

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



Институт Энергетический
 Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
 Кафедра «Электроэнергетические системы»

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование нанопорошков, полученных методом электрического взрыва алюминиевых проводников с непроводящим покрытием.

УДК 621.762.2:546.62

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM4A	Анянов Артём Евгеньевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры электроэнергетических систем	Тихонов Д.В.	К.Т.Н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры Менеджмента	Потехина Н.В.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры Экологии и безопасности жизнедеятельности	Извеков В.Н.	К.Т.Н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры электроэнергетических систем	Сулайманов А.О.	К.Т.Н		

Томск – 2016 г.

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

Энергетический институт

Направление подготовки (специальность) 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Профиль (специализация): «Высоковольтная техника электроэнергетических систем»
Кафедра Электроэнергетических систем

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
5AM4A	Анянов Артём Евгеньевич

Тема работы:

Исследование нанопорошков, полученных методом электрического взрыва алюминиевых проводников с непроводящим покрытием.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	27.01.2016 №432/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	02.06.2016 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Исходными данными к работе являются данные анализов нанопорошков, полученных методом электрического взрыва проводника в газовых средах и условия их приготовления. Полученные образцы нанопорошка алюминия исследуются методами рентгенофазового анализа, термического анализа, электронной микроскопии, распределения частиц по размерам, низкотемпературной десорбции азота, энергодисперсионного анализа, определения содержания азота в НП.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>На основе проведенных анализов нанопорошков необходимо установить их фазовый состав, их устойчивость при нагревании на воздухе, размеры и форму частиц. По данным рентгенофазового анализа установить качественные зависимости состава получаемых нанопорошков от энергетических условий их получения и состава газовой среды. По данным термического анализа установить корреляционные зависимости активности нанопорошков от условий их получения.</p>
--	---

<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Комбинированная схема установки для получения нанопорошков. 2. Рентгенодифрактограммы образцов НПА 3. Термограммы НПА.
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Извеков Владимир Николаевич
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Потехина Нина Васильевна

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

Получение нанопорошков алюминия методом ЭВП и достигнутый уровень исследований в этой области.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.02.2016 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры электроэнергетических систем	Тихонов Дмитрий Владимирович	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM4A	Анянов Артём Евгеньевич		

РЕФЕРАТ

Диссертационная работа содержит: 115 страниц, 63 рисунка, 28 таблиц, 38 источников, 5 приложения.

Ключевые слова: алюминий, электрический взрыв проводника, нанопорошок, фазовый состав, наночастица.

Объектом исследования являются нанопорошки алюминия.

Цель работы – выявить закономерности структуры и состава нанопорошков алюминия в зависимости от условий получения.

В процессе исследования проводились анализы образцов нанопорошков алюминия (рентгенофазовый, термический, электронная сканирующая микроскопия, электронная просвечивающая микроскопия, распределение частиц по размерам и др.) полученных методом электрического взрыва проводника.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: производительность установки (УДП-4Г) для Al – 40г/час.

Степень внедрения: создание экспериментально-промышленной установки (УДП-4Г).

Область применения: нанопорошки алюминия могут быть использованы при создании композиционных функциональных материалов.

Экономическая значимость работы: исследования в данной области, могут открыть принципиально новые технологии, что способствует модернизации существующих производств и созданию новых.

В будущем планируется поиск наиболее эффективных областей внедрения нанопорошка алюминия.

Определения:

- Нанопорошок (англ. nanopowder), сегодня существует несколько определений данного термина:

1. Согласно определению Международной организации по стандартизации (ISO), нанопорошок — твердое порошкообразное вещество искусственного происхождения, содержащее нанобъекты, агрегаты или агломераты нанобъектов либо их смесь;

2. Порошок, размер всех частиц которого менее 100 нм.

- Электрический взрыв проводника - под электрическим взрывом понимается комплекс процессов, происходящих при быстром нагреве металлического проводника протекающим через него электрическим током до температур, превышающих температуру начала испарения металла.

- Пассивация металлов — переход поверхности металла в неактивное, пассивное состояние, связанное с образованием тонких поверхностных слоёв соединений, препятствующих коррозии. В технике пассивацией называют технологический процесс защиты металлов от коррозии с помощью специальных растворов или процессов, приводящих к созданию оксидной плёнки.

- Фаза – под фазой понимается однородная макроскопическая часть системы, обладающая одинаковыми свойствами - по крайней мере, составом (компонентами) и агрегатным состоянием - во всех ее точках, и имеющая четко выраженную границу раздела с другими фазами.

- Наночастица (англ. nanoparticle) — изолированный твёрдофазный объект, имеющий отчётливо выраженную границу с окружающей средой, размеры которого во всех трех измерениях составляют от 1 до 100 нм.[1]

Сокращения:

- ЭВП – электрический взрыв проводника;
- НП – нанопорошок;
- НПА – нанопорошок алюминия;
- РФА – рентгенофазовый анализ;
- ТА – термический анализ;
- ТГ – термогравиметрический анализ;
- ДТА – дифференциальный термический анализ;
- ДСК – дифференциальная сканирующая калориметрия;
- ЭМ – электронная микроскопия;
- УДП-4Г – модель экспериментальной промышленной установки использованной в данной работе;
- Метод БЭТ – метод низкотемпературной десорбции азота;
- PDF-2 – Powder Diffraction File;
- ICDD – The International Centre for Diffraction Data maintains a database of powder diffraction patterns, the Powder Diffraction File (PDF), including the d-spacings (related to angle of diffraction) and relative intensities of observable diffraction peaks.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	8
1. Обзор литературы.....	10
1.1 Явление электрического взрыва проводников.....	10
1.2 Характеристики ЭВП.....	12
1.3 Классификация ЭВП.....	16
1.4 Преимущества ЭВП	17
2. Методы и методики исследования	18
2.1 Методика расчёта энергии, введенной в проводник	18
2.2 Рентгенофазовый анализ (РФА).....	20
2.3 Термический анализ.....	23
2.3.1 Дифференциально-термический анализ.....	23
2.3.2. Термогравиметрия.	23
2.4 Электронная микроскопия	24
2.4.1. Просвечивающая электронная микроскопия.	24
2.4.2. Растровая электронная микроскопия.	25
2.5 Распределение частиц по размерам	27
2.6 Метод низкотемпературной десорбции азота (БЭТ).....	28
2.7 Энергодисперсионный анализ	30
2.8 Методу Кьельдаля.....	32
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	34
3.1 SWOT анализ.....	36
3.2 Планирование проекта.....	38
3.2.1 Иерархическая структура работ	38
3.2.2 Разработка календарного плана.	39
3.3 Бюджет научного исследования.....	42
3.4 Анализ рисков проекта	47
3.5 Ресурсоэффективность	51

Введение

Актуальность работы. На современном этапе научно-технического прогресса востребованы материалы, обладающие необходимыми свойствами и при этом способные работать в агрессивных и жестких условиях. К таким материалам относятся наноматериалы.

Нанопорошки – один из многих наноматериалов, производящихся в настоящее время. В отличие от других наноматериалов у нанопорошков неограниченная сырьевая база, их можно производить из многих разнообразных материалов. Нанопорошки, имеющиеся на сегодня, подразделяются на четыре типа: оксиды металлов, сложные оксиды (состоящих из двух и более металлов), порошки чистых металлов и смеси.

80% всех производимых нанопорошков занимают оксиды металлов. На оксид алюминия приходится 15% годового объема производства нанопорошков в мире. Производство порошков чистых металлов занимает значительную долю и объем их производства в настоящее время увеличивается. 14% мирового производства порошков чистых металлов приходится на порошок алюминия. Сложные оксиды и смеси производятся в ограниченном количестве, однако в долгосрочной перспективе их использование возможно возрастет.

В настоящее время рынок нанопорошков включился в активную стадию. Лидерами по объему проводимых исследований и полученных патентов являются ЕС, США и Япония. Крупнейшими производителями нанопорошков выступают США, страны ЕС, Республика Корея, Китай. Крупнейшими поставщиками сырья – Бразилия, ЮАР, Россия и Австралия.

Диапазон потребления нанопорошков значительно широк и применение их в промышленности возрастает. Например, оксид алюминия используется в обрабатывающей промышленности (особенно в электронике и оптике) в основном как абразив, для струйной очистки, притирки и полировки. Он также

используется для очистки воздуха, в качестве катализатора, в конструкционной керамике и для производства конденсаторов. Диоксид кремния и оксид алюминия завоевали признание среди производителей потребительских товаров и электронной техники: их использование позволяет существенно уменьшать размеры изделий. Карбиды кобальта, алюминия используются для изготовления износостойких покрытий для механических деталей. Нанопорошки могут заменить платину как катализатор, что приведет к повышению КПД и снижению стоимости аккумуляторов. Широко применяют нанопорошки в сельском хозяйстве и природоохранной отрасли (включая добычу и обработку полезных ископаемых, получение электроэнергии и водоочистку), а также медицине и косметологии.

В настоящее время интенсивность исследований в сфере нанопорошков возрастает. Наиболее популярным направлением исследования выступают нанопорошки алюминия, активно ведутся разработки по получению нанопорошков алюминия методом ЭВП. Получение нанопорошков алюминия и их широкое применение в различных отраслях экономически целесообразно.

Целью диссертационной работы является выявление закономерности структуры и состава нанопорошков алюминия в зависимости от условий получения.

В соответствии с поставленной целью определены следующие **задачи**:

- проанализировать источники информации по заданной теме;
- исследовать принцип получения нанопорошков методом электрического взрыва проводника (ЭВП) на установке УДП-4Г;
- произвести анализ полученных образцов нанопорошков алюминия.

Объектом исследования является нанопорошок алюминия.

1. Обзор литературы

1.1 Явление электрического взрыва проводников

Электрический взрыв проводников (ЭВП) достаточно активно исследуется в настоящее время. Внимание к данному явлению объясняется современными исследованиями в сфере энергетики, быстрым развитием физики высоких плотностей энергий и нанотехнологий, практическим применением полученных нанопорошков чистых металлов и их соединений [1, 2].

Впервые наблюдение электрического взрыва проводников (ЭВП) произошло около 230 лет назад [1]. Первое упоминание о разрушении металлических проводников импульсным током встречается в 1774 году (до открытия закона Ома), после этого началось исследование и процесса ЭВП, и продуктов электрического взрыва. Например, в 1857 году известный физик Майкл Фарадей получил очень тонкие металлические пленки на внутренних стенках колбы при разряде лейденской банки через золотую проволочку. В начале XX века изучение ЭВП сдерживалось слабым развитием экспериментального оборудования и техники. Детальные и многогранные исследования явления ЭВП начались с 60-х годов XX в. благодаря развитию электрофизической техники.

Под электрическим взрывом проводника понимают резкое изменение физического состояния металла в результате интенсивного выделения в нем энергии при пропускании импульсного тока большой плотности ($j \geq 10^6 \text{ А/см}^2$), приводящего к нарушению металлической электропроводности и сопровождающегося генерацией ударных волн и электромагнитного излучения [1].

На рисунке 1.1 представлена принципиальная схема разрядного контура установки для осуществления ЭВП.

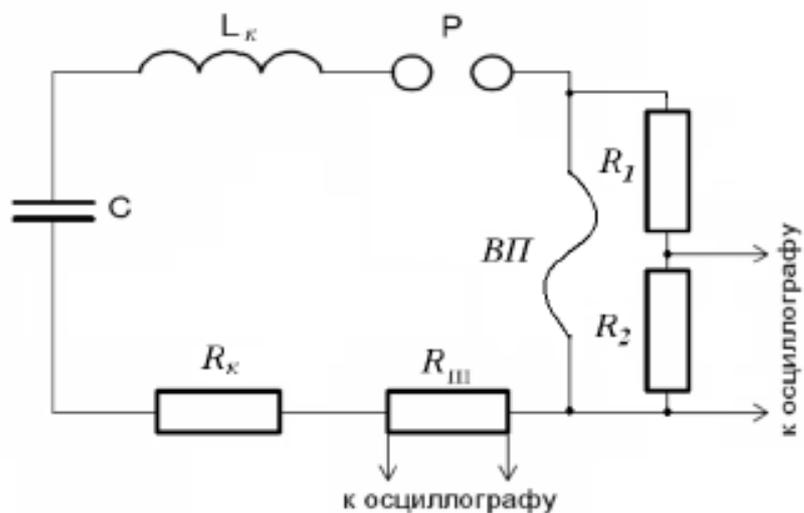


Рисунок 1.1 LC контур для осуществления ЭВП: C – конденсатор; L_k – индуктивность контура; P – разрядник; R_1, R_2 – высоковольтный делитель; $R_{ш}$ – шунт; R_k – сопротивление контура; $ВП$ – взрывающийся проводник.

В качестве источника тока наиболее часто используется конденсатор (C), который заряжается до необходимого уровня напряжения (U_0). В зависимости от целей могут применяться и более сложные схемы – генераторы импульсных токов, генераторы импульсных напряжений, накопительные линии и др. Коммутатором (P), в основном, служит управляемое газоразрядное устройство, которое обеспечивает быструю подачу напряжения на взрываемый проводник ($ВП$). В качестве взрываемого проводника используют отрезок металлической проволоки с выбранными диаметром и длиной.

Этапы развития ЭВП представлены на рисунке 1.2. Под влиянием импульса тока проволока разрушается на мельчайшие частички металла и пар. Продукты разрушения разлетаются с большой скоростью и быстро охлаждаются, в результате чего образуется нанодисперсный порошок. Мельчайшие частицы металла при определенных условиях могут

взаимодействовать с окружающей средой, образуя химические соединения. В зависимости от окружающего проводник газа можно получать порошки металлов, сплавов, порошки химических соединений, а также порошки композиционных составов.

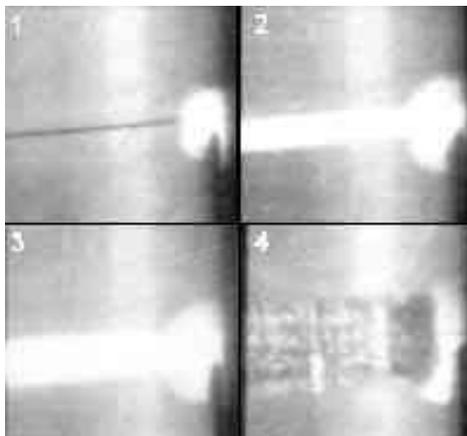


Рисунок 1.2 Этапы развития ЭВП: 1 - проба с электрода на проводник; 2 - образование плазменного шнура; 3 - его расширение; 4 - разлёт расширяющихся продуктов взрыва.

Таким образом, ЭВП совмещает в себе признаки диспергационных методов (проводник разрушается под действием электрического тока) и методов испарения-конденсации (значительная часть материала проводника в процессе электровзрыва переходит в газообразное состояние, причем доля металла, перешедшего в пар, зависит от величины энергии, введенной в проводник).

1.2 Характеристики ЭВП

ЭВП как метод диспергирования металлов имеет следующие особенности [7–9]:

- время взрыва составляет 10^{-5} – 10^{-8} с;
- величина развиваемой мощности превышает 1013 Вт/кг;
- температура в момент взрыва может достигать значения 104 К и выше, давление 109 Па;
- скорость разлета продуктов составляет 1–5 км/с;

- одной из важнейших характеристик ЭВП является введенная в проводник энергия;
- частицы формируются как за счет конденсации паровой фазы, так и за счет диспергирования жидкого металла;
- увеличение вводимой в проводник энергии приводит к возрастанию доли металла, перешедшего в парообразное состояние, но получение чисто паровой фазы считается невозможным.

Для диагностики энергетических характеристик ЭВП используют осциллографическое измерение тока в электрической цепи (с помощью токового шунта или пояса Роговского) и напряжения на взрываемом проводнике (с помощью делителя напряжения).

На рисунке 1.3 приведены типичные осциллограммы тока и напряжения при ЭВП.

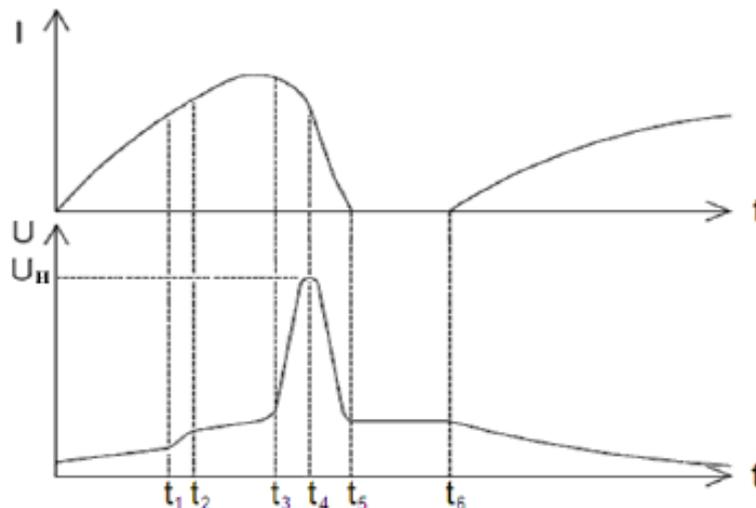


Рисунок 1.3 Осциллограммы тока и напряжения при ЭВП.

При разрядке конденсатора, через проводник протекает импульсный ток, вследствие чего проводник нагревается до температуры плавления (момент времени – t_1). Плавление металла на осциллограмме напряжения проявляется в виде скачка напряжения в интервале времени $t_1 - t_2$, вызванного увеличением удельного сопротивления проволоочки. Далее металл нагревается

в жидком состоянии. В момент t_3 начинается процесс разрушения, проводник теряет сплошность, его сопротивление начинает быстро нарастать, ток в цепи снижается. В результате резкого нарастания сопротивления, на разрядном промежутке формируется импульс перенапряжения ($U_{\text{п}}$), амплитуда которого может в несколько раз превышать зарядное напряжение накопителя (U_0). Максимальное значение коэффициента перенапряжения ($k = U_{\text{п}}/U_0$), может достигать 18. Момент времени t_4 , соответствующий максимуму пика перенапряжения, принимается за момент собственно взрыва проводника, однако в некоторых источниках, за момент взрыва принимают t_5 . После t_4 ток снижается до нуля и в момент t_5 наступает пауза тока, связанная с низкой электрической проводимостью продуктов взрыва, обладающих свойствами газа с высокой электрической прочностью. При расширении продуктов взрыва электрическая прочность промежутка уменьшается и в момент времени t_6 происходит пробой продуктов остаточным напряжением на конденсаторе, возникает дуговая стадия ЭВП.

Описанный выше процесс относится к режиму ЭВП с «паузой тока». В зависимости от условий проведения эксперимента, осуществлять взрыв можно в «согласованном» (рисунок 1.4, а), в «критическом» (рисунок 1.4, б), а также в режиме «без паузы тока» (рисунок 1.4, в).

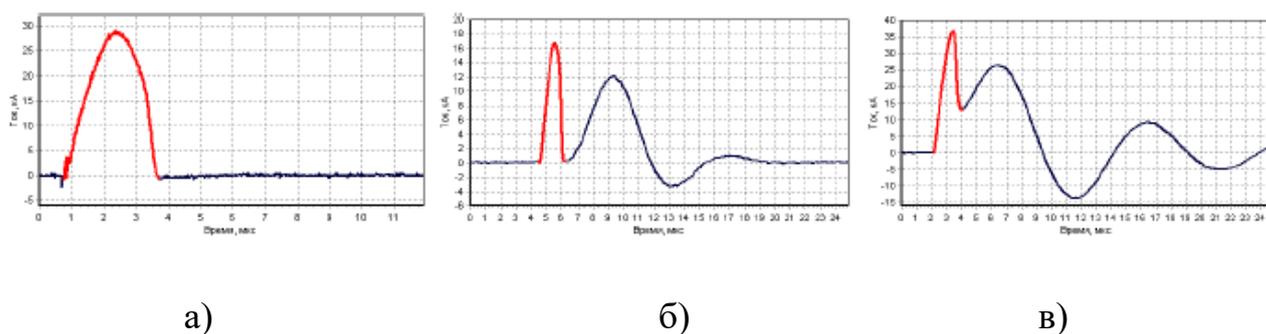


Рисунок 1.4 Осциллограммы ЭВП

а) согласованный режим; б) критический режим; в) режим без паузы тока

В согласованном режиме проводник потребляет всю энергию, запасенную в накопителе, дуговая стадия отсутствует (рисунок 1.4, а). Уменьшение длины взрываемого проводника при сохранении остальных условий эксперимента приводит к снижению уровня энергии, потребляемой проводником при взрыве, и появлению остаточной энергии в накопителе. Эта энергия выделяется в дуговой стадии при пробое расширяющихся продуктов взрыва – ЭВП с паузой тока (рисунок 1.3). Величина промежутка времени, при котором наблюдается пауза тока, зависит от скорости уменьшения электрической прочности продуктов ЭВП, длины разрядного промежутка, а также напряжения, оставшегося в накопителе после ЭВП.

Дальнейшее уменьшение длины взрываемого проводника приводит к уменьшению длительности времени паузы тока вплоть до нуля и к переходу к критическому режиму ЭВП. Последующее уменьшение длины проводника приводит к переходу в режим без паузы тока, при этом дуговая стадия разряда возникает до отключения тока. Следует отметить, что для исследования процесса ЭВП наиболее предпочтительными, являются согласованные режимы взрыва, либо режимы с паузой тока, когда дуговая стадия разряда не оказывает влияния на исследуемый процесс.

Характер разрушения проводника при электрическом взрыве определяется энергией, введенной в проводник при взрыве и/или плотностью протекаемого тока. При вводимой в проводник энергии, меньшей энтальпии испарения, процесс разрушения проводника характеризуется развитием изгибных неустойчивостей (стягивания жидкого проводника в капли), приводящее к распаду расплавленной проволоки на капли, но на отдельных участках наблюдается вскипание жидкого металла.

1.3 Классификация ЭВП

Разрушение проводников большими импульсными токами является сложным процессом. Разнообразие факторов, под влияниями которых протекает процесс, определило необходимость классификации ЭВП.

Чейс и Левин [5] в основу классификации ЭВП положили скорость нагрева проводников или скорость ввода энергии и выделили следующие виды ЭВП:

1. *Медленный взрыв* – время ввода энергии, необходимой для полного разрушения проводника, намного больше времени развития макроскопических неустойчивостей τ_m , которое определяется по формуле $\tau_m = \frac{r_0(4\pi\rho)^{1/2}}{H_0\Omega}$, где r_0 – начальный радиус проволоочки, ρ – плотность жидкого металла, H_0 – напряженность магнитного поля, Ω – инкремент нарастания возмущений. Плотность тока при медленном электровзрыве не более 10^7 А/см².
2. *Быстрый взрыв* – время ввода энергии в проводник меньше времени развития неустойчивостей. Быстрый взрыв происходит при плотностях тока, больших 10^7 А/см².
3. *Сверхбыстрый взрыв* – скорость энерговыделения в проводнике сверху ограничивается скоростью диффузии магнитного поля в проводник, при этом существенно влияние скин-эффекта. Сверхбыстрый взрыв происходит обычно при плотностях тока более 10^8 А/см² и преимущественно на проводниках большого диаметра.

Н.Н. Столович в основу классификации положил плотность окружающей среды (γ) электрические взрывы проводников и выделил следующие классы ЭВП [2]:

1. Взрывы при малой плотности окружающей среды (в вакууме, $\gamma < 10^{-6}$ г/см³);
2. Взрывы при повышенной плотности окружающей среды (в воздухе и в атмосфере других газов при различных давлениях, $10^{-4} \leq \gamma \leq 10^{-1}$ г/см³);
3. Взрывы в конденсированных средах (в воде, других жидкостях, твердых телах, $\gamma > 0,6-0,8$ г/см³).

1.4 Преимущества ЭВП

ЭВП-технологии, в сравнении с другими методами получения нанопорошков металлов, имеет ряд преимуществ:

1. Возможность получения частиц металлов с высокой физико-химической активностью;
2. Формирование частиц сферической формы наноструктурированных по объему, которая обеспечивает их высокую химическую активность;
3. Низкие энергозатраты, расход энергии на нагрев окружающей среды небольшой потому, что энергия вводится в металл не с поверхности, а объёмно и импульсно;
4. Возможность тонкого и гибкого управления не только технологическим процессом, но и свойствами получаемых порошков;
5. Получение широкой гаммы нанопорошков любых металлов и сплавов, которые могут выпускаться и в виде проволоки или фольги. В некоторых случаях можно взрывать и струи расплавленного металла.

Основным достоинством ЭВП технологии является ее универсальность, возможность получения нанопорошков металлов, их сплавов, а также химических соединений с неметаллами на одном и том же оборудовании.

2. Методы и методики исследования

2.1 Методика расчёта энергии, введенной в проводник

При ЭВП потребляемая электроэнергия преобразуется в работу по нагреву проводника в конденсированном состоянии, плавлению, испарению металла, ионизации, образованию новых поверхностей с разрывом химических связей – распаду металла на части, разлету в окружающую среду продуктов взрыва. Процесс энергосодержания характеризуется следующими характеристиками: разрядным током i , падением напряжения на взрывающемся проводнике u , его активным сопротивлением r , мощностью N , энергией W , введенной в проводник к данному моменту времени t .

Основной характеристикой ЭВП является введенная в проводник энергия, которая определяет величину и скорость изменения сопротивления, термодинамическое состояние проводника, скорость расширения продуктов взрыва, размеры образующихся частиц.

Анализируя ЭВП также используют такие понятия, как объемная плотность энергии e , равная отношению величины введенной в проводник энергии к начальному объему проводника, и достигаемый перегрев или энергосодержание e/e_c – отношение объемной плотности энергии к энергии сублимации материала проводника e_c .

Определение энергетических характеристик ЭВП обычно производят из совместной обработки осциллограмм тока и напряжения. Мощность определяется по формуле $N(t) = U(t)I(t)$.

Существует метод расчета энергии, сопротивления и мощности по осциллограмме тока и исходным параметрам взрыва. Расчет энергии W для RLC -контура выглядит следующим образом:

$$W(t) = U_0 Q(t) - \frac{Q^2(t)}{2C} - \frac{Li^2(t)}{2} - R_K \int_0^t i^2(t) dt,$$

где $Q = \int_0^t i(t) dt$ - уменьшение заряда конденсатора, которое определяется графическим интегрированием осциллограммы тока; U_0 - начальное

напряжение на конденсаторе; C - емкость конденсатора.

Уменьшение заряда конденсатора в момент времени t равно площади под кривой тока: $Q(t) = m_i m_t S_0$, где m_t - масштаб тока, А/мм; m_i - масштаб времени, с/мм; S_0 - площадь под кривой тока в интервале времени, мм².

Индуктивность L и активное сопротивление контура R_K находятся из осциллограмм тока короткого замыкания по формулам:

$$L = \frac{T^2}{4\pi^2 C [1 + (\ln \Delta / 2\pi)^2]}, \quad R_K = \frac{2L \ln \Delta}{T},$$

где T - период затухающих колебаний контура, $\ln \Delta$ - логарифмический декремент затухания колебаний тока в контуре, Δ - отношение соседних амплитудных значений тока одной полярности.

Выражение $\frac{Li^2(t)}{2}$ представляет собой энергию магнитного поля контура. Если $l = l_k$ (критическая длина), то $\frac{Li^2(t)}{2} = 0$

Выражение $\int_0^{t_n} i^2(t) dt$ равно площади под кривой тока с координатами, равными квадрату координат под токовой осциллограммой.

$$Q^2(t) = m_i^2 m_t \hat{S}_0,$$

где \hat{S}_0 - площадь под токовой кривой с координатами, которые равны квадрату координат токовой осциллограммы в интервале времени.

$R_K \int_0^{t_n} i^{2(t_n)} dt$ - энергия рассеиваемая на активном сопротивлении контура.

Итак, формула для расчета энергии W представляет собой разность между накопленной и оставшейся в конденсаторе энергией, энергией в магнитном поле контура и энергией, рассеиваемой на активном сопротивлении контура.

Объемная плотность энергии или удельное энергосодержание проводника определяется по формуле $e = \frac{W(t)}{lS}$.

2.2 Рентгенофазовый анализ (РФА)

Эти методы включают дифракцию рентгеновских лучей и нейтронов и по сравнению с электронной микроскопией являются менее общими, но более точными. В то же время анализ дифракционных рефлексов, обусловленных структурой атомов одиночных частиц, пригоден для очень малых частиц. Ширина угла $\Delta\Theta$ рефлекса увеличивается с уменьшением размера частицы ($\Delta\Theta \sim 1/R$ - эффект Шеррера). Меньшим размерам соответствует меньшее число решеточных плоскостей, которые дают интерференцию дифракционного пятна, а в больших кластерах обычно видно дифракционное кольцо.

Для определения фазового состава исходных порошков, продуктов их окисления и для оценки качественной картины протекающих при химическом преобразовании исходных материалов процессов, а также для первичной оценки механизмов этих процессов используются возможности РФА. Учитывая относительно высокую чувствительность и экспрессность РФА, можно достаточно быстро определять фазовый состав исходных порошков и полученных материалов. Это позволяет корректировать дальнейшее направление эксперимента, исходя из прогнозов вероятных свойств у конечных продуктов.

Физической основой РФА является дифракция рентгеновских лучей при прохождении сквозь кристаллическую решетку вещества. Необходимым условием возникновения дифракционного эффекта является, в свою очередь, выполнение уравнения Вульфа-Брегга

$$2 \cdot d \cdot \sin \Theta = n \cdot \lambda$$

где d - межплоскостное расстояние; Θ - угол падения рентгеновского луча, град; $n = 1, 2, 3$ (целое число длин волн); λ - длина волны рентгеновского луча.

РФА осуществляется методом порошка с помощью дифрактометра Shimadzu XRD7000 в фильтрованном $Cu_{K\alpha}$ -излучении трубки БСВ-24. Скорость съемки составляла 2-4 град/мин, напряжение анод-катод 30-40 кВ,

анодный ток 15-25 mA. Дифракционная картина регистрируется в цифровом виде. Обработка рентгенограмм проводится по стандартным методикам и заключается в сравнении рефлексов исследуемого образца с данными картотеки PDF-2 (ICDD).

В основе метода идентификации фаз исследуемого образца лежит метод сравнения экспериментально полученных спектров со стандартными, априорно известными спектрами, опубликованными в популярных каталогах. При этом критерием присутствия в образце той или иной фазы будет служить совпадение как минимум с двумя сильными линиями эталона.

Количественный РФА используется для корректировки данных, полученных другими методами.

Для количественного фазового анализа необходимо возможно более точное определение интенсивностей, и вполне удовлетворительные результаты дает дифрактометр Shimadzu XRD7000.

Наиболее часто применяемым методом является метод внутреннего стандарта. Здесь сравниваются два образца, один из которых содержит известное количество искомой фазы А. К обоим образцам подмешивается выбранный в качестве сравнительного порошок С, дифракционные линии которого (или часть их) не совпадают с линиями остальных компонентов (в особенности А). Далее используются соотношения:

$$\frac{M_A}{M_C} = k \cdot \frac{I_A}{I_C}; \quad \frac{M_A^*}{M_C^*} = k \cdot \frac{I_A^*}{I_C^*}$$

Если концентрации M_C и M_C^* известны, то нетрудно рассчитать M_A . В качестве подмешиваемого вещества С может быть использован один из компонентов смеси. В этом случае к смеси добавляют известное количество одного из определяемых компонентов (обычно присутствующего в меньшем количестве). Удобно сравнивать линии примерно одной интенсивности. Поэтому при анализе смеси двух компонентов А и В, из которых А присутствует в количестве нескольких процентов, сравниваются интенсивности самой яркой линии А и слабой линии В.

В связи с тем, что экспериментальная часть работы связана с порошками, дисперсность которых различается в диапазоне нескольких порядков, имеет смысл немного рассмотреть значение размерного фактора в РФА.

Важным фактором при получении достоверной рентгеновской картины образца является зернистость порошка, в особенности, когда у компонентов заметно различаются коэффициенты поглощения. В этом случае использование крупнозернистых образцов (с размером зерна $> 0,5\text{—}1,0$ мкн) вносит дополнительную ошибку (уменьшается относительная интенсивность линий сильнопоглощающего вещества). С другой стороны, порошки размером около 1 мкн дают самые узкие гладкие пики.

Методом РФА могут быть исследованы порошки с более мелким размером частиц, но, начиная с размера около 100 нм, они будут давать сильно размытые линии. Порошки крупнее 10-50 мкм, если только они не состоят из более мелких зерен, будут давать зубчатый профиль пика на дифрактограмме, а потому образцы из них должны обязательно вращаться во время съемки. Хрупкие порошки можно измельчить растиранием в ступке до нужного размера. Однако такая предварительная подготовка нежелательна для пластичных металлов, т. к. это приводит к размытию линий.

РФА применяется как самый надежный из всех используемых методов анализа при идентификации всех равновесных фаз как в исходных порошках, так и в синтезируемых материалах. В ряде случаев, когда требуется дополнить результаты других анализов, применяется упрощенный количественный РФА, в т. ч. сравнение интенсивностей рефлексов разных фаз и метод внутреннего стандарта.

2.3 Термический анализ

Термические методы основаны на взаимодействии вещества с тепловой энергией. Среди методов термического анализа различают ДТА и ТГ.

2.3.1 Дифференциально-термический анализ.

ДТА заключается в измерении температуры (или разности) в зависимости от количества подводимой или отводимой теплоты.

ДТА позволяет исследовать фазовые превращения, наличие химических реакций, протекающих в веществе при нагревании и охлаждении по термическим эффектам и изменению веса. Метод ДТА основан на сравнении термических свойств образца исследуемого вещества и инертного эталона. Эталоном должно быть термически устойчивое вещество, для которого в интервале фазовых переходов не наблюдается фазовых переходов или разложения. Регистрируемым параметром является разность температур вещества и эталона, измеряемая при нагревании или охлаждении образца с постоянной скоростью.

2.3.2. Термогравиметрия.

ТГ заключается в измерении потери массы пробы при изменении температуры. Кривые зависимости A_m от температуры называются термогравиграммami. Часто изменение массы m очень ярко выражено. Тогда целесообразно построить дифференциальную кривую в координатах $A_m/AT = f(T)$. Термогравиграммы позволяют проследить за ходом превращения веществ в процессе нагревания. При этом происходят разные химические реакции: разложение, окисление и восстановление, дегидратация, замещение и т. п. Кривые можно использовать для решения ряда задач:

1) по уменьшению массы можно судить о содержании определяемого компонента;

2) можно установить интервал температур устойчивости разных форм вещества, в т. ч. гравиметрической формы, что очень важно при определении веществ гравиметрически;

3) термогравиграммы дают информацию о составе соединений на разных стадиях разложения;

4) метод ТГ позволяет провести одновременное определение компонентов, неосуществимое другими методами (например, кальция и магния в виде совместно осажденных оксалатов).

2.4 Электронная микроскопия

Микроскопия является обычно основным методом определения размера наночастиц и поэтому, как правило, рассматривается более подробно. При этом используются электронная микроскопия, применяющая луч из пучка ускоренных электронов, и различные варианты зондовых микроскопов.

В электронной микроскопии, в свою очередь, имеется два основных направления:

- ПЭМ, в которой в последнее время принято выделять в отдельный раздел электронную микроскопию высокого разрешения;
- растровая СЭМ.

2.4.1. Просвечивающая электронная микроскопия.

Объект, представляющий собой тонкую пленку, просвечивается пучком ускоренных электронов с энергией 50-200 кэВ в вакууме порядка 1 Па. Электроны, отклоненные атомами объекта на малые углы и прошедшие сквозь объект, попадают в систему магнитных линз, которые на экране и на фотопленке формируют светопольное изображение внутренней структуры. Достигается разрешение в 0,1 нм, что соответствует увеличению в 10^6 раз.

Разрешение зависит от природы объекта и способа его подготовки. Обычно исследуют пленки толщиной 0,01 мкм и НП, нанесенные на углеродные пленки. Современные ультрамикротомы позволяют делать срезы толщиной 10-100 нм. Металлы исследуют в виде тонкой фольги. С помощью просвечивающих микроскопов можно получать дифракционные картины, дающие информацию о кристалличности объекта.

2.4.2. Растровая электронная микроскопия.

Этот метод в основном применяется для изучения поверхности частиц. Электронные лучи сжимаются магнитными линзами в тонкий (1-10 нм) зонд, который последовательно от точки к точке перемещается по объекту, т. е. сканирует его. При взаимодействии электронов с объектом возникает несколько видов излучений:

- вторичные и отраженные электроны,
- прошедшие электроны,
- рентгеновское тормозное излучение,
- световое излучение.

Любое из перечисленных излучений может регистрироваться и преобразовываться в электрические сигналы. Полученные сигналы усиливаются и подаются на электронно-лучевую трубку. Аналогичная ситуация имеет место в кинескопе телевизора. На экране формируется изображение, которое фотографируют. Основное достоинство метода - высокая информативность, а существенный недостаток - большая длительность процесса. Высокая разрешающая способность реализуется лишь при малых скоростях развертки.

Метод обычно применяется для частиц размером > 5 нм. Проблема связана с ограничивающей применением толщиной образца. Для электронов с энергией 100 кэВ толщина образца составляет около 50 нм. Чтобы предотвратить разрушение образцов, используют специальные приемы их

приготовления. Кроме того, всегда приходится иметь в виду возможность лучевой нагрузки на образцы, например, может происходить агрегация и спекание частиц под лучом.

Одним из способов подготовки образцов является применение ультрамикротомов (их использование затруднено при неравномерном, например, островковом, осаждении). Применяются также химические методы, в частности растворение матрицы. Вид получаемой при микроскопическом исследовании гистограммы нередко зависит от метода получения образца.

В 80-х гг. XX в. в электронной микроскопии произошел мощный прорыв. Были созданы микроскопы с компьютерным анализом элементного состава на базе спектрометра энергетических потерь. Спектрометрию энергетических потерь применяли в комбинированных ПЭМ и СЭМ. Перекомпоновка системы магнитных призм позволила регулировать контрастность изображения, которая зависит от угла падения, атомного номера и коэффициента отражения. В настоящее время на современных приборах можно получать селективные изображения элементов от бора до урана с разрешением 0,5 нм и чувствительностью до 10^{-20} г, что для кальция, например, составляет 150 атомов. Получать информацию о подобных объектах позволяет электронная микроскопия высокого разрешения.

Важный этап в развитии электронной микроскопии связан с разработкой методов компьютерной обработки изображений, позволяющей за короткое время получать гистограммы по форме, ориентации и размерам. Можно выделять детали структуры, проводить статистическую обработку, рассчитывать локальные микроконцентрации, определять параметры решеток. Встроенные в приборы процессоры дают возможность гибко управлять микроскопами.

2.5 Распределение частиц по размерам

Для количественной характеристики дисперсности порошка важно знать распределение частиц по размерам. Для получения кривых распределения широко используется седиментационный метод анализа, основанный на законе движения сферической частицы в вязкой среде (законе Стокса). Верхним пределом применимости этого метода является размер частиц 50 мкм (для материалов с высокой плотностью, например для металлических порошков, - 20 мкм), а нижняя граница определяется влиянием теплового движения молекул жидкости на скорость оседания частиц и равна 1-0,5 мкм.

Необходимо отметить, что, хотя формула Стокса выведена для сферических частиц, ее с успехом применяют для промышленных порошков, вводя представление об эквивалентном диаметре и соответствующие коэффициенты формы. Седиментационный метод редко используется для анализа ультрадисперсных металлических порошков по следующим причинам:

- 1) нижний предел применимости, даже в случае использования современных приборов, осуществляющих сканирование суспензии узким пучком рентгеновских лучей, составляет всего 0,1 мкм;
- 2) в случае порошков, склонных к агрегации, результат искажается - средний размер частиц существенно завышается.

Если первая трудность может быть в принципе преодолена использованием седиментации в центробежном поле, то проблема дезагрегации частиц ультратонких порошков в настоящее время практически непреодолима.

Широкое распределение по размерам и агрегация частиц металлических порошков являются препятствием и для применения кондуктометрического метода, основанного на анализе электрических импульсов, возникающих в установке в момент прохождения отдельной

частицы через канал анализатора. Приборы, основанные на этом принципе (счетчики Коултера), в настоящее время получили довольно широкое распространение в медицине для подсчета кровяных шариков, а также для анализа порошков некоторых неорганических материалов. Необходимо отметить достоинства кондуктометрического метода, такие как экспрессность анализа (~ 20 с), высокая точность результатов, автоматическая регистрация данных. Однако специфическая методика приготовления пробы, представляющей собой суспензию порошка в электролите, а также сложность получения и калибровки мерных каналов существенно ограничивают применение этих приборов.

2.6 Метод низкотемпературной десорбции азота (БЭТ)

Методом низкотемпературной десорбции азота (методом БЭТ) называют метод математического описания физической адсорбции, основанный на теории полимолекулярной (многослойной) адсорбции.

Метод был предложен Брунауэром, Эмметом и Тейлором. В нем используются следующие допущения: поверхность адсорбента однородна; взаимодействие адсорбент–адсорбат сильнее, чем адсорбат–адсорбат; взаимодействие адсорбированных молекул учитывается только в направлении, перпендикулярном поверхности, и рассматривается как конденсация. Линейная форма изотермы адсорбции (уравнения БЭТ) имеет вид

$$\frac{p/p_0}{a(1-p/p_0)} = \frac{1}{a_m C} + \frac{(C-1)p/p_0}{a_m C}$$

где p/p_0 – отношение давления в системе к давлению конденсации, a – величина адсорбции, a_m — объем монослоя на поверхности адсорбента, C – отношение констант адсорбционного равновесия в первом слое и константы конденсации.

Метод БЭТ имеет практическое значение. С помощью его находят площади поверхности пористого твердого тела. Для этого получают экспериментальную зависимость адсорбции a от давления p/p_0 при постоянной температуре (изотерма адсорбции), после чего по уравнению БЭТ вычисляют величину a_m и, затем, число молекул в монослое. Зная площадку, занимаемую одной молекулой, можно рассчитать суммарную площадь поверхности адсорбента любой формы и пористости. Принято считать, что метод БЭТ можно использовать для определения площади поверхности с точностью 5–10% в интервале значений относительного давления (p/p_0) 0,05–0,35. Для более детального анализа пористой структуры твердого тела (вычисление доли пор различного диаметра в общей пористой структуре) по изотермам адсорбции используют дополнительные расчетные модели.

БЭТ-анализатор удельной поверхности МЕТА СОРБИ–М, предназначен для измерения удельной поверхности дисперсных и пористых материалов путем сравнения объемов газа-адсорбата, сорбируемого исследуемым образцом и эталонным материалом с известной удельной поверхностью.

Принцип действия данного прибора основан на измерении объема газа-адсорбата, десорбированного с поверхности исследуемого образца. Полученные данные используются для расчета удельной поверхности по четырёхточечному методу Брунауэра-Эммета-Тейлора (методу БЭТ).

Перед началом измерений проба исследуемого образца известной массы, проходит предварительную стадию подготовки (термотренировку). В ходе измерений через ампулу пропускают стационарный поток газовой смеси, состоящей из газа-носителя и газа-адсорбата. В качестве газа-носителя используется гелий, в качестве газа-адсорбата – азот.

Процесс измерений состоит из нескольких этапов. Каждый цикл проводится при определённых значениях парциального давления газа-адсорбата и включает в себя стадии установки состава газа, адсорбции и десорбции. Во время адсорбции при температуре кипения жидкого азота

происходит захват молекул газа-адсорбата на поверхности исследуемого образца и устанавливается динамическое равновесие между слоем адсорбированного вещества и окружающим газом.

В процессе десорбции температуру повышают и адсорбированное вещество высвобождается с поверхности исследуемого образца. При этом происходит изменение состава протекающей газовой смеси, что регистрируется датчиком теплопроводности в виде так называемого десорбционного пика. Площадь этого пика пропорциональна объему десорбированного газа. В свою очередь объем десорбированного газа пропорционален полной площади поверхности исследуемой навески. Удельная поверхность определяется как полная поверхность, деленная на массу навески.

Для управления работой прибора и обработки полученной информации используется специализированное программное обеспечение Sorbi-M, функционирующее на внешнем компьютере, к которому подключен прибор. После помещения образца в адсорбер, заливки жидкого азота и старта измерения все операции проводятся прибором автоматически.

Для экспресс-оценки удельной поверхности образца в приборе реализован одноточечный метод БЭТ, погрешность измерения удельной поверхности при этом не нормируется.

2.7 Энергодисперсионный анализ

Метод энергодисперсионного анализа – аналитическая методика элементного анализа твёрдого вещества, базирующийся на анализе энергии эмиссии её рентгеновского спектра. Данная методика позволяет с помощью электронного микроскопа получить информацию о химическом составе образца на участке микроскопических размеров, выбранном произвольно. Для энергодисперсионного анализа используют и энергодисперсионный спектрометр (ЭДС), с помощью которого сортирует фотоны по их энергии.

С помощью пучка электронов (в электронных микроскопах) или рентгеновских лучей (в рентгеновских флуоресцентных анализаторах) атомы исследуемого образца возбуждаются, испуская характерное для каждого химического элемента рентгеновское излучение. Исследуя энергетический спектр такого излучения делаются выводы о качественном и количественном составе образца.

Метод энергодисперсионного анализа может быть использован при исследовании объекта в сканирующем электронном микроскопе или трансмиссионном электронном микроскопе, где производится исследование с помощью сфокусированного высокоэнергетического пучка электронов.

В камере микроскопа создают высокий вакуум (10^{-7} мБар) в целях минимизации взаимодействия электронов с молекулами воздуха. Детектор рентгеновского излучения требует охлаждения, которое обычно производится либо дьюаром с жидким азотом, либо устройством, базирующемся на эффекте Пельтье.

При работе электронного микроскопа пучок электронов выходит из источника – электронной пушки – и ускоряется высоким напряжением. При попадании на объект часть электронов рассеивается в зависимости от порядкового номера элемента и его окружения в кристаллической структуре, часть возбуждает атомы вещества объекта, вызывая при этом эмиссию характеристического излучения. Анализируя энергетический спектр эмитированного рентгеновского излучения, возникающего при взаимодействии электронного пучка и атомов объекта, с помощью детектора электронного микроскопа, дополнительно изучают также и его состав. Детектором выступают кристаллы кремния Si с примесями лития Li.

2.8 Методу Кьельдаля

Для определения количества связанного азота в НПА используют метод, предложенный Кьельдалем.

Суть метода заключается в проведении гидролиза полученных нитридсодержащих НПА раствором гидроксида натрия или калия, отгонке образующегося аммиака и поглощении его титрованным раствором соляной или серной кислоты.

Навеску 0.10-0.15 г. исследуемого образца переносят в перегонную колбу. В приемник наливают 100 мл титрованного раствора соляной кислоты. Затем собирают установку, состоящую из перегонной колбы, каплеуловителя, электроплитки, обратного холодильника с алонжем, опущенным в приемник. Через воронку с зажимом в перегонную колбу вливают 50 мл 40 % раствор NaOH. После этого включают плитку и упаривают раствор до 1/3 объема. После упаривания тщательно ополаскивают холодильник и алонж, не вынимая из приемника. Остаток кислоты оттитровывают раствором щелочи с известной концентрацией.

Количество связанного азота рассчитывают по следующей формуле:

$$[N], \% = \frac{(V_K \cdot f_K - V_{Щ} \cdot f_{Щ}) \cdot 0,14}{m}$$

где $[N], \%$ - содержание связанного азота; V_K - объем кислоты, взятый для поглощения аммиака, мл; f_K - поправка к титру 0.1 н. раствора HCl; $V_{Щ}$ - объем щелочи, израсходованный на титрование остаточной кислоты, мл; $f_{Щ}$ - поправка к титру 0.1 н. раствора HCl; m - масса навески исходного вещества, г.

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

Студенту:

Группа	ФИО
5AM4A	Анянов Артём Евгеньевич

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Магистр техники и технологии	Направление/специальность	Техника высоких напряжений

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску. Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ).
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизации установки 0,1 Норма амортизации ПК 0,33 Районный коэффициент 30% Накладные расходы 150%</i>
3. <i>Использование систем налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды 30 %.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НИИ</i>	<i>SWOT-анализ проекта</i>
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	<i>Не разрабатывается</i>
3. <i>Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Составление иерархической структуры работ Разработка календарного плана. Составление графика Гантта. Расчет бюджета проекта . Оценка рисков проекта.</i>
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Проведена оценка ресурсоэффективности проекта</i>

Перечень графического материала:

<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>SWOT анализ</i> 2. <i>Бюджет проекта</i> 3. <i>График Гантта</i> 4. <i>Оценка общего риска проекта</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	04.05.2016 г.
---	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры Менеджмента	Потехина Нина Васильевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM4A	Анянов Артём Евгеньевич		

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Настоящая работа рассматривает научно-технические основы получения нанопорошков алюминия методом электрического взрыва проводника. Сейчас эта область науки находится на этапе накопления экспериментальных результатов и их теоретического осмысления. По мнению ряда ученых, НП и наноматериалы представляют собой новое состояние вещества наряду с газами, жидкостями и т. д. Логично предположить, что новое состояние требует и новых подходов к его диагностике. Огромный прилив специалистов из других областей науки и техники существенно усложнил проблемы диагностики из-за их попыток приобщить свои методы к анализу наноматериалов.

Используя специфические свойства наночастиц можно существенно изменить свойства макрочастиц и макроструктур, придать совершенно иные, не привычные свойства веществам, твердым телам. Например, создать новые соединения металлов, сплавов, повысить характеристики привычных материалов, лишь добавив некоторое количество наночастиц, которые в корне изменяют структуру кристаллической решетки или физико-механические свойства материалов.

Проблемы диагностики порошков и, особенно, НП весьма актуальны в настоящее время, когда нанотехнологии, наноматериалы и НП считаются главными направлениями в машиностроении, ракетной технике, экологии, биологии, медицине и т. д. Сейчас можно констатировать, что часть известных методов диагностики не пригодна, другая часть требует адаптации к наноматериалам, а значительная часть характеристик может быть определена только с помощью новых методов, отражающих свойства веществ в наносостоянии.

Основными целями научно технического исследования являются:

- 1) Создание полностью функционирующей электровзрывной установки;
- 2) Сокращение затрат на заработную плату за счет сокращения персонала и внедрения неполного рабочего дня;
- 3) Сокращение потерь денежных средств от нецелевого использования материальных ресурсов и оборотного капитала;
- 4) Получение возможности наблюдения за ходом работы удаленно от электровзрывной установки.

Для достижения поставленных целей в данной работе необходимо выполнить следующие задачи:

- Провести SWOT анализ проекта;
- Составить планирование работ;
- Составить проектную смету;
- Проанализировать и оценить риски;
- Провести оценку ресурсоэффективности.

3.1 SWOT анализ

SWOT-анализ – метод стратегического планирования, используемый для оценки факторов и явлений, влияющих на проект или предприятие. Все факторы делятся на четыре категории: strengths (сильные стороны), weaknesses (слабые стороны), opportunities (возможности) и threats (угрозы). Метод включает определение цели проекта и выявление внутренних и внешних факторов, способствующих её достижению или осложняющих его.

Потенциальными потребителями нанопорошков являются организации, химической промышленности; металлургические предприятия; научно-исследовательские институты и группы; и инновационные компаний, занимающиеся производством высокотехнологичного оборудования.

Для того чтобы оценить факторы и явления, способствующие или препятствующие продвижению проекта на рынок, был произведен SWOT – анализ проекта (таблица 5.1).

Таблица 3.1 – SWOT анализ проекта

Сильные стороны 1) Повышенная надежность работы установки; 2) Мобильность установки; 3) Автоматическое наблюдение за процессом производства через интернет; 4) Снижение затрат на заработную плату за счет возможности удаленного контроля за процессом производства.	Возможности во внешней среде 1) Возможность применения результатов НИ в различных отраслях химической промышленности и металлургии; 2) Простая и удобная транспортировка готового продукта.
Слабые стороны 1) Малое количество потенциальных потребителей продукции; 2) Повышенные требования к квалификации персонала.	Угрозы внешней среды 1) Отставание в развитии данной технологии по сравнению с аналогами за рубежом; 2) Сложность выхода на рынок, в связи с длительной процедурой апробации технологии получения нанопорошков.

Самое большое негативное влияние оказывают отставание в данной отрасли от других стран. Кроме того, рынок сбыта данной продукции, является высоко технологичным и к продукции предъявляются повышенные

технические требования. Данные негативные влияния могут быть скомпенсированы проведенной рекламой и пиаром разработанного продукта среди отечественных компаний.

Еще одним негативными факторами являются предъявляемые к оператору повышенные требования в области знания персонального компьютера, электробезопасности и материаловедения. При наборе обслуживающего персонала нужно обратить внимание на квалификацию и технические знания кандидатов. Несмотря на высокие требования к персоналу, график работы будет весьма гибок, так как процесс работы установки полностью автоматический, и за процессом работы можно вести наблюдение дистанционно по средствам веб-камеры и среды интернет.

Сложность выхода на рынок в связи с длительной процедурой апробации технологии получения нанопорошков, является неотъемлемой особенностью вывода на рынок продуктов данного типа. Перед началом производства необходимо пройти различные инстанции проверки правильности работы системы. Сокращение времени затраченного на утверждение проекта и запуска производства возможно только за счет сотрудничества с научно-исследовательскими институтами и группами, занимающимися вопросами изучения метода ЭВП. Частично рассматриваемую внешнюю угрозу возможно нейтрализовать за счет перенимания уже существующего опыта производства, и глубоких теоретических знаний в данном вопросе.

Большой приоритет перед конкурентами проект во внешней среде получает за счет возможности его размещения практически во всех стандартных помещениях, благодаря чему исчезает необходимость строительства специального помещения, для размещения установок. Так как имеется возможность наблюдения за процессом производства, посредством веб-камеры, то персонал не будет подвергаться опасным факторам. Кроме того, благодаря такому типу производства, персонал может работать неполный день, что позволит сэкономить на заработной плате.

3.2 Планирование проекта

Планирование проекта при выводе товара на рынок является неотъемлемой частью работы. Правильное планирование всех этапов от разработки проекта до вывода товара на рынок позволит более точно определить количество затраченных денежных средств и времени.

3.2.1 Иерархическая структура работ

Иерархическая структура работ – инструмент, позволяющий разбить проект на составные части. Она устанавливает иерархически структурированное распределение работ по реализации проекта, описывает все работы, которые должны быть выполнены в проекте.

Содержание работ данного проекта определено и структурировано в виде иерархии, которая приведена на рисунке 5.1.

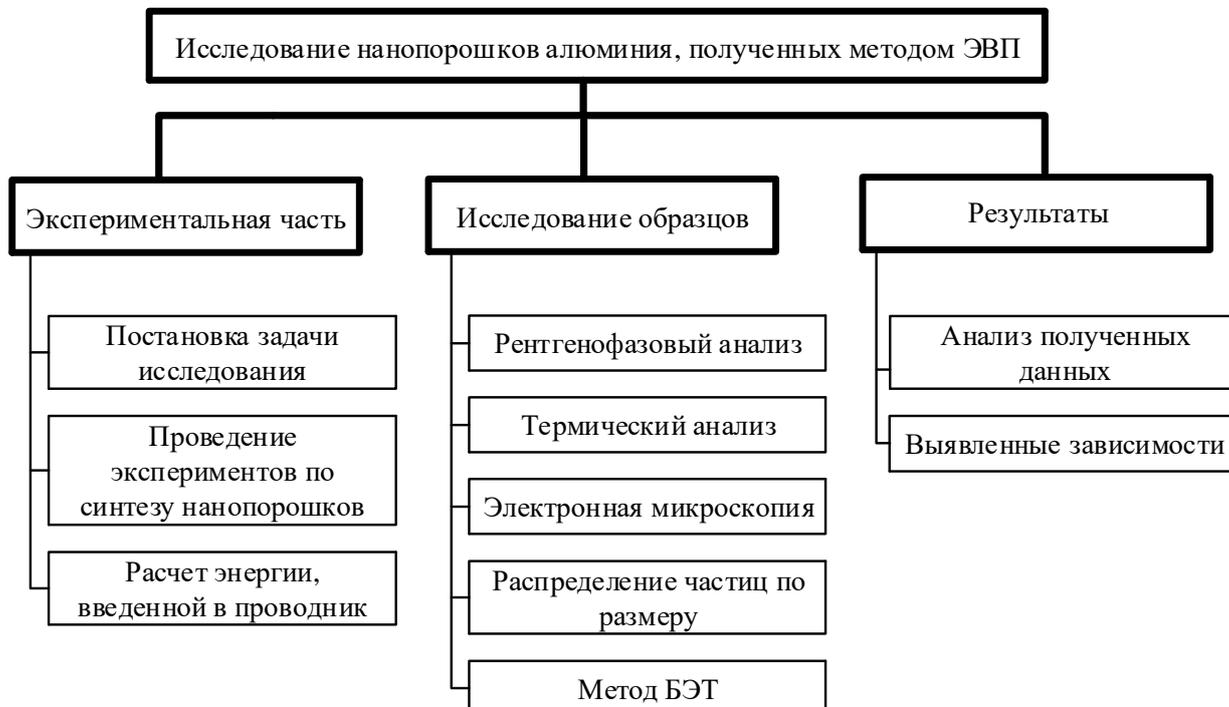


Рисунок 3.1. – Иерархическая структура работ

Приведенная на рисунке 3.1. структура работ важнейший элемент успеха проекта, потому что фокусирует внимание на результате проекта. Благодаря декомпозиции, исполнители проекта получили полное и одновременно ясное представление ожидаемого результата всего проекта. Значение этого этапа планирования невозможно переоценить.

3.2.2 Разработка календарного плана.

Для того чтобы вывести на рынок готовую продукцию разработан календарный план, направленный на конечный результат – активные продажи товара и заключение долгосрочных контрактов на сотрудничество с отечественными компаниями, заинтересованными в нашей продукции. План работ сведен в таблицу 3.2

Таблица 3.2 – План работ по проекту

№	Выполняемая работа	требуемое время (в днях)	кол-во сотрудников
1	Анализ рынка производства нанопорошков	7	1
2	Анализ рынка потенциальных покупателей	7	1
3	Изучение устройства и принципов работы экспериментального образца установки	21	2
4	Проверка правильности работы разработанной установки и производимого продукта в рамках НИИ. Выявление ошибок и неточностей производства.	14	2
5	Устранение выявленных ошибок	21	2
6	Проведение исследований, полученных нанопорошков	60	2
7	Обработка результатов исследования	42	1
8	Представление готового продукта	14	2

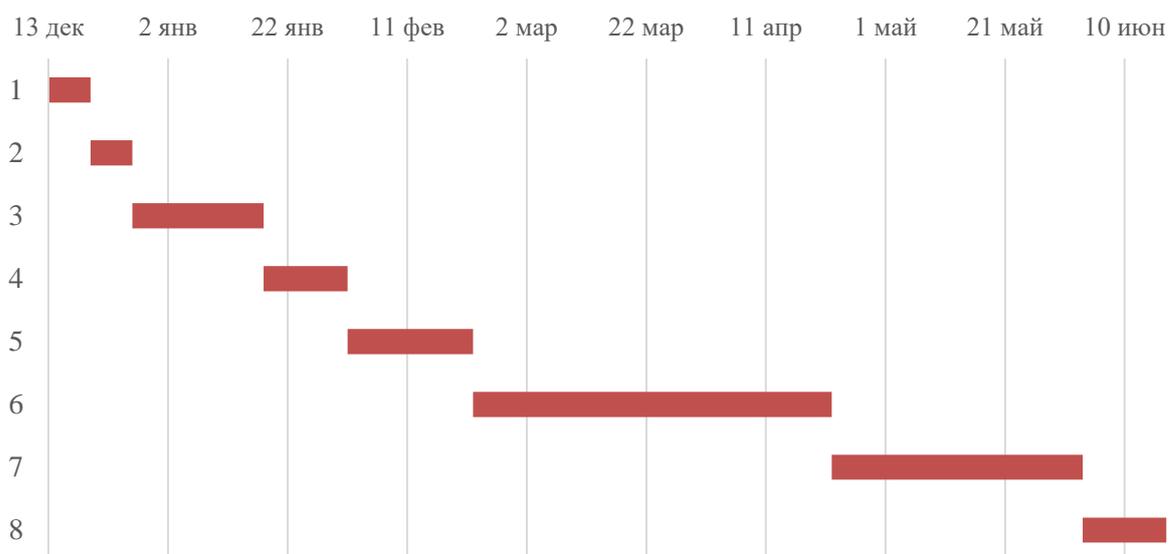


Рисунок 3.2 – График Гантта

Первым этапом проекта является анализ рынка производства нанопорошков. Данный этап направлен на получение основной информации об уже существующих методах получения нанопорошков. На этом этапе производится анализ конкурентной среды и возможность вхождения в данный рынок. Анализ показал, что предприятий нашего профиля в Российской Федерации и странах СНГ практически не представлены, что дает нам хороший шанс выйти на рынок и закрепиться в нем.

Анализ рынка потенциальных покупателей показал, что сейчас повсеместно происходит модернизация уже существующих предприятий и создание совершенно новых, высокотехнологичных предприятий химической промышленности и металлургии, в которых возможно применение нашей продукции. Наша компания выигрывает у зарубежных компаний в цене на готовую продукцию, благодаря меньшим транспортным и таможенным расходам.

Изучение устройства и принципов работы экспериментального образца установки необходимо для квалифицированного проведения эксперимента и получения образцов на исследование.

Проверка правильности работы установки ЭВП и качество полученных нанопорошков проводится в научно-исследовательском институте, имеющим в своем распоряжении специалистов и оборудование необходимых для данной процедуры.

Устранение выявленных ошибок также проводится на базе научно-исследовательского института с привлечением специалистов, занимающихся вопросами материаловедения.

Проведение исследования полученных нанопорошков – один из самых значимых этапов разработки проекта. Качество и точность проведения экспериментов является гарантом дальнейшей надежности всего исследования.

Обработка результатов исследования – данный этап заключается в обработке полученных результатов и создании классификатора готовой продукции (нанопорошков алюминия).

Представление готового продукта – на данном этапе необходимо получить нанопорошки согласно созданному классификатору.

Все этапы выполнены в Томском политехническом университете силами студента и научного руководителя от кафедры электроэнергетических системы (ЭЭС), а также преподавателями кафедры.

Для визуализации планирования проекта построим диаграмму загрузки трудовых ресурсов – рисунок 3.3. Стоит отметить, что этапы работы идут в строгом порядке друг за другом, указанном в таблице 3.2, в результате – время, необходимое на полную разработку проекта, равняется 196 дням.

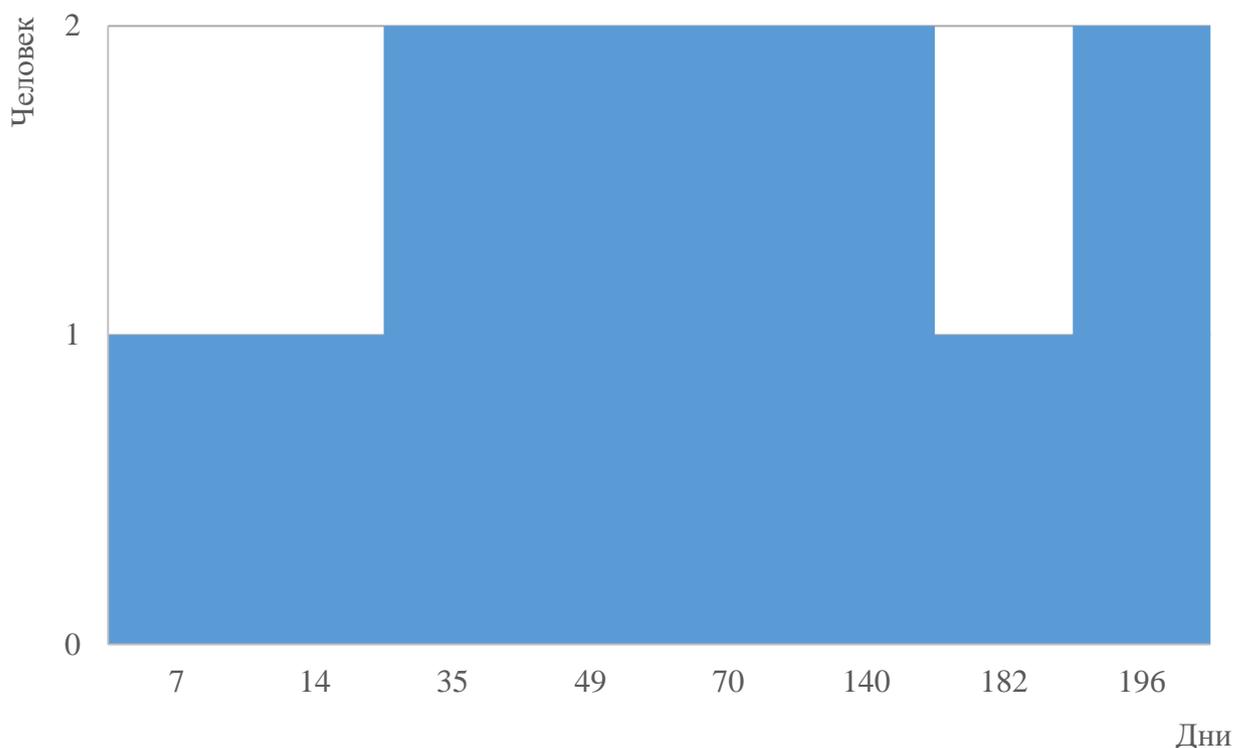


Рисунок 3.3 – График загрузки трудовых ресурсов

Как видно из графика на рисунке 3.3 все работы выполняются двумя сотрудниками, научным руководителем и студентом, общая продолжительность научно исследовательской работы составляет 196 дней.

3.3 Бюджет научного исследования

Для оценки расходов, затраченных на проведение данного научно-технического исследования, рассчитаем смету расходов и амортизацию используемой техники.

Рассчитываем смету расходов, включающую затраты на приобретение необходимого оборудования для разработки проекта и текущие расходы. Затраты, образующие себестоимость продукции (работ, услуг), группируются в соответствии с их экономическим содержанием по следующим элементам:

$$Z_{\text{проекта}} = Z_{\text{мат}} + Z_{\text{техн}} + Z_{\text{ам.техн}} + I_{\text{з/пл}} + I_{\text{соц.отч.}} + I_{\text{накл.расх}} + I_{\text{прочие}}$$

Рассчитываем материальные затраты ($Z_{\text{мат}}$). Результат расчета приведен в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Материальные затраты

Материалы и оборудование	Ед. изм.	Цена за ед., руб.	Количество материала, ед.	Затраты, руб.
Бумага [22]	лист	0,13	1000	130
CD-RW “TDK”	шт.	25	3	75
Тонер для принтера	картридж	3000	1	3000
ИТОГО:	$Z_{\text{мат}} = 3205$ руб.			

$$Z_{\text{мат}} = K_{\text{бум}} + K_{\text{CD-RW}} + K_{\text{чер}} = 130 + 75 + 3000 = 3205 \text{ руб.}$$

Рассчитываем затраты на приобретения оборудования ($Z_{\text{техн}}$). Результат расчета приведен в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Стоимость оборудования

Материалы и оборудование	Ед. изм.	Цена за ед., руб.	Количество материала, ед.	Затраты, руб.
Опытно-промышленная установка УДП-4Г	Шт.	1500000	1	1500000
Компьютер Intel® Core™ i7+ ПО [21]	шт.	45000	1	45000
ИТОГО:	$Z_{\text{техн}} = 1545000$ руб.			

Рассчитываем амортизацию установки и компьютерной техники ($Z_{\text{ам.техн}}$).

Для расчета амортизации оборудования воспользуемся следующей формулой:

$$Z_{\text{ам.техн.}} = (T_{\text{исп.к.т.}}/365) \times K_{\text{техн}} \times N_a \times K_{\text{уст.}} \times N_a,$$

где $T_{\text{исп.к.т.}} = 196$ дней – время использования компьютерной техники; 365 дней – число дней в году; $K_{\text{техн}}$ – стоимость компьютера; $K_{\text{уст.}}$ – стоимость установки; N_a – коэффициент амортизации.

$$N_a = 1/T_{\text{сл.к.т.}},$$

где $T_{\text{сл.к.т.}}$ – срок службы техники, год.

Таблица 3.5 – Затраты на амортизацию оборудования

Наименование оборудования	Назначение оборудования	К _т руб.	Т _{сл.к.т.} год	Т _{исп.к.т.} дней.	Н _а 1/год
Опытно-промышленная установка УДП-4Г	Производство нанопорошков алюминия	1500 000	10	20	0,1
Компьютер Intel® Core™ i7+ ПО	Составление модели схемы для ПК, чертежи схем, расчеты, выход в интернет	45000	3	196	0,33
ИТОГО:	$Z_{ам.техн} = 12635,35$ руб.				

$$Z_{ам.уст.} = (T_{исп.к.т.}/365) \times K_{уст.} \times N_a = (20/365) \times 1500000 \times (1/10) = 8219,18 \text{ руб.}$$

$$Z_{ам.комп.} = (T_{исп.к.т.}/365) \times K_{комп.} \times N_a = (196/365) \times 45000 \times (1/3) = 8054,79 \text{ руб.}$$

$$Z_{ам.техн.} = Z_{ам.уст.} + Z_{ам.комп.} = 16273,97 \text{ руб.}$$

Рассчитаем затраты на оплату труда ($I_{з/пл}$) для научного руководителя проекта и студента.

Таблица 3.6 – Состав участников научно-исследовательской работы

Исполнители	Оклад
Научный руководитель	23264,86
Исполнитель	9043,51

В состав затрат на оплату труда включаются [23]:

- выплаты заработной платы за фактически выполненную работу;
- выплаты стимулирующего характера по системным положениям;
- выплаты по районным коэффициентам;
- компенсации за неиспользованный отпуск.

Заработная плата:

$$ЗП_{рук} = 23264,86 \times 1,3 = 30244,32 \text{ руб.},$$

где 23264,86 руб. – оклад руководителя;

1,3 – районный коэффициент г. Томска.

$$ЗП_{студ} = 9043,51 \times 1,3 = 11756,56 \text{ руб.},$$

$$И_{з/пл} = ЗП_{рук} + ЗП_{студ} = 30244,32 + 11756,56 = 42000,88 \text{ руб.}$$

Доплата за неиспользованный отпуск определяется по формуле:

$$ЗП_{отп} = 0,1 \times И_{з/пл} = 0,1 \times 42000,88 = 4200,09 \text{ руб.}$$

Дополнительные выплаты от несчастных случаев определяется по формуле:

$$ЗП_{доп} = 0,1 \times И_{з/пл} = 0,1 \times 42000,88 = 4200,09 \text{ руб.}$$

Месячный фонд заработной платы:

$$\Phi ЗП_{мес} = И_{з/пл} + ЗП_{отп} + ЗП_{доп} = 42000,88 + 4200,09 + 4200,09 = 50401,06 \text{ руб.}$$

Полный фонд заработной платы:

$$\Phi ЗП = 6,5 \times \Phi ЗП_{мес} = 6,5 \times 50401,06 = 327606,89 \text{ руб.},$$

где 6,5 – количество месяцев выполнения проекта (196 дней)

Рассчитываем отчисления на социальные нужды ($И_{соц.отч.}$).

Отчисления во внебюджетные фонды (пенсионный фонд; фонд медицинского страхования; фонд социального страхования; фонд занятости) – 30%.

$$И_{соц.отч.} = 0,3 \times \Phi ЗП = 0,3 \times 327606,89 = 98282,07 \text{ руб.}$$

Рассчитываем накладные расходы ($И_{накл.расх.}$).

Затраты, связанные с хозяйственным обслуживанием и управлением, с обеспечением нормальных условий труда и техники безопасности. Как правило, для проектных отделов накладные затраты составляют 100–200% от полного фонда заработной платы, принимаем 150%. Тогда:

$$I_{\text{накл.расх}} = 1,5 \times \text{ФЗП} = 1,5 \times 327606,89 = 491410,34 \text{руб.}$$

Рассчитываем прочие затраты ($Z_{\text{прочие}}$).

Прочие затраты включают в себя отчисления в специальные внебюджетные фонды, платежи по обязательному страхованию имущества, за подготовку кадров и др. Эти затраты составляют 2% от всех издержек и вычисляются по формуле:

$$\begin{aligned} I_{\text{прочие}} &= 0,02 \times (Z_{\text{техн}} + \text{ФЗП} + Z_{\text{ам.техн.}} + I_{\text{соц.отч.}}) = \\ &= 0,02 \times (1545000 + 327606,89 + 16273,97 + 98282,07) = 397432,59 \text{руб.} \end{aligned}$$

Рассчитываем себестоимость проекта ($Z_{\text{проекта}}$).

$$\begin{aligned} Z_{\text{проекта}} &= Z_{\text{мат}} + Z_{\text{ам.техн.}} + \text{ФЗП} + I_{\text{соц.отч.}} + I_{\text{накл.расх}} + I_{\text{прочие}} = \\ &= 3205 + 16273,97 + 327606,89 + 98282,07 + 491410,34 + 397432,59 = \\ &= 1334210,86 \text{руб.} \end{aligned}$$

Таблица 3.7 – Смета затрат на научно-исследовательскую работу

Виды затрат	Обозначение	Сумма затрат, руб.
Материальные затраты	$Z_{\text{матер}}$	3205
Амортизация техники	$Z_{\text{ам.техн}}$	16273,97
Затраты на оплату труда	ФЗП	327606,89
Отчисления на социальные нужды	$I_{\text{соц.отчисл}}$	98282,07
Накладные расходы	$I_{\text{накл.расх}}$	491410,34
Прочие затраты	$I_{\text{прочие}}$	397432,59
Себестоимость проекта	$Z_{\text{проекта}}$	1334210,86

Исходя из таблицы 3.7 видно, что общий бюджет научно-исследовательского проекта составляет 1.3 миллиона рублей. Денежные средства необходимы на проведения всех испытаний и создания классификатора нанопорошков.

5.4 Анализ рисков проекта

При реализации проекта возможно проявление негативных факторов, приводящих к дополнительным затратам или ущербу. Эти факторы формируются во внешней среде, независимо от выполнения проекта, но могут нести в себе негативные последствия. Такие факторы называются рисками проекта. Различают достаточно большое количество рисков и видов влияния.

Для данного проекта были выделены следующие группы рисков:

- 1) Экономические;
- 2) Социальные;
- 3) Профессиональные;
- 4) Технические

Каждая группа рисков включает в себя отдельные риски, проявление которых возможно на пути реализации проекта. Все риски записаны в таблицу 5.8.

Для определения общего риска проекта необходимо определить вероятность возникновения рисков в каждой группе. Для этого определим вероятность возникновения каждого риска p_i в процентах. Где значение от 0 до 25% – очень малая вероятность возникновения риска, от 25 до 50% – средняя вероятность риска, от 50 до 75% – большая вероятность риска, от 75 до 100% – очень большая вероятность возникновения риска.

Для каждого риска определяем его ранг b_i , который показывает значимость риска. Весовой коэффициент риска w_i – это отношение ранга риска в сумме рангов всех рисков, входящих в группу:

$$w_i = \frac{b_i}{\sum b_i} \quad (3.1)$$

где w_i – весовой коэффициент риска;

b_i – ранг риска.

Далее можно определить итоговую оценку риска по формуле:

$$t_i = p_i \cdot w_i \quad (3.2)$$

где t_i – оценка риска;

p_i – ранг риска;

w_i – весовой коэффициент риска..

Данные расчеты проводят для каждого риска и определяется итоговая оценка группы риска, как сумма всех оценок рисков, входящих в группу.

$$t_{gp} = \sum t_i \quad (3.3)$$

где t_{gp} – оценка риска группы;

t_i – оценка риска.

Все расчеты для упрощения сведены в таблицу 3.8

Таблица 3.8 – Оценка рисков

	Экономические	p_i	b_i	w_i	t_i
1	Третья волна мирового финансового кризиса	25	5	0.56	13.89
2	Рост уровня инфляции	25	2	0.22	5.56
3	Изменение курса валют	25	2	0.22	5.56
	\sum <i>эконом.</i>		9	1.00	25.00
	Социальные				
1	Неправильная маркетинговая стратегия	50	1	0.10	5.00
2	Неосведомленность заказчиков об перспективах использования нанопорошков	50	2	0.20	10.00
3	Нежелание заказчиков работать с малоизвестной компанией	75	3	0.30	22.50
4	Сложности с получением патента	50	4	0.40	20.00
	\sum <i>соц.</i>		10	1.00	57.50
	Профессиональные				
1	Низкий уровень квалификации персонала	50	5	0.56	27.78
2	Самостоятельное внесение оператором изменений в рабочий процесс, влекущих негативный эффект	25	4	0.44	11.11
	\sum <i>проф.</i>		9	1.00	38.89

	Технические				
1	Брак продукции, в результате нарушения технологического процесса	50	8	0.28	13.79
2	Отказ датчиков или исполнительных механизмов	25	7	0.24	6.03
3	Отключение ПК, потеря интернет соединения.	25	8	0.28	6.90
4	Перебой в электроснабжении	25	6	0.21	5.17
	$\sum_{техн.}$		29	1.00	31.90

Определив вероятность возникновения рисков каждой группы, следует оценить общий риск проекта. Для этого необходимо определить ранг каждой группы рисков P_i ; вес группы W_i , определяется по формуле 3.1; вероятность рисков каждой группы V_i определена формулой 3.3 и приведена в таблице 3.8 как t_i всей группы. Сведем расчет в таблицу 3.9

Таблица 3.9 – Оценка общего риска проекта

Риски	Ранг (P_i)	Вес (W_i)	Вероятность (V_i)	Общая оценка проекта
Экономические	4	0.1429	25	3.57
Социальные	6	0.2143	57.5	12.32
Профессиональные	8	0.2857	38.89	11.11
Технические	10	0.3571	31.9	11.39
$\sum_{рисков}$	28	1		38.4

Таким образом, общий риск проекта составляет 38,4%. Проект в малой степени подвержен рискам. Однако, следует уменьшить влияние рисков каждой группы на выполнение проекта.

Мероприятия по снижению рисков направлены на снижение общего уровня риска проекта. Рассмотрим мероприятия по каждой группе.

Экономически риски имеют наименьший вес. Это обусловлено стабильной экономической обстановкой в Российской Федерации, которая достигается за счет достаточной ликвидности банков. Избежать экономических рисков не удастся, поскольку экономические процессы в мировой экономике носят характер стихийного развития. Самый надежный способ обезопасить проект от экономических рисков – это создание

«финансовой подушки», способной полностью ликвидировать кредиторскую задолженность на любой стадии выполнения проекта. Данная мера позволит не только сохранить поставщиков, но и поможет ускорить вывод конечного продукта на рынок.

Социальные риски являются наиболее значимыми рисками всего проекта. Это обусловлено слабой развитостью и технической оснащенностью высокотехнологичных предприятий в нашей стране. В большинстве случаев заказчик должен быть совершенно новым и современным предприятием, либо предприятием на стадии глубокой модернизации. Поэтому целесообразно начинать сотрудничать с компаниями потребителями еще на стадии их строительства и модернизации производства (закупки оборудования и создания технологии производства). Маркетинговая компания должна базироваться на следующих факторах:

- долгосрочное сотрудничество;
- территориальная близость производителя (наша компания) и потребителя (компании покупатели нанопорошков).

Влияние профессиональных рисков возможно сократить за счет обучения персонала работе с новым оборудованием, еще на этапе создания экспериментальной установки и работе по устранению ошибок. Благодаря этому, персонал сможет разобраться во всех технологических особенностях оборудования и производства.

Технические риски – одни из самых значимых в данном проекте. Полностью обезопасить проект от них не удастся. Максимально снизить влияние данных рисков позволит использование качественных датчиков, исполнительных механизмов и другого оборудования и серьезный контроль над соблюдением всех правил и норм технологического процесса.

3.5 Ресурсоэффективность

Ресурсоэффективность производства нанопорошков алюминия методом ЭВП определяется при помощи интегрального критерия ресурсоэффективности, который имеет следующий вид:

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

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент проекта;

b_i – бальная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки
1. Качество нанопорошков.	0,25	4
2. Рентабельность.	0,25	5
3. Производительность.	0,20	5
4. Экономичность	0,20	4
5. Экологичность	0,10	5
Итого:	1,00	

Интегральный показатель ресурсоэффективности для разрабатываемого проекта:

$$I_{pi} = 0,25 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,20 \cdot 5 + 0,20 \cdot 4 + 0,10 \cdot 5 = 4,55$$

Проведенная оценка ресурсоэффективности проекта дает достаточно неплохой результат (4,55 из 5), что свидетельствует об эффективности реализации технического проекта.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности проекта имеет важное значение при выполнении раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». Его высокое значение говорит об эффективности использования технического проекта. Высокие баллы

безопасности и надежности, удобства в эксплуатации и предполагаемый срок эксплуатации позволяют судить о корректно выполненной разработке системы.

Выводы по разделу:

В результате выполнения изначально поставленных целей и задач раздела, сделаны следующие выводы:

1) Проведенный SWOT-анализ дал возможность выявить факторы и явления, влияющих на проект. Были исследованы внешняя и внутренняя среды проекта;

2) При проведении планирования научно-технического проекта был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и студента, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей;

3) Составлена смета проекта, позволяющая оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 1334210,86 руб.;

4) Проведена оценка рисков проекта, общий риск проекта составляет 38,4%, что говорит о малой степени подверженности рискам.

5) Проведена оценка ресурсоэффективности проекта (4,55 по 5-бальной шкале), что говорит об эффективности реализации данного научно-технического проекта.

Таким образом, данный проект относится к инновационному и высокотехнологичным. Учитывая специфику проекта и перспективы развития, все денежные вложения и риски вполне обоснованы и в случае успешной реализации данного проекта могут окупиться многократно. Финансирование и поддержка проекта способствует повышению технологического уровня страны и созданию новых отраслей производства, вследствие чего увеличивается количество рабочих мест и вместе с этим уровень жизни граждан.