \frac{(s-c)}{D} \right]^{2.5} \text{ otherwise} \end{cases}$$

$$F_{dE} = 3,484 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

$$F_d := \frac{F_{d\sigma}}{\sqrt{1 + \left(\frac{F_{d\sigma}}{F_{dE}} \right)^2}} = 3,486 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

Проверка условия устойчивости:

$$F < F_d$$

Условие прочности выполняется.

5.5.2 Расчет обечайки Секции I

Обечайка камеры механизма подачи (Секция I) нагружена внутренним избыточным давлением. Сверху обечайки находится колпак, фланцевое соединение и 4 бугельных зажима. Общая масс деталей – 40,2 кг. Детали создают осевое сжимающие усилие (рис 5.7).

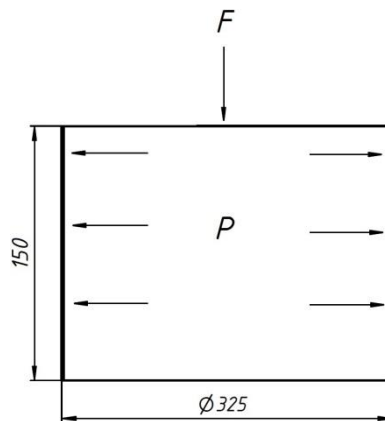


Рисунок 5.7 - Расчетная схема обечайки колпака.

Исходные данные:

Внешний диаметр обечаек - $D = 325$ мм

Высота обечайки - $H_o = 150$ мм

Температура рабочего газа - $t = 40$ °C

Рабочее давление - $P_{\text{возд}} = 0,3$ МПа

Материал – сталь 12X18Н10Т

Осевое сжимающее усилие – $F = 393,96$ Н

Толщина стенки обечайки и условия устойчивости были произведены аналогично п 5.5.1. Расчеты показали, что толщина стенки обечайки составляет 2 мм.

5.5.3 Расчет обечайки Секции IV

Обечайка электрического ввода (Секция IV) не нагружена избыточным давлением. Снизу обечайки находится эллиптическое дно массой 1,8 кг создающее осевое растягивающее усилие (рис 5.8).

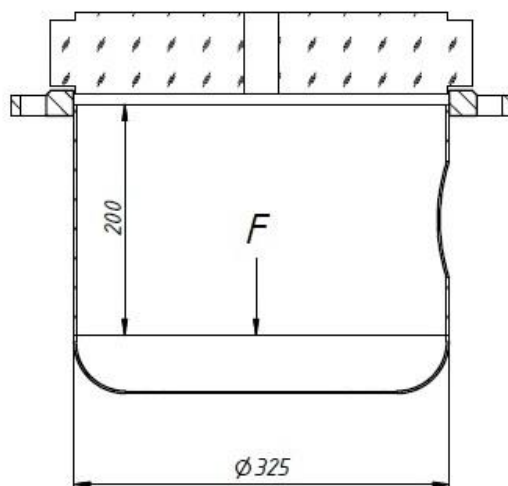


Рисунок 5.8 - Расчетная схема обечайки электрического ввода.

Исходные данные:

Внешний диаметр обечаек - $D = 325$ мм

Высота обечайки - $H_0 = 200$ мм

Рабочее давление - $P_{\text{возд}} = 0,1$ МПа

Материал – сталь 12X18H10T

Осевое сжимающее усилие – $F = 17,64$ Н

Рассчитаем толщину стенки:

$$s := \frac{F}{\pi \cdot D \cdot \sigma \cdot \varphi} = 7.082 \times 10^{-5} \text{ мм}$$

Выберем толщину стенки равную $s_1 = 2$ мм;

Определим допустимое растягивающее усилие:

$$F_d := \pi \cdot [D + (s_1 - c_1)(s_1 - c_1)] \cdot \sigma \cdot \varphi = 1.637 \times 10^3 \text{ Н}$$

$$c_1 = 1.1 \text{ мм}$$

Проверим условие устойчивости:

$$F < F_d$$

$$17,64 < 1,64 \cdot 10^3$$

Условие устойчивости выполняется.

5.5.4 Расчет обечайки Секции III

Обечайка разрядной камеры (Секция III) не нагружена избыточным давлением. Снизу обечайки находится изолятор, электрод, и электрический ввод, общая масса деталей составляет 37,8 кг дополнительно высоковольтные кабеля добавляют массу 18 кг. Все детали создают осевое растягивающее усилие (рис 5.9).

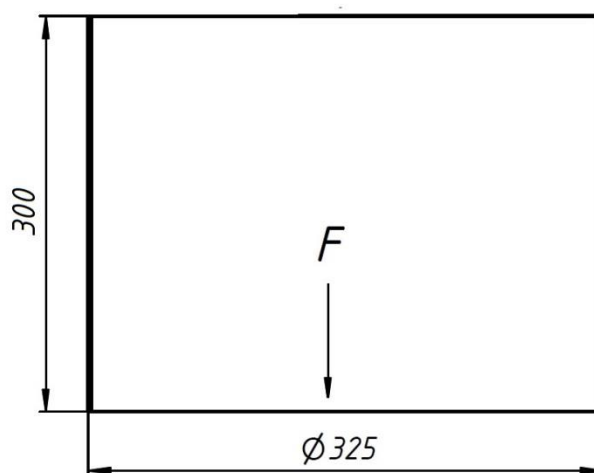


Рисунок 5.9 - Расчетная схема обечайки разрядной камеры.

Исходные данные:

Внешний диаметр обечаек - $D = 325$ мм

Высота обечайки - $H_o = 300$ мм

Рабочее давление - $P_{\text{возд}} = 0,1$ МПа

Материал – сталь 12X18H10T

Осевое сжимающее усилие – $F = 546,84$ Н

Толщина стенки обечайки и условия устойчивости были рассчитаны аналогично п. 5.5.4. Расчеты показали, что толщина стенки обечайки составляет 2 мм.

5.5.5 Расчет обечайки Секции II

Обечайка взрывной камеры (Секция II) нагружена избыточным давлением. Снизу обечайки изолятор, электрод, электрический ввод, и разрядная камера общая масса деталей составляет 80,8 кг. Все детали создают осевое растягивающее усилие (рис 5.10).

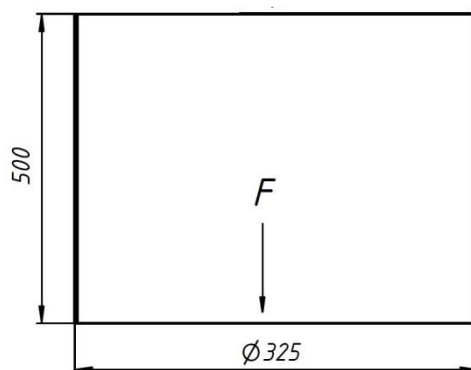


Рисунок 5.10 - Расчетная схема обечайки взрывной камеры.

Исходные данные:

Внешний диаметр обечаек - $D = 325$ мм

Высота обечайки - $H_o = 500$ мм

Рабочее давление - $P_{\text{возд}} = 0,3$ МПа

Материал – сталь 12X18Н10Т

Осевое сжимающее усилие – $F = 791,84$ Н

Толщина стенки обечайки и условия устойчивости были рассчитаны аналогично п. 5.1.1 и п. 5.1.4. Расчеты показали, что толщина стенки обечайки составляет 2 мм.

5.6 Расчет опоры

В качестве опор предлагается использовать три штампованные опорные лапы. Их расчет был выполнен согласно ГОСТ 34233.5—2017 [25]. Расчетная схема представлена на рисунке 5.11.

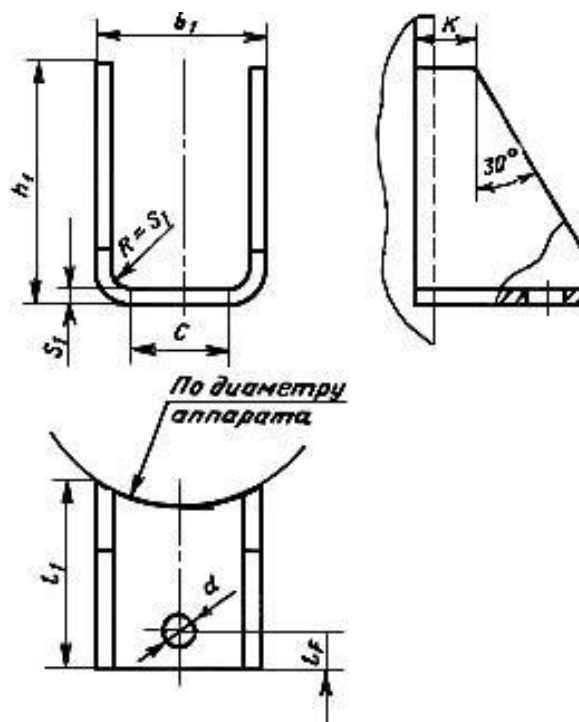


Рисунок 5.11 – Расчетная схема опорной лапы.

Исходные данные:

Внешний диаметр обечаек - $D = 325$ мм

Рабочее давление – $P_d = 0,3$ МПа.

Общая масса технологического модуля – $m = 175$ кг.

Материал – сталь 12X18H10T

Рассчитаем нагрузку на одну опорную лапу:

$$F_{\text{л}} = (m \cdot g)/3 = 571,6 \text{ Н}$$

Из ГОСТ 26296-84 [26], выберем подходящую конструкцию (таблица 5.1).

Таблица 5.1. Размеры опорной лапы.

Допускаемая нагрузка на опорную	l_1 , мм	b_1 , мм	c , мм	h_1 ,мм	K , мм	l_f , мм не менее	S_1 ,мм	d ,мм	Катет сварного шва	Масса опорной лапы, кг
---------------------------------------	---------------	---------------	-------------	-----------	-------------	---------------------------	-----------	---------	--------------------------	------------------------------

лапу, Н										
6300	60	50	34	100	10	25	4	16	3	0,35

Лапка приваривается к подкладному листу с размером высота $b_3 = 120\text{мм}$, ширина $b_3 = 100\text{мм}$.

Проверим краевые условия:

$$\frac{s-c}{D_p} = 2.767 \cdot 10^{-3} < 0.05 - \text{условие выполняется}$$

Где S - толщина обечайки 2 мм, $c = 1,1$, D_p - наружный диаметр обечайки.

$$g = 42 \geq 0,2h_1 - \text{условие выполняется}$$

где g – внутренне расстояние между ушками лапки;

$$0,04 \leq h_1/D_p = 0.295 \leq 0,5 - \text{условие выполняется;}$$

$$0,04 \leq b_4/D_p = 0.154 \leq 0,5 - \text{условие выполняется;}$$

где $b_4 = b_1$;

$$0,04 \leq b_3/D_p = 0.369 \leq 0,5 - \text{условие выполняется;}$$

$$b_2 \geq 0,6 b_3 - \text{условие выполняется;}$$

$$b_3 \leq 1,5h_1 - \text{условие выполняется;}$$

$$s_2 \geq s - \text{условие выполняется;}$$

Рассчитаем вертикальное усилие, действующее на лапку:

$$F_1 = \frac{G}{3} = 571.67 \text{ Н}$$

Где $G = m \cdot g = 1.715 \cdot 10^3 \text{ Н}$, $M = 0$;

Проверим условия для лапки с подкладным листом:

$$F_{11} := \sigma_i \cdot \frac{[b_3 \cdot (s - c_1)^2]}{K_8 \cdot (e_1 e + s_2)} = 2.04 \times 10^3 \text{ Н}$$

$$F_1 \leq F_{11} - \text{условие выполняется;}$$

Где:

$$\sigma_i := K_{11} \cdot K_2 \cdot \sigma = 343.186$$

$$K_{11} := \frac{(1 - v_2^2)}{\left(v_1 \cdot v_2 + \frac{1}{3}\right) + \sqrt{\left(v_1 \cdot v_2 + \frac{1}{3}\right)^2 + (1 - v_2^2) \cdot v_1^2}} = 1.112$$

$$v_1 := 0.3$$

$$v_2 := \frac{\sigma_{\text{my}}}{K_2 \cdot \sigma \cdot \varphi} = 0.175$$

$$\sigma_{\text{my}} := P_d \cdot \frac{D_p}{[2(s - c_1)]} = 54.167$$

σ принял равную - 247 МПа [19]

коэффициент $K_2 = 1,25$

K_8 находим как минимум из 2х уравнений:

$$K_{81} := e^{\left[\frac{(-49.919 - 39.119 \cdot x - 107.01 y_1 - 1.693 \cdot x^2 - 11.92 \cdot x \cdot y_1 - 39.276 y_1^2 + 0.237 \cdot x^3 + 1.608 \cdot x^2 y_1 + 2.761 \cdot x \cdot y_1^2 - 3.854 \cdot y_1^3) \cdot 10^{-2}}{1} \right]} = 0.199$$

$$K_{82} := e^{\left[\frac{(-5.964 - 11.395 \cdot x - 18.984 y - 2.413 x^2 - 7.286 x \cdot y - 2.042 y^2 + 0.1322 \cdot x^3 + 0.4833 x^2 \cdot y + 0.8469 x \cdot y^2 + 1.428 y^3) \cdot 10^{-2}}{1} \right]} = 0.563$$

Где,

$$x := \ln \left[\frac{D_p}{2(s - c_1)} \right] = 5.196$$

$$y := \ln \left(\frac{h_1}{D_p} \right) = -1.219$$

$$y_1 := \ln \left(\frac{b_3}{D_p} \right) = -0.996$$

Таким образом рассчитана опорная лапка обеспечивающая прочность конструкции.

5.7 Расчет патрубков

В качестве патрубков и смотрового окна предлагается использование соединения CLAMP [27]. Для входного и выходного патрубков трубы диаметр CLAMP соединения 88,9 мм, для смотрового окна диаметр CLAMP соединения 204 мм (рис. 5.12).



Рисунок 5.12 – Патрубок Clamp.

Размеры патрубка выбираются из таблицы 5.2

Таблица 5.2 Размеры патрубков

Размер	D, мм	L, мм	l, мм	w, мм	d, мм	b, мм
88,9	106	28,5	22	2,3	88,9	84,3
204	233,5	28	22	2	204	200

На рисунке 5.13, приведен хомут Clamp и прокладка Clamp. Материал прокладки резина EPDM, аналог резине МБС.

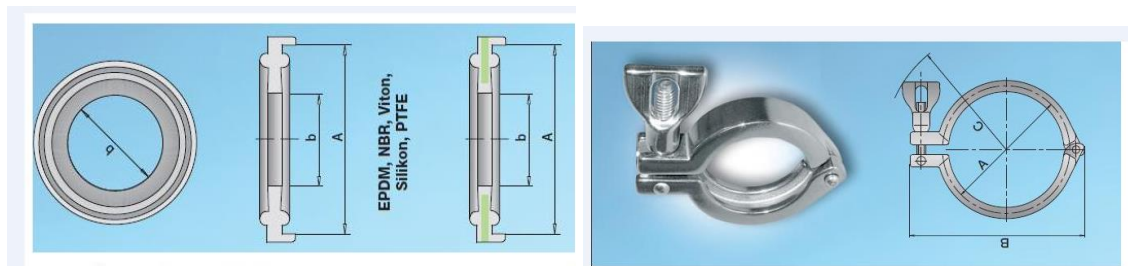


Рисунок 5.13 – хомут Clamp и прокладка Clamp.

По данным производителя [22] рабочее давления Clamp соединения составляет для трубы 88,9 мм – 1,4 МПа, для трубы диаметром 204 мм – 1,0 МПа, что подходит для нашего использования.

5.8 Расчет укрепления отверстий

Отверстия для патрубков А и Б.

Исходные данные:

Внешний диаметр цилиндрической оболочки – $D_o = 325$ мм;

Толщина стенки обечайки $S_{об} = 2$ мм;

Внешний диаметр патрубка – $d_n = 88,9$ мм;

Толщина стенки патрубка – $S_n = 2,3$ мм

Рабочее давление $P_{раб} = 0,3$ МПа

Расчеты выполним согласно ГОСТ 34233.2.–2017 [19]

Расчетный диаметр отверстий в обечайке:

$$d_p = d_n + 2 \cdot c = 91,1 \text{ мм};$$

$$c = 1,1;$$

Рассчитаем диаметр одиночного отверстия, не требующий дополнительного укрепления:

$$d_{\text{отв}} = 2 \left(\frac{s_{\text{об}} - c}{s_{\text{пат.расч}}} - 0,8 \right) \sqrt{d_{\text{п}}(s_{\text{о}} - c)} = 394,3 \text{ мм}$$

где

$$s_{\text{пат.расч}} = \frac{P_{\text{раб}} \cdot d_{\text{п}}}{2\sigma \cdot \varphi - P_{\text{раб}}} = 0,073 \text{ мм}$$

σ - допускаемое напряжение для стали 12X18H10T - 181,5 МПа (раздел 5.1)

Диаметр одиночного отверстия не требующий дополнительного уплотнения, больше расчетного диаметра отверстия. Патрубок диаметром 88,9 не требует уплотнения.

Аналогичные расчеты были проведены для патрубка смотрового окна. Патрубок так же не требует уплотнения.

Выводы к главе

С помощью стандартов ГОСТ были рассчитаны основные детали технологического модуля. Расчеты показали, что в качестве толщины основных труб можно использовать трубы со стенкой 2 мм. Так же был выполнен расчет фланцевых соединений, изоляторов, и опор. Подобран подходящий диаметр патрубков CLAMP соединений и бугельных зажимов. Все расчеты были проверены при условиях устойчивости наивысших нагрузок.

6 Социальная ответственность

Введение

В данном дипломном проекте разрабатывается аппарат электрического взрыва проводников в воздухе для получения частиц металлического нанопорошка.

Областью применения для данного аппарата являются лаборатории. основные три больших сферы применения нанопорошков это: энергетика, применение в качестве катализаторов и конструкционных материалах.

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

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Законодательство РФ об охране труда основывается на Конституции РФ и состоит из федеральных законов и других нормативных правовых актов субъектов РФ. 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. [1,2].

Для работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, законодатель установил сокращенную продолжительность рабочего времени - не более 36 часов в неделю (ст. 92 ТК РФ, п. 1 Постановления Правительства РФ от 20.11.2008 N 870). При этом максимально допустимая продолжительность ежедневной работы (смены) не может превышать (ст. 94 ТК РФ): - при 36-часовой рабочей неделе - 8 часов; - при 30-часовой рабочей неделе и менее - 6 часов. Коллективным договором может быть предусмотрено увеличение смены при условии соблюдения предельной еженедельной продолжительности рабочего времени и гигиенических нормативов условий труда.

Также сотрудникам, занятым на работах с вредными или опасными условиями труда, положено предоставлять ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск продолжительностью не менее 7 календарных дней (ст. 117 ТК РФ, п. 1 Постановления N 870) [3].

6.2 Производственная безопасность

Производственная безопасность представляет собой систему организационных мероприятий и технических средств, уменьшающих вероятность воздействия на персонал опасных производственных факторов, вредных воздействий технологических процессов, энергии, средств, предметов, условий и режимов труда до приемлемого уровня. В условиях работы, необходимо осуществление комплекса мер по предупреждению и уменьшению воздействия вредных производственных факторов. Для целостного представления обо всех вредных факторах, выявленных в процессе работы, составим таблицу 6.1. Выбор факторов производится с использованием ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [4].

Таблица 6.1 – Опасные и вредные факторы при монтаже и эксплуатации аппарата

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

6.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов

6.3.1 Состояние воздушной среды и микроклимата

Санитарные правила и нормы 2.2.4.548-96 устанавливают определённый микроклимат для всех типов рабочих помещений.

Вредными факторами при разработке и изготовлении является не соответствие оптимальных показателей микроклимата помещений, где происходят работы. Оптимальные показатели микроклимата производственных помещений представлены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Оптимальные показатели микроклимата производственных помещений

Период года	Температура, °C	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	21-23	40-60	0,1
Теплый	22-24	40-60	0,2

Взрыв проводника и подача нанопорошка на фильтр осуществляется воздухом под давлением.

6.3.2 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 [5]. По данному ГОСТу уровень звука в производственных помещениях не должен превышать 85 дБА. Так как установка является экспериментальной нет точных данных по шуму производимым данной установкой. Для безопасности работающего с ней персонала необходимо предпринять мероприятия, описанные в разделе «Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов».

6.3.3 Электробезопасность

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

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

Раны от ожогов заживают очень долго, а при поражении 2/3 поверхности тела могут привести к смертельному исходу. Электроудар, при котором происходит прохождение тока через тело человека и поражается весь организм, представляет наибольшую опасность для человека. Возникают судороги, аритмия работы сердца и расстройство дыхания, что может привести к смерти. Степень опасности электроудара зависит от силы тока, проходящего через организм. При силе тока равной 1,5 мА, в месте контакта с токоведущими частями ощущается зуд и нагрев. Такую силу тока называют порогом ощущения [8].

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 [8].

6.4 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов

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.

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.

6.5 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.

6.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

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

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

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

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

При возникновении аварии необходимо отключить все электроприборы и рубильники.

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

При возникновении военного или социально-политического конфликта необходимо эвакуировать всех людей из здания, согласно плану эвакуации или спуститься в подвальное помещение [9].

6.7 Пожарная безопасность

Пожарная безопасность объекта обеспечивается рядом противопожарных мероприятий, предусмотренных в соответствии с [10].

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

При работе на производстве безопасность работающего персонала должна обеспечиваться:

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

Для локализации и ликвидации пожара должны использоваться стационарные средства пожаротушения.

Размещение оборудования противопожарного водоснабжения и пожаротушения на площадке цеха выполнено согласно требованиям [10].

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

6.8 Первичные средства пожаротушения, немеханизированный пожарный инструмент и инвентарь

К первичным средствам пожаротушения относятся:

- огнетушители, песок (в ящике), вода (объемом 0,2 м³ и/или 0,02 м³);
- асбестовое полотно, грубошерстная ткань или войлок (кошма, покрывало из негорючего материала).

К немеханизированному пожарному инструменту и инвентарю относятся:

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

Определение необходимого количества первичных средств пожаротушения для защиты зданий и сооружений выполнено по Приложению 6 Правил противопожарного режима в Российской Федерации, с учетом данных Приложений 6 [10].

Вывод

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

7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

7.1 Потенциальные потребители результатов исследования

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

На основании этих критериев строится карта сегментирования рынка.

Таблица 7.1 - Карта сегментирования рынка услуг по разработке

		Медицина	Металлургия	Электротехника
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

Фирма А	
Фирма Б	
Фирма В	

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

7.2 SWOT-анализ

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

Результаты SWOT-анализа представлять в табличной форме (табл. 7.2).

Таблица 7.2 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: 1. Экологичность технологии. 2. Более высокая производительность по сравнению с другими аппаратами 3. Наличие бюджетного финансирования за рубежом 4. Квалифицированный персонал. 5. Быстроразвивающаяся технология	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: 1.Отсутствие идентичного прототипа аппарата 2. Отсутствие интереса данной технологии в России 3.Сложность интегрирования аппарата в промышленности 4. Сложность в проведение опытов, связанных с расчетами на взрыв и давление взрывной волны аппарата 5. Недостаточно данных для полного проектирования аппарата.
Возможности: 1. Большой спрос на международных рынках 2. Сильное развитие электроники 3. Быстроразвивающееся направление в сфере 3D принтеров по металлу 4. Конечный продукт пользуется популярностью в фармацевтической	Стратегия (SO) 1. Разработка стратегии, направленная на зарубежных покупателей 2. Создание новых материалов с помощью реактора для электрического взрыва проводника	Стратегия (WO) 1. Заинтересовать уникальностью аппарата российских производителей нанопорошков 2. На основе научно-исследовательского проекта создать полностью промышленную установку

промышленности 5. Несовершенная работа конкурентных разработок		3. Создание имиджа своего аппарата
Угрозы: 1. Отсутствие спроса на новые технологии производства на отечественных рынках 2. Развитая конкуренция технологий производства за рубежом 3. Проблема финансирования в России	Стратегия (ST) 1. Разработка программы продвижения товара, используя возможности выхода на зарубежные рынки 2. Создания стратегии продвижения продукта на отечественных рынках 3. За счет качества и большой производительности установки найти финансирование у отечественных производителей нанопорошков и 3D принтеров	Стратегия (WT) 1. Повысить спрос установки за счет простоты изготовления и уникальности получаемого продукта 2. Повысить спрос продукта за рубежом, чтобы тем самым заинтересовать отечественных инвесторов 3. Дальнейшее усовершенствование и проектирование аппарата для промышленных масштабов производства

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

Для оценки затрат на проект необходимо знать перечень выполнения работ по проекту. Анализируя это составим таблицу для наглядности. В таблице 7.3 представлены все виды выполняемых работ и исполнители работы необходимой для выполнения проекта.

Таблица 7.3 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, инженер
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Научный руководитель, инженер
	3	Выбор направления исследований	Научный руководитель, инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, инженер
Разработка технической документации и проектирование	5	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер
	6	Расчет реактора для электрического взрыва проводника	Инженер
	7	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	Инженер
Оформление отчета по НИР	8	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

7.4. Определение трудоемкости выполнения работ

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

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

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

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

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), 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. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{\mathcal{C}_i},$$

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

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

$\mathcal{C}_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

7.5 Разработка графика проведения научного исследования

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

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

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

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

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

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

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

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

Все рассчитанные значения необходимо свести в таблицу (табл. 7.4).

Таблица 7.4 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях (T_{pi})	Длительность работ в календарных днях (T_{ki})	
	tmin, чел-дни	tmax, чел-дни	тожд, чел-дни				
Составление ТЗ	1	2	1,4	Руководитель	0,7	0,85167	1
				Инженер			
Изучение литературы	1	2	1,4	Инженер	1,4	1,703	2
Патентный поиск	9	11	9,8	Инженер	9,8	11,923	12
Календарное	2	4	2,8	Руководитель	1,4	1,703	2

планирование работ				Инженер			
Разработка технической документации и проектирование	7	16	10,6	Инженер	10,6	12,897	13
Оформление документации	2	5	3,2	Инженер	3,2	3,893	4

Анализируя перечень работ и оценки их выполнения, составим график проведения НИР, который представлен в таблице 7.4.

График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта на основе табл. 7.5 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Такие графики используются для иллюстрации графика работ по проекту и являются одним из методов планирования проектов.

Таблица 7.5 - Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№	Вид работ	Исполнители	Ткi	Продолжительность выполнения работ													
				кал. дн.	февр.		март			апрель			май			июнь	
					2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление ТЗ	Руководитель	1														
		Инженер (дипломник)															
2	Изучение литературы	Инженер (дипломник)	2														
3	Патентный	Инженер (дипломник)	12														

7.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- накладные расходы.

7.7 Расчет материальных затрат НТИ

В данной работе под материальными затратами понимается величина денежных средств, потраченных на программное обеспечение необходимое для проведения расчетов, построения чертежей проекта, написания соответствующей документации.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 7.6.

Таблица 7.6 - Материальные затраты, необходимые для данной разработки

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

7.8 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств,

непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20–30 % от тарифа или оклада.

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

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп},$$

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

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

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

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 7.7);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d},$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл. 7.7).

Таблица 7.7 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер

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

Месячный должностной оклад работника:

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

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

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

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

Таблица 7.8 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Зок, руб.	k _р	k _{пр}	Зм, руб.	Здн, руб	Тр, раб.дн.	Зосн, руб.
Руководитель	33664	1.3	1.3	56892,16	2385,8	2	4771,6
Инженер	25600			43264	1774,9	27	47922,3
	Итого						52693,9

7.9 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

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

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

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

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

Для руководителя дополнительная заработная плата будет равна:
 $З_{\text{доп}} = 4771,6 \cdot 0,12 = 572,60 \text{ руб.}$

Для инженера дополнительная заработная плата равна: $З_{\text{доп}} = 47922,3 \cdot 0,12 = 5750,66 \text{ руб.}$

7.10 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

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

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

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (табл. 7.9).

Таблица 7.9 - Отчисления во внебюджетные фонды

Участник	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	4771,6	572,60
Инженер-дипломник	47922,3	5750,6
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	27,1%	
Итого, руб.	руководитель: 1448,28; дипломник: 14545,36	

В сумме	15993,64руб.
---------	--------------

7.11 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 7.10.

Таблица 7.10 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	73100	Табл.7.6
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	-	-
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	52693,9	Табл.7.7
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	6323,2	
5. Отчисления во внебюджетные фонды	15993,64	Табл. 7.9
6. Затраты на научные и производственные командировки	-	-
7. Контрагентские расходы	-	-
8. Накладные расходы	23697,72	16 % от суммы ст. 1-7
9. Бюджет затрат НТИ	171808,46	Сумма ст. 1- 8

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

Так как аналогов данного аппарата не существует, то мы можем посчитать металлоемкость аппарата и его составляющие:

Таблица 7.11 – Металлоемкость аппарата

Наименование		кол-во	цена за шт/кг (руб)	сумма (руб)
Труба				
	300X300X10 12x18н10г	3	493	1479
	150X150X3 12x18н10г	1	487	487
	21X100X2 12x18н10г	2	430	860
	76X100X2 12x18н10г	2	450	900
Орг. Стекло		3	500	1500
Фланец				
	300x325 12x18н10г	6	6183	37098
	150x159 12x18н10г	2	2158	4316
Штанга				
	M20x1000 DIN 975	8	2720	21760
Шпилька				
	M16x1000 DIN 975	7	300	2100
	M5x1000 DIN 975	1	38	38
	M2x1000 DIN 975	1	33	33
Шайба				

	20Л	100	127	12700
	16Л	100	85	8500
	5Л	100	30	3000
	2Л	100	12	1200
Гайка				
	M20-6H	48	12	576
	M16-6H	16	6	96
	M5-6H	2	4	8
	M2-6H	4	3,5	14
Лист				
	1500x4000x10 12x18н10т	1	267	41862
Прокладка	320X357X2 резина	12	53,5	642
	150X159X2 резина	1	40,3	40,3
Конденсатор		6	83340	500040
Электроды		3	20000	60000
ilmvac mp (r) 030 z		1	59500	59500
БКО 50-5		1	1470	1470
X2/30-P-CD		1	79600	79600
Сумма установки составляет, руб:				
770110,6				

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (см. табл. 7.10). Для этого наибольший интегральный показатель реализации

технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{699249,3}{1000000} = 0,69$$

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

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

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

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

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

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

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 7.12).

Таблица 7.12 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Объект исследования	
	Весовой коэффициент параметра	Исп.1
1. Экологичность	0,3	8
2. Удобство в эксплуатации	0,15	8

3. Универсальность	0,2	9
4. Надежность	0,2	8
5. Материалоемкость	0,15	5
ИТОГО	1	7,75

$$I_{p-исп} = 8*0,3+8*0,15+9*0,2+8*0,2+5*0,15=7,75$$

Вывод:

В данном разделе рассчитали металлоемкость аппарата, определили показатели эффективность разработки и бюджета затрат НТИ. Провели анализ слабых и сильных сторон проекта.

При выполнении работы была выполнена поставленная цель и достигнуты все решаемые задачи. Проведен технологический расчет модуля необходимого для получения металлических нанопорошков методом электрического взрыва проводника. Выполнен механический расчет необходимых деталей, а именно фланцевых соединений, обечаек, изоляторов, эллиптических днищ, патрубков и крепежных опор. Предварительно был выполнен краткий обзор литературных источников метода электрического взрыва проводника, и обоснована актуальность выполнения расчетов.

Все механические расчеты были выполнены в соответствии с ГОСТами, определены основные параметры деталей, обеспечивающие прочность и безопасность конструкции. В соответствии с ГОСТами выбраны размеры деталей и выполнены чертежи основных узлов.

С поставленной задачей, на мой взгляд справились успешно, технологический модуль позволит оптимизировать условия получения металлических нанопорошков и повысит стабильность свойств получаемого продукта.

В разделе “Социальная ответственность” показали, что рассчитываемый аппарат является безопасным, не производит вредных экологических выбросов. Установили, что при работе на нем, необходимо принимать следующие средства индивидуальной защиты: халат, очки, респиратор, шумоподавляющие беруши.

В разделе “Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение” определили стоимость создания аппарата по нашему проекту и показали его конкурентоспособность.

Список литературы

1. Яворовский, Н.А. Электрический взрыв проводников – метод получения ультрадисперсных порошков: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.12/ Яворовский Николай Александрович. – Томск, 1986. – 127 с.
2. Лернер, М.И. Основы технологии получения и некоторые области применения электровзрывных нанопорошков неорганических материалов: дис. ... д-ра техн. наук: 01.04.07/ Лернер Марат Израильевич. – Томск, 2007. – 325 с.
3. Яворовский, Н.А. Получение ультрадисперсных порошков методом электрического взрыва / Н.А. Яворовский // Изв. вузов. Физика. – 1996. – №4. – С. 114-136.
4. Давыдович, В.И. Разработка технологического процесса и оборудования для электровзрывного получения порошков металлов с низкой электропроводностью: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.12/ Давыдович Валерий Иванович – Томск, 1986. – 254 с.
5. Kotov, Yu. A. The Electrical Explosion of Wire: A Method for the Synthesis of Weakly Aggregated Nanopowders/ Yu. A. Kotov // Nanotechnologies in Russia. – 2009. – Vol. 4, – Nos. 7–8. – P. 415–424.
6. Назаренко, О.Б. Процессы получения нанодисперсных тугоплавких неметаллических соединений и металлов методом электрического взрыва проводников: дис. ... д-ра техн. наук: 05.17.08, 05.17.11/ Назаренко Ольга Брониславовна. – Томск, 2006. – 273 с.
7. Патент RU 2048278 C1, 6B 22F9/14. Установка для получения высокодисперсных порошков неорганических материалов электрическим взрывом и реактор для взрыва металлических заготовок. Яворовский Н. А., Давыдович В.И., Биль Б.А. – 5004107/02. Заявлено 18.07.91. Опубл. 20.11.95
8. Лернер, М.И. Формирование наночастиц при воздействии на металлический проводник импульса тока большой мощности / М.И. Лернер, В.В. Шаманский // Журнал структурной химии. – 2004. – Т. 45. – С. 112-115.
9. Qing Zhou. Effect of medium on deposited Energy in microsecond electrical explosion of wires / Qing Zhou, Qiaogen Zhang, Wenyu Yan, Xuandong Liu, Jun Zhang, Junping Zhao and Lie Pang // IEEE Transactions on Plasma Science – 2012. – Vol. 40. – № 9. – P. 2198-2204.
10. Лернер, М.И. Управление процессом образования высокодисперсных частиц в условиях электрического взрыва проводников: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.12/ Лернер Марат Израильевич. – Томск, 1987. – 161 с.
11. Гаврилов, В.Н. Динамика разлета продуктов электрического взрыва проводников: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 01.04.13 / Гаврилов Владислав Николаевич. - Екатеринбург, 1993. - 115 с.

12. ГОСТ 10704-91. Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент.
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. www.kiprcom.ru
18. ГОСТ 7338-90. Пластины резиновые и резинотканевые.
19. ГОСТ 34233.2 - 2017 НОРМЫ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ Расчет цилиндрических и конических обечаек и выпуклых и плоских днищ и крышек.
20. ГОСТ 6533-78 Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов, аппаратов и котлов. Основные размеры
21. Лашинский, А.А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры:Справочник./А.А. Лашинский, А.Р. Толчинский. – 3-е изд., стереотипное. – М.: ООО ИД «Альянс», 2008. – 752 с
22. ГОСТ 34233.4-2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений
23. ГОСТ 17622-72 Стекло органическое техническое.
24. ГОСТ 10667-90 Стекло органическое листовое. Технические условия, 1991. – 17 с.
25. ГОСТ 34233.5-2017 Сосуды и аппараты НОРМЫ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ Расчет обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок
26. ГОСТ 26296-84. Лапы опорные подвесных вертикальных сосудов и аппаратов. Основные размеры
27. www.vtk-veles.ru