

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



Институт Энергетический  
Направление подготовки 140400 «Электроэнергетика и электротехника»  
Кафедра «Электроэнергетические системы»

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
Исследование нанопорошков молибдена, полученных методом электрического взрыва проводника
УДК 621.762:546. 77:620.22

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM4A	Максимук Дмитрий Вячеславович		

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
Ассистент 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 Алмаз Омурзакович	К.Т.Н		

Томск – 2016 г.  
**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Энергетический институт

Направление подготовки (специальность) 140400 «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	Максимук Дмитрий Вячеславович

Тема работы:

Исследование нанопорошков вольфрама, полученных методом электрического взрыва проводника

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№432/с от 27.01.2016 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

02.06.2016

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

#### Исходные данные к работе

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

Исходными данными к работе являются данные анализов нанопорошков, полученных методом электрического взрыва проводника в газовых средах и условия их приготовления. Полученные образцы нанопорошка молибдена исследуются методами термического анализа, рентгенофазового анализа, электронной микроскопии, распределения частиц по размерам.

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></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. На основе данных рентгеновского дифрактометра рассчитать параметры кристаллической решетки для основных кристаллических фаз, которые содержатся в исследуемых нанопорошках (для любых двух образцов).</p>
--	---

<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>1. Комбинированная схема установки для получения нанопорошков. 2. Рентгенограммы образцов.</p>
--	---

**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:**

Глава вторая. Получение нанопорошков молибдена методом ЭВП и достигнутый уровень исследований в этой области.

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	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	Максимук Дмитрий Вячеславович		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит: 110 страниц, 33 рисунка, 36 таблиц, 40 источников, 3 приложения.

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

Объектом исследования являются нанопорошки молибдена.

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

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

В результате исследования было установлено, что нанопорошки молибдена имеют простой фазовый состав, именно содержат 1 металлическую фазу и другую фазу крупнодисперсный нанопорошок.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: производительность установки (УДП-4Г) для Al – 40г/час, для Mo– 100 г/час.

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

Область применения: нанопорошки молибдена 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 молибдена.

## **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 нанообъекты, агрегаты или агломераты нанообъектов 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;
- Метод БЭТ - метод математического описания физической адсорбции, основанный на теории полимолекулярной (многослойной) адсорбции;
- РФА – рентгенофазовый анализ;
- ТА - термический анализ;
- ЭМ – электронная микроскопия;
- УДП-4Г – модель экспериментальной промышленной установки использованной в данной работе;
- ПК - Персональный компьютер;

## Оглавление

Введение .....	9
1. Обзор литературы .....	11
1.1 Нанопорошки сегодня: основные понятия, характеристики, задачи ..	11
1.2 Получение нанопорошков: методы, частные примеры .....	13
1.2.1 Методы получения нанопорошков .....	13
1.2.2 Получение нанопорошков на ускорителе электронов .....	15
2. Объект и методы исследования.....	17
2.1 Электровзрывная технология получения нанопорошков.....	17
2.2 Описание установки .....	19
2.3 Постановка задачи исследования.....	21
3. Проведение эксперимента.....	22
3.1 Получение образцов НП на установке УДП-4Г .....	22
3.2 Подсчет энергии.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4. Исследование образцов .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.1 Рентгенофазовый анализ .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.2 Термический анализ .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.2 Электронная микроскопия .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.3 Распределение частиц по размеру. <b>Ошибка! Закладка не определена.</b>	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	27
5. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	27
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	27
5.2 SWOT-анализ.....	29
6. Планирование этапов и выполнения работ проводимого научного исследования .....	31

6.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	31
7. Расчет бюджета для научно-технического исследования .....	36
7.1 Амортизация оборудования.....	36
7.2 Основная заработная плата исполнителей темы .....	36
7.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	37
7.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	38
7.5 Накладные расходы .....	38
7.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	39
8. Оценка важности рисков.....	39
9. Анализ и оценка научно-технического уровня проекта .....	41
- основная заработная плата исполнителей темы;.....	43
Социальная ответственность .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
10. Производственная безопасность ...	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
10.1 Анализ опасных и вредных факторов.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
10.2 Анализ опасных производственных факторов .	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
11. Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
12. Экологическая безопасность .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
13. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Выводы.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Список использованных источников..	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>





## **Введение**

Нанопорошки – только один из многих имеющихся на сегодняшний день наноматериалов. Большинство из них, такие как, например, дендримеры, фуллерены, нанотрубки и нанопоры, производятся из ограниченного количества видов сырья. В то время как нанопорошки можно производить из сотен различных материалов. Все наноматериалы, которые производятся в настоящее время, подразделяются на четыре группы: оксиды металлов, сложные оксиды (состоящих из двух и более металлов), порошки чистых металлов и смеси.

Оксиды металлов составляют не менее 80% всей производимых порошков. Порошки чистых металлов составляют значительную и все возрастающую долю всего объема производства. Сложные оксиды и смеси имеются в ограниченном количестве. Однако ожидается, что их использование возрастет в долгосрочной перспективе. Мировое производство нанопорошков сосредоточено в высокоразвитых индустриальных государствах, импортирующих сырье из стран Латинской Америки, Южной Африки, Австралии и России.

Потребление нанопорошков в промышленности быстро растет. Электроника, оптика и обрабатывающая промышленность потребляют более 70% мирового производства. С каждым годом все более широкое применение нанопорошки находят в сельском хозяйстве и природоохранной отрасли (включая добычу полезных ископаемых и их обработку, получение электроэнергии и водоочистку), а также медицине и косметологии.

Диапазон применения нанопорошков – весьма велик. Так, например, диоксид кремния и оксид алюминия уже завоевали признание среди производителей потребительских товаров и электронной техники: их использование позволяет существенно уменьшать размеры изделий. Для производства плазменных дисплеев и панелей управления в будущем планируется применять сульфиды, селениды и теллуриды цинка, кадмия и

свинца. Карбиды кобальта и вольфрама используются для изготовления износостойких покрытий для механических деталей.

Оксиды титана, цинка, железа, применяются в косметической промышленности: первые два - за способность поглощать ультрафиолетовое излучение, следующие – за красную окраску. Нанопорошки железа также хорошо зарекомендовали себя в растениеводстве и животноводстве. Многие нанопорошки смогут заменить платину как катализатор, что приведет к снижению стоимости и повышению КПД аккумуляторов. Наночастицы золота широко применяются при исследованиях в области нанoeлектроники, биотехнологий и в медицине для доставки лекарств и точечной терапии больных участков.

Цель данной работы заключалась в выявлении закономерности структуры и состава нанопорошков молибдена в зависимости от условий получения.

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- изучить литературный материал, имеющийся по аналогичным темам;
- исследовать принцип получения нанопорошков методом электрического взрыва проводника (ЭВП), на установке УДП-4Г;
- произвести анализ образцов нанопорошков молибдена.

Актуальность работы заключается во внедрение новых материалов, в частности нанопорошка молибдена, в различные сферы нашей жизни. Порошок молибдена может найти применение в материаловедении, микро- и оптоэлектронике (мишени), атомной энергетике и авиационно-космической техники (зеркала, элементы солнечных батарей), изготовлении композиционных материалов.

## **1. Обзор литературы**

### **1.1 Нанопорошки сегодня: основные понятия, характеристики, задачи**

Понятие наноматериала, как правило, связывают с его размером – менее 100 нм. Однако IUPAC установил, что любой объект, хоть одно измерение которого имеет размер меньше указанной величины, относится к наносистеме. В этом случае можно говорить об уровне наномасштабов. В данной работе речь пойдет об объектах, у которых три характеристических размера находятся в диапазоне до 100 нм.

Что же такое нанопорошок? Специалисты говорят, что нанопорошки – это порошки измельченные до наноразмеров, при которых скачкообразно изменяются их свойства, поскольку простое измельчение до любых размеров ничего не дает. Во многих субмикронных порошках содержится определенное количество (в большинстве своем незначительное) наноразмерных фракций, наличие которых не дает основания считать весь порошок нанопорошком. Возможны частные случаи нанопорошков, когда субмикронные конгломераты являются связанными наноразмерными кристаллитами или блоками, но при определенном физическом воздействии (ультразвуковое диспергирование, механическое активирование и др.) могут распадаться на наночастицы. Нанопорошки находятся в аморфном состоянии. Аморфное состояние - это конденсированное состояние вещества, главный признак которого – отсутствие атомной или молекулярной решетки. Аморфное тело изотропно и не имеет точки плавления. При повышении температуры оно размягчается и постепенно переходит в жидкое состояние. Аморфные твердые тела, включая металлические, обладают упругими и вязкими свойствами. Нанокластеры определяют некристаллическую симметрию аморфного состояния. Превращение аморфного состояния материала в нанокристаллическое осуществляется путем кристаллизации. Ее механизм определяет типы и морфологию продуктов нанокристаллизации.

Нанопорошки характеризуются:

- средним размером частиц и распределением частиц по размерам;
- средним размером кристаллитов и распределением кристаллитов по размерам;
- степенью агломерации частиц (слабая агломерация — связь частиц за счет взаимодействий типа ван-дер-ваальсовых, сильное агрегирование характеризуется сильными межчастичными связями);
- удельной площадью поверхности;
- химическим составом объема частиц;
- составом по сечению для частиц ядро-оболочка;
- морфологией частиц;
- химическим составом поверхности;
- кристаллической структурой наночастиц;
- содержанием влаги и других адсорбатов (в виду большой удельной поверхности нанопорошки содержат довольно значительное количество адсорбированных веществ, адсорбатов, объемная доля которых по отношению к материалу частиц может содержать единицы или десятки процентов);
- сыпучестью (текучестью);
- насыпной плотностью;
- цветом.

Основная задача многих исследователей — понять при каких размерах частиц меняются те или иные свойства нанопорошков и направить это изменение свойств на создание новых нанопорошков. Сегодня с помощью наночастиц пытаются решить целый ряд задач. На основе нанонаполнителей были созданы новые композитные материалы, такие как нанокерамика, в которой легирующие добавки тугоплавких соединений металлов равномерно распределены в виде наночастиц. Благодаря этому материалу

температуростойкость лопаток газовых турбин можно повысить до 1500°C, что намного превосходит существующую стойкость лопаток даже из самых дорогих легированных сплавов, которые сейчас используются. Применение таких нанокompозитов – следующий шаг в технике. Материалы, в которых наночастицы встроены в структуру позволяют добиваться уникальных результатов.

## **1.2 Получение нанопорошков: методы, частные примеры**

### **1.2.1 Методы получения нанопорошков**

Получение нанопорошков – одно из важнейших направлений нанотехнологий. В нанодисперсном состоянии у традиционных материалов изменяются фундаментальные свойства (понижаются работа выхода электронов, температура начала плавления, теплота испарения, энергия ионизации и др), что открывает широкий диапазон применения нанопорошков в области создания новейших материалов и технологий, принципиально новых приборов и устройств. Особый интерес к нанопорошкам связан с их применением в качестве исходного сырья при производстве керамических, магнитных и композиционных материалов, сверхпроводников, солнечных батарей, фильтров, присадок к смазочным материалам, компонентов низкотемпературных высокопрочных припоев и др. Перспективы использования особых свойств нанопорошков (низкие температуры спекания ( $t < 100^\circ\text{C}$ ), наличие избыточной (запасенной) энергии, высокая химическая активность) связаны с отработкой технологии их получения. Основными являются химические, физические и механические методы.

Химические методы основаны на различных процессах:

- осаждение;

В частности осаждение гидроксидов металлов из растворов солей проводится с помощью осадителей, в качестве которых используются растворы

щелочей натрия и калия. Регулирование pH и температуры раствора позволяет получать высокие скорости кристаллизации и обеспечивать образование высокодисперсного гидроксида. Гель-метод применяется для получения порошков различных металлов и заключается в осаждении из водных растворов гелей нерастворимых металлических соединений.

- газофазные химические реакции (восстановление, гидролиз);
- термическое разложение;

Восстановление и термическое разложение – как правило, следующий этап после осаждения и сушки ультрадисперсных оксидов или гидроксидов. В зависимости от требований к продукту, используют газообразные (водород, оксид углерода) или твердые восстановители. Метод позволяет получать порошки сферической, игольчатой, чешуйчатой или неправильной формы. Нанопорошки Fe, W, Ni, Co, Cu и других металлов получают, например, восстановлением их оксидов водородом. В качестве твердых восстановителей используются углерод, металлы или их гидриды

- электроосаждение;
- пиролиз.

Физические методы синтеза нанопорошков основаны на испарении металлов, сплавов или оксидов с последующей их конденсацией при контролируемых температуре и атмосфере. Фазовые переходы пар - жидкость - твердое тело или пар - твердое тело происходят в объеме реактора или на охлаждаемой подложке (стенках). Исходное вещество испаряется посредством интенсивного нагрева и с помощью газа-носителя подается в реакционное пространство, где подвергается быстрому охлаждению. Нагрев осуществляется с помощью плазмы, лазерного излучения, электрической дуги, печей сопротивления, индукционными токами и т.д. В зависимости от вида исходных материалов и получаемого продукта испарение и конденсация проводятся в

вакууме, в потоке инертного газа или плазмы. Размер и форма частиц зависят от температуры процесса, состава атмосферы и давления в реакционном пространстве. Например, в атмосфере гелия частицы имеют меньший размер, чем в атмосфере более плотного газа - аргона. Метод позволяет получать порошки Ni, Mo, Fe, Ti, Al с размером частиц в десятки нанометров. Известен способ получения наноматериалов путем электрического взрыва проводников. Проволоки металла диаметром 0,1-1,0 мм помещают в реактор между электродами, на которые подается мощный импульс тока  $10^4$ - $10^6$  А/мм<sup>2</sup>. Происходит мгновенный разогрев и испарение проволок. Пары металла разлетаются, охлаждаются и конденсируются. В результате получается нанопорошок. Процесс проводится в инертной или химически активной атмосфере, и таким способом получают металлические (Ti, Co, W, Fe, Mo) или оксидные (TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZrO<sub>2</sub>) нанопорошки.

Механические методы основаны на измельчении материалов в мельницах (шаровых, планетарных, центробежных, вибрационных), гироскопических устройствах, атриторах и симолойерах. Этот способ осуществляется посредством использования металлов, керамики, полимеров, оксидов, других хрупкие материалы, причем степень измельчения зависит от их природы. Так, для оксидов вольфрама и молибдена крупность частиц составляет около 5 нм, для железа - порядка 10-20 нм. К достоинствам механических методов можно отнести сравнительную простоту технологии и используемого оборудования, возможность измельчения больших количеств различных материалов и получения порошков сплавов. К недостаткам - вероятность загрязнения материала истирающими материалами, трудность получения порошков с узким распределением частиц по размерам, сложность регулирования состава продукта.

### **1.2.2 Получение нанопорошков на ускорителе электронов**

С.П. Бардаханов и А.И. Корчагин [2] исследовали возможность получения нанодисперсных порошков широкого круга веществ посредством



испарения техногенных и природных исходных материалов на ускорителе электронов в атмосфере различных газов при атмосферном давлении, с последующим охлаждением высокотемпературного пара и улавливанием наночастиц в виде порошка.

В работе использовался промышленный ускоритель с мощностью 100 кВт. Особенностью ускорителя - высокая энергия электронов (1,4 МэВ), а также возможность выпуска пучка в атмосферу. При этом электроны движутся с релятивистскими скоростями и их “длина свободного пробега”, например, в воздухе достигает 6 метров. Концентрация мощности может достигать 5 МВт на кв. см, что позволяет, как испарять тугоплавкие вещества при атмосферных условиях, так и проводить синтез в высокотемпературной “газовой” фазе. Преимуществами являются также высокий КПД процесса вследствие прямого преобразования электрической энергии в тепловую энергию в нагреваемом материале, темп нагрева выше 1000 град. в секунду и “химическая чистота” пучка электронов.

В результате проведенных исследований показано, что в процессе испарения ускорителем электронов различных исходных материалов (природного и техногенного происхождения) могут получаться нанодисперсные порошки. В частности, получены нанодисперсные порошки: оксидов - диоксида и оксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SiO}$ ), оксида магния ( $\text{MgO}$ ), оксида алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), диоксида титана ( $\text{TiO}_2$ ), оксида иттрия ( $\text{Y}_2\text{O}_3$ ), оксида гадолиния ( $\text{Gd}_2\text{O}_3$ ), закиси меди ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ), оксидов вольфрама ( $\text{WO}_3$ ) и молибдена (различные типы); металлов – вольфрама (W), тантала (Ta), молибдена (Mo), кобальта (Co), алюминия (Al), никеля (Ni), серебра (Ag), меди (Cu) и некоторых других, в различных атмосферах; полупроводника – кремния (Si) в азоте и аргоне, наночастицы и нанонити; нитридов – алюминия (AlN), титана (TiN), в том числе в виде наностержней; карбидов – кремния (SiC), в том числе в виде нанонитей, вольфрама (WC); углеродных фуллеренов и углеродных

одностенных нанотрубок, и других веществ. В разработанном процессе важно то, что основной компонент установки (промышленный ускоритель) способен создавать высокие температуры для испарения любых тугоплавких материалов. Процесс осуществляется при высоких КПД и производительности, по оксидам она может достигать десятка килограммов в час, количества нанорошков могут измеряться бочками.

## **2. Объект и методы исследования**

### **2.1 Электровзрывная технология получения нанопорошков**

Ю.Ф. Иванов и О.Б. Назаренко [3] представили результаты экспериментального исследования электрического взрыва проволочек как метода получения наноразмерных порошков. Методика исследования включала осциллографические измерения для определения тока через проводник и энергии, введенной в металл проводника. Сопоставлялись среднеповерхностный размер частиц  $d_s$  порошка и средние размеры кристаллитов  $d_{гс}$  исходной проволочки. Размер  $d_s$  оценивался из определения площади удельной поверхности  $S$ :

$$d_s = 6/\gamma S(1)$$

( $\gamma$  – плотность). Размер кристаллитов оценивался методом дифракции рентгеновских лучей как размер области когерентного рассеивания. Проводились также электронно-микроскопические измерения среднечисленного размера  $D$  частиц и стандартного отклонения их размеров от среднего.

Показано, что для получения порошков существенную роль играет однородность джоулевого нагрева, которая может быть нарушена процессами, связанными с действием сил поверхностного натяжения, с действием магнитогидродинамических неустойчивостей перетяжечного типа, со скинированием тока. Размер частиц зависит от скорости нагрева (плотности тока), уровня введенной энергии, радиуса проволочки, ее начальной микроструктуры и характеристик окружающей среды (плотности, химической

активности, электрической прочности).

Экспериментально установлено, что методом электрического взрыва возможно получение наноразмерных порошков на основе различных металлов, например, таких как Ti, Zr, Ta, Mo, W, Fe, Co, Ni, Pt, Cu, Ag, Au, Zn, Al, In, Sn. В работе приведены простые и единые для всех металлов расчетные соотношения, позволяющие определять плотность введенной энергии, плотность тока и находить требуемые для достижения их конкретных значений параметры проволоочки и взрывного контура. Приведены также характеристики металлов, необходимые для таких расчетов и формулы для оценки размера частиц.

Основная задача многих исследователей изучение влияния энергетических параметров электрического взрыва – введенной в проводник энергии и энергии дуговой стадии и состава газа на дисперсность порошков, образующихся при электрическом взрыве вольфрамовых проводников.

Метод ЭВП пригоден для приготовления не только металлов в сверхтонком состоянии, но и некоторых химических соединений [4].

Метод ЭВП сочетает 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 введенной в проводник энергии).

ЭВП как метод диспергирования металлов характеризуется следующими особенностями [7–9]:

- время взрыва составляет  $10^{-5}$ – $10^{-8}$  с;
- величина развиваемой мощности превышает  $10^{13}$  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.

Достоинством электровзрывной технологии является ее универсальность— возможность получения НП металлов, сплавов, интерметаллидов и химических соединений с неметаллами на одном и том же оборудовании, экологическая безопасность.

## 2.2 Описание установки

Нанопорошки получали на опытно-промышленной установке УДП-4Г, электрическая схема которой показана на рисунке 2.1. Основными элементами установки являлись: генератор импульсных токов, блок осциллографической регистрации разрядного тока в контуре и напряжения на взрываемом проводнике, разрядная камера. Накопитель энергии состоял из батареи конденсаторов ИК-100-0,25. Измерение тока в контуре проводилось с помощью омического шунта и осциллографа. Напряжение на взрывающемся проводнике измерялось с использованием омического делителя напряжения. Коммутация накопителя энергии и взрываемых проводников проводилась с помощью управляемого искрового разрядника, который запускался поджигающим импульсом, подаваемого с блока запуска. Электрический взрыв проводников осуществляли в режиме «быстрого взрыва» с бесконечной паузой тока или с дуговой стадией. Энергетические параметры электрического взрыва регулировались путем изменения зарядного напряжения, величины зарядной емкости или геометрическими характеристиками взрываемого проводника.

Величина удельной введенной в проводник энергии ( $e$ ) принимала значения от 0,4 до  $1,5ec$  ( $ec$ —удельная энергия сублимации материала проводника), а энергии дуговой стадии ( $ed$ ) – от 0,7 до  $1,7ec$ . Параметры электрического контура установки: емкость батареи конденсаторов  $C=2,32$  мкФ; напряжение зарядки накопителя энергии  $U=15...30$  кВ; индуктивность разрядного контура  $L=0,58$  мкГн.

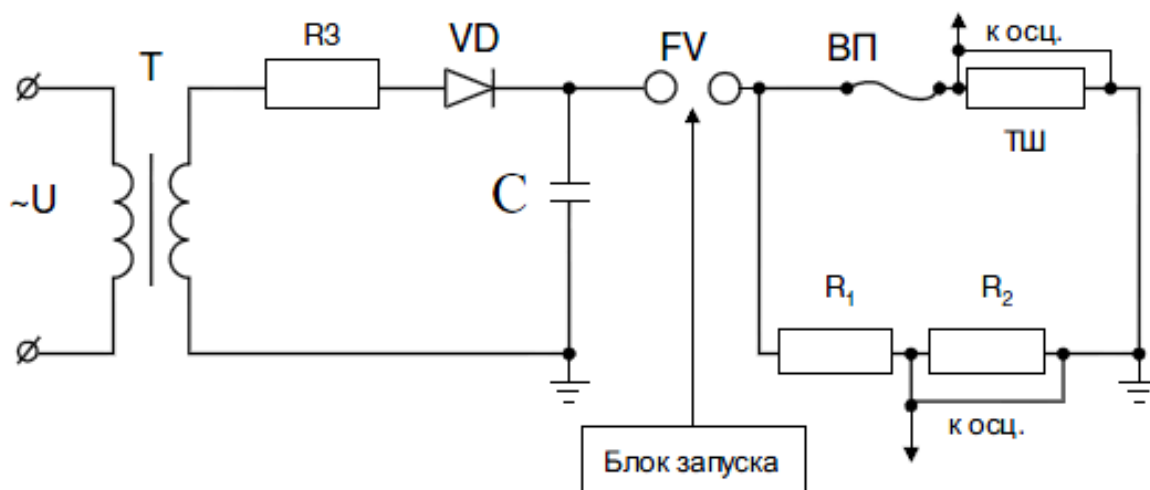


Рисунок 2.1 - Электрическая схема установки УДП-4Г для получения нанопорошков: Т – трансформатор, R3 – зарядное сопротивление, VD – выпрямитель, С – емкостной накопитель энергии, FV – разрядник, ТШ – токовый шунт, R1, R2– делитель напряжения, ВП – взрываемый проводник.

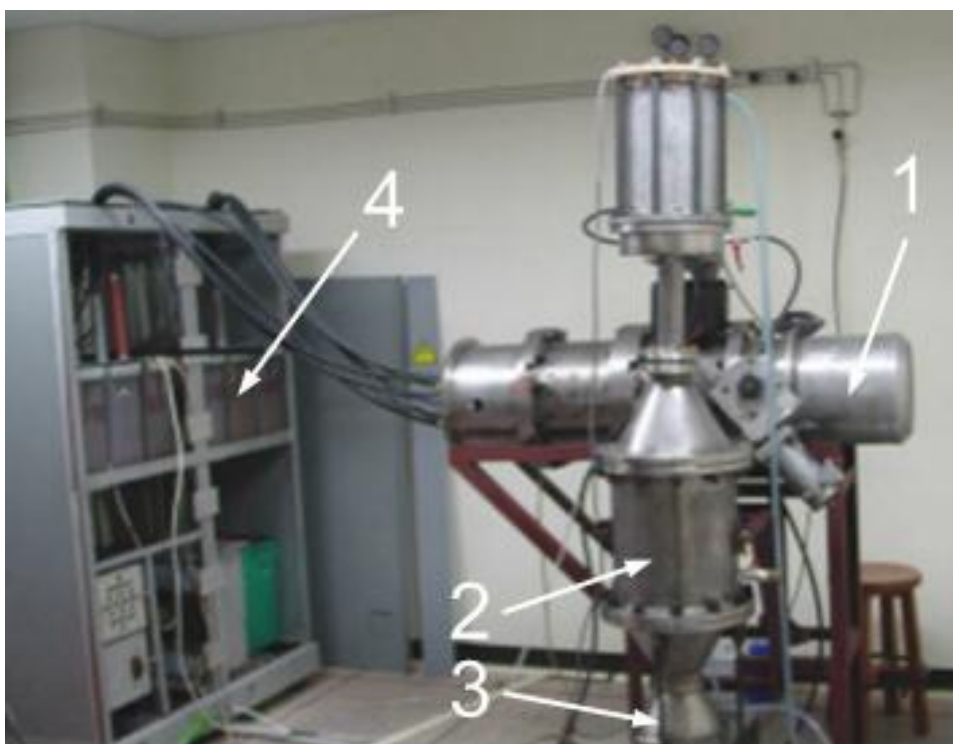


Рисунок 2.2 – Установка УДП-4 Г для получения НП металлов, сплавов и химических соединений: 1 – взрывная камера; 2 – фильтр для порошка; 3 – сборник порошка; 4 – высоковольтный блок.

Образовавшийся во взрывной камере золь металла подается вентилятором в электрофильтр или циклон, где осаждается. Конструкция установки, а также метод расчета ее электрических характеристик подробно рассмотрены в работах [10,11].

### 2.3 Постановка задачи исследования

Задача данного исследования установить, какие из известных металлических фаз содержатся в полученных образцах нанопорошков молибдена. Так же необходимо идентифицировать выявленные фазы и закономерности структуры, состава нанопорошков молибдена в зависимости от условий получения.

Для достижения этой цели необходимо:

- получить образцы для исследования методом ЭВП на экспериментальной установке УДП-4Г;

- произвести исследования образцов методами РФА, ТА и ЭМ;
- сделать выводы исходя из полученных данных.

### **3. Проведение эксперимента**

#### **3.1 Получение образцов НП на установке УДП-4Г**

Перед тем как приступить к получению нанопорошка на установке УДП-4Г, проводилась процедура подготовки проволоки. Она заключалась в том, что поверхность проволоки очищалась и обезжиривалась на специальной установке для подготовки проволоки перед использованием ее в установке УДП-4Г.

После очистки и намотки исходной проволоки на специальную бобину, она устанавливалась в механизм подачи проводника на установку УДП-4Г.

После этого из электровзрывного модуля экспериментальной установки откачивается воздух, до давления 20Па, и после она заполнялась требуемым газом до необходимого давления.

В процессе наработки НП проводилась регистрация импульса тока, проходящего по взрываемому проводнику с помощью токового шунта и цифрового запоминающего осциллографа (Tektronix TDS 1012B).

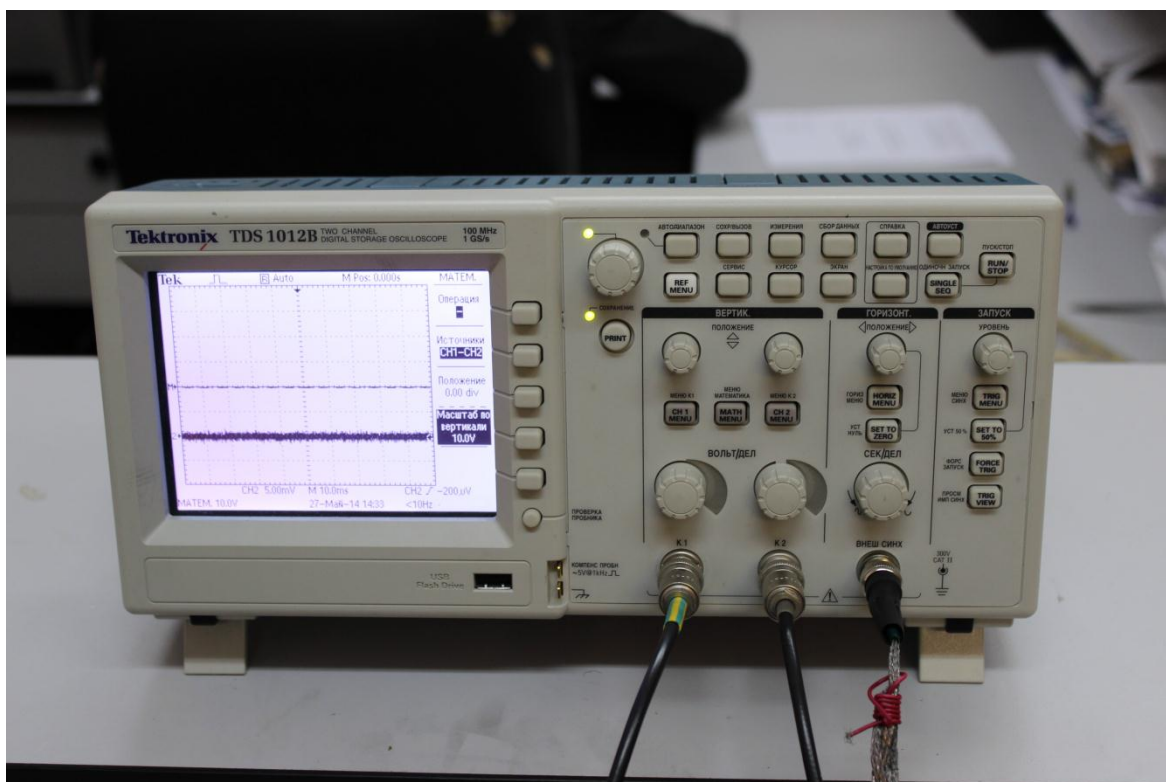


Рисунок 3.1 – Осциллограф Tektronix TDS 1012B.

Далее эти осциллограммы тока использовались для подсчета энергии введенной в проводник и энергии дуговой стадии.



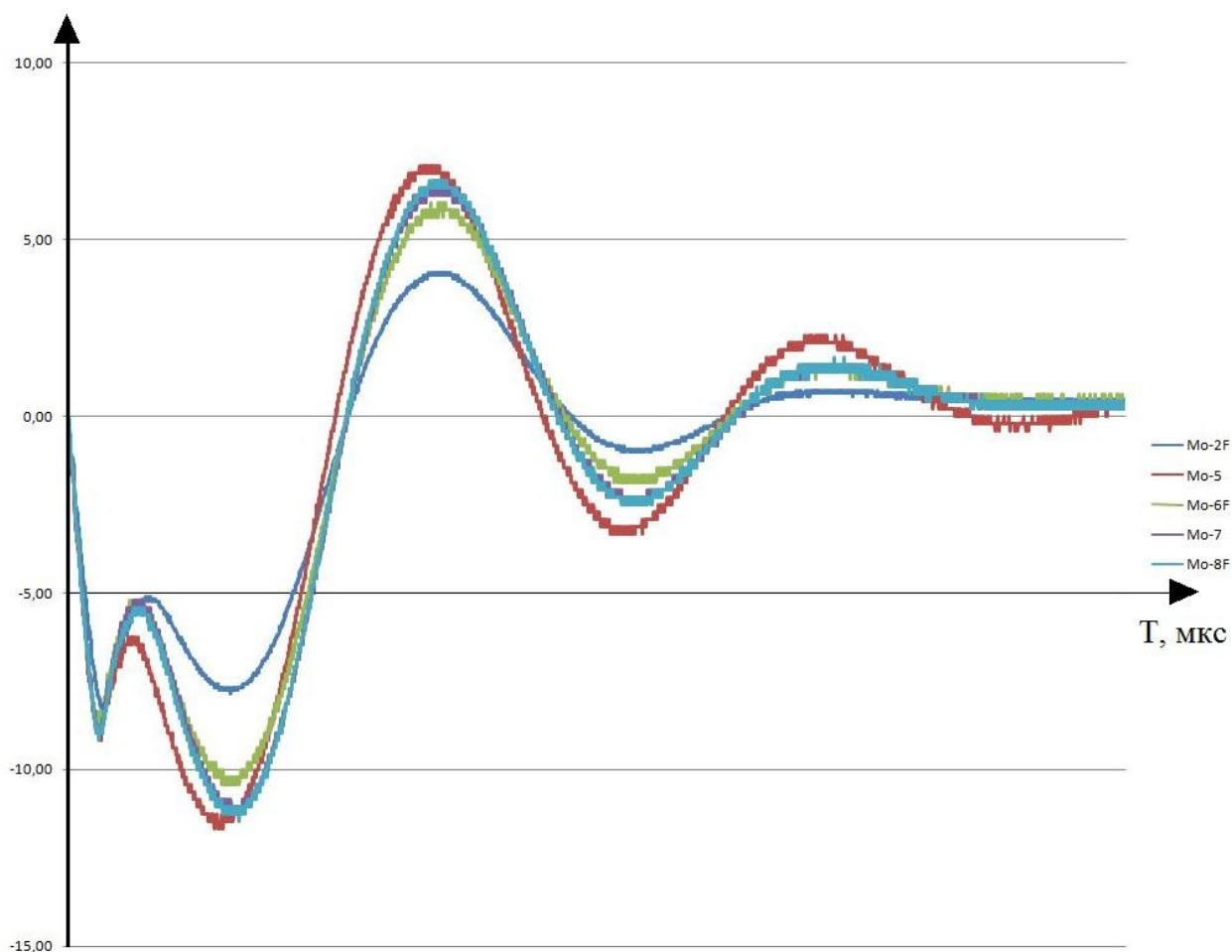


Рисунок 3.2 – Осциллограммы токов образцов.

Стадия собственного взрыва составляла от 0.6 до 1.2 мкс, а стадия дугового разряда составила от 1.2 до 25 мкс.

При этом максимальная амплитуда токов для стадии взрыва и стадии дугового разряда составили 12 кА.

После проведения 300-400 взрывов, установка останавливалась, затем по прошествии 10 минут стравливался рабочий газ и производилась выгрузка наработанного образца НП путем отсоединения сборника НП и помещение этого сборника в специальный бокс для пассивации НП.

Хранение и использование нанопорошков металлов вызывает ряд специфических проблем, связанных с их высокой активностью. Высокодисперсные свежеприготовленные порошки при контакте с воздухом начинают окисляться. Выделяющаяся в процессе окисления теплота при

отсутствии достаточного теплоотвода (порошки в свободно насыпанном состоянии имеют низкую теплопроводность) может приводить к саморазогреву металла и последующему спеканию или воспламенению.

Все указанные процессы в полной мере присущи и нанопорошкам металлов, полученным методом электрического взрыва проводников (ЭВП). Как показывают исследования процесса низкотемпературного спекания [12], начальная температура спекания некоторых НП, полученных методом ЭВП соответствует  $\sim 30$  °С.

Широко распространен метод пассивации порошков кислородсодержащими атмосферами, в частности воздухом. При этом процесс окисления порошков алюминия может продолжаться несколько суток [13]. Однако наиболее важны начальные стадии пассивации, когда процесс окисления порошка наиболее интенсивен.

По данным работы [14], насыпная плотность порошков, полученных методом ЭВП, увеличивается при их хранении в результате процессов десорбции и окисления, выходя на постоянное значение через  $\sim 100$  сут.

В наших экспериментах анализу подвергался НП прошедший пассивацию в течение 5 суток.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5AM4A	Максимуку Дмитрию Вячеславовичу

<b>Институт</b>	<b>ЭНИН</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭЭС</b>
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника/ТВН

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, финансовых, информационных и человеческих ресурсов.</i>	Стоимость ресурсов научного исследования (НИ) включает в себя: 1. Расчет оплаты труда работников; 2. Расчет амортизации специального оборудования.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	НР 34-70-32-83, РД 34.10.301, РД 34.10.102-91, ГОСТ Р 51387-99, МУ 34-00-094-85, ГОСТ Р 53905-2010
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений</i>	Отчисления в социальные фонды – 27,1% от ФОТ.

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Описание потенциального потребителя, SWOT-анализ
2. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Планирование научно-исследовательских работ, определение действующих лиц, длительности и трудоемкости работ. Определение бюджета затрат НТИ. Оценка рисков.
3. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Анализ и оценка научно-технического уровня исследования.

**Перечень графического материала** (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Карта сегментирования рынка</li> <li>2. Матрица SWOT</li> <li>3. Диаграмма Ганта</li> <li>4. Расчет бюджета затрат НТИ</li> </ol>
---

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Старший преподаватель	Потехина Нина Васильевна			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5AM4A	Максимук Д.В.		

## **Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **5. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

#### **5.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Научные исследования нынешнего времени. Перспективность их определяется не столько важностью и глобальностью открытия, которые тяжело оценить на начальных этапах проекта, а именно коммерческой оценкой. Оценка коммерческой ценности – обязательно условие, необходимое для поиска источников финансирования и, следовательно, для успешного проведения научного исследования.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является оценка эффективности и возможности проведения данного исследования, оценки рисков и затрат, а решений задач.

Поставим задачи для данного раздела:

- Оценить перспективность исследования
- Составить план выполнения исследования
- Рассчитать необходимые затраты для исследования

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что недостаточная оценка рынков сбыта производимой продукции является одной из главных причин несостоятельности многих проектов. Необходим глубокий анализ спроса на продукцию, которую предполагается выпускать, определить, в каких объемах и по какой цене его купят. Определив спрос, устанавливают максимальный объем производства, который предприниматель сможет осуществить с учетом своих потенциальных возможностей.

#### *Анализ рынка*

##### 1. Тип рынка:

а) Основной рынок: научные институты, внедренческие организации, заводы-изготовители.

b) Потенциальный рынок: предприятия других регионов РФ.

2. Размеры рынка сбыта:

a) Географическая зона: город Томск, Томская область.

b) Прогнозируемые темпы роста рынка: растущий рынок (развитие отрасли, повышение спроса).

3. Целевые сегменты рынка:

a) Тип покупателей: промышленные предприятия, институты.

#### *Анализ конкурентов*

В городе Томске конкурентом по данному исследованию может являться «Институт физики прочности и материаловедения».

Таблица 1 – Карта сегментирования рынка

		Отрасли, занимающиеся нанопорошками			
		Научные институты	Внедренческие организации	Заводы-изготовители	Компании, занимающиеся композиционными материалами
Сфера деятельности по нанопорошкам	Производство нанопорошков	x		x	
	Освоение новых методов получения нанопорошков	x	x		
	Изучение свойств нанопорошков	x		x	x
	Анализ характеристик нанопорошков	x	x		x

	Продажа нанопорошков	x	x	x	
	Продажа результатов исследований и анализов нанопорошков	x			
	Использование нанопорошков в промышленных целях			x	x

Как видно из карты сегментирования, научные институты выполняют почти весь цикл работ, связанных с нанопорошками.

**Основным сегментом** данного рынка являются научные институты, производящие и изучающие нанопорошки.

**Сегментом, на который ориентирована** цель магистерской диссертации, является изучение свойств нанопорошков и их анализ.

**В будущем** предполагается применение полученных результатов во многих институтах и компаний, занимающихся разработкой композиционных материалов.

## 5.2 SWOT-анализ

Для того чтобы оценить факторы и явления, способствующие или препятствующие продвижению проекта, был произведен SWOT – анализ проекта.

Описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для реализации проекта приведены в таблице 2.

Таблица 2–Матрица SWOT

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уникальность исследования</li> <li>2. Возможность участвовать в конференциях</li> <li>3. Наличие опытного научного руководителя</li> <li>4. Актуальность проводимого исследования</li> <li>5. Обширная сфера применения</li> <li>6. Исследование проводится на базе НИ ТПУ</li> </ol>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Требуется уникального оборудования</li> <li>2. Малое количество потенциальных потребителей продукции</li> <li>3. Информационные материалы могут быть использованы конкурентами</li> <li>4. Требуется тщательного сбора исходных данных</li> <li>5. Многоэтапность методики</li> </ol>
<p><b>Возможности:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Возможность создания партнерских отношений с рядом исследовательских институтов</li> <li>2. Большая стоимость конкурентных разработок и сложность их использования</li> <li>3. Возможность выхода на внешний рынок</li> <li>4. Рост потребности в обеспечении безопасности технологического процесса и сокращения экономических издержек</li> </ol>	<p>Актуальность разработки и опытный руководитель дает возможность сотрудничать с рядом ведущих исследовательских институтов;</p> <p>Рост потребности в обеспечении безопасности технологического процесса и сокращения экономических издержек возможен за счет принципиально новой методики;</p> <p>За счет новизны и принципиальных отличий возможен выход на большие объемы применения данной методики исследования.</p>	<p>Возможность наличия партнерских отношений с исследовательскими институтами для взаимного использования уникального оборудования;</p>

<p><b>Угрозы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отсутствие спроса на новые программные продукты в исследуемой сфере</li> <li>2. Развитие конкуренции в сфере анализа исследований нанопорошков</li> <li>3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования</li> <li>4. Захват внутреннего рынка иностранными компаниями</li> <li>5. Сложность выхода на рынок, в связи с длительной процедурой апробации технологии получения нанопорошков.</li> </ol>	<p>Универсальность применения методов исследований и обширная сфера применения программного комплекса минимизируют влияния развитой конкуренции в обозначенной сфере</p> <p>Актуальность проводимого исследования и наличие опытного научного руководителя в сочетании с принципиально новой методикой проведения работ обеспечивают стремительный выход на внутренний рынок</p>	
---	--	--

Исследование имеет потенциал, небольшой круг потенциальных потребителей и возможность выхода на внешний рынок.

## **6. Планирование этапов и выполнения работ проводимого научного исследования**

### **6.1 Структура работ в рамках научного исследования**

Планирование работ выполняется поэтапно:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научного исследования собирается группа, в состав которой входят научный руководитель и инженер. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.



В данном пункте составлен перечень работ в рамках проведения научного исследования и распределены исполнители по видам работ. Порядок приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание исследовательской части работ	Содержание технической части работ	Должность исполнителя
Структурирование исследования	1	Составление и утверждение технического задания	Обзор литературы, сбор необходимых данных, технических параметров оборудования, изучения технологического процесса.	Руководитель
	2	Планирование эксперимента	Подготовка установки УДП-4Г.	Инженер
	3	Календарное планирование работ по теме	Составление графика выполнения работ на всех этапах.	Инженер
Проведение метода ЭВП	4	Оценка качества выполнения ЭВП	Наработка нанопорошков с помощью установки УДП-4Г.	Инженер
	5	Определение объема исследования	Пассивирование нанопорошков.	Инженер
Сбор данных	6	Рентгенофазовый анализ	Получение дифрактограмм с помощью дифрактометра.	Инженер
	7	Расчет энергии, введенной в проводник	Снятие осциллограммы тока.	Инженер
	8	Термический анализ	Получение данных с помощью термоанализатора.	Инженер
Анализ НП	9	Сравнение полученных результатов	Анализ данных.	Инженер
Оформление отчета по НИР	10	Составление пояснительной записки	Составление отчета о проделанной работе, с указанием проблематики проводимого исследования, результатов.	Инженер
	11	Архивация полученных выводов	Написание выводов о проделанной работе.	Руководитель, инженер

Линейный график проекта представлен в виде календарного плана.

Таблица 4 – Календарный план

№ работ	Вид работ	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Составление и утверждение технического задания	21	8.09.15	28.09.14	Руководитель
2	Планирование эксперимента	28	29.09.15	25.10.15	Инженер
3	Календарное планирование работ по теме	7	26.10.15	1.11.15	Инженер
4	Оценка качества выполнения ЭВП	5	2.11.15	6.11.15	Инженер
5	Определение объема исследования	2	7.11.15	8.11.15	Инженер
6	Рентгенофазовый анализ	30	9.11.15	8.12.15	Инженер
7	Расчет энергии, введенной в проводник	30	15.01.16	13.02.16	Инженер
8	Термический анализ	30	14.02.16	14.03.16	Инженер
9	Сравнение полученных результатов	60	15.03.16	14.05.16	Инженер
10	Составление пояснительной записки	7	15.05.16	21.05.16	Инженер
11	Архивация полученных выводов	7	22.05.16	28.05.16	Руководитель, инженер
	Итого			227	

Таблица 5 - Диаграмма Ганта

№ ра бо т	Вид работ	Исполнители	Дни	Продолжительность выполнения работ										
				Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май		
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	21	■										
2	Планирование эксперимента	Инженер	28		■									
3	Календарное планирование работ по теме	Инженер	7			■								
4	Оценка качества выполнения ЭВП	Инженер	5			■								
5	Определение объема исследования	Инженер	2			■								
6	Рентгенофазовый анализ	Инженер	30			■	■	■						
7	Расчет энергии, введенной в проводник	Инженер	30						■	■				
8	Термический анализ	Инженер	30							■	■			
9	Сравнение полученных результатов	Инженер	60								■	■	■	
10	Составление пояснительной записки	Инженер	7											■
11	Архивация полученных выводов	Руководитель, инженер	7											■

■ - научный руководитель

■ - инженер

## 7. Расчет бюджета для научно-технического исследования

### 7.1 Амортизация оборудования

Амортизация — это процесс периодического переноса начальной стоимости основного средства или нематериального актива на производственные, коммерческие или общехозяйственные расходы — в зависимости от того, как этот актив используется.

Таблица 7-Амортизация

Наименование	Стоимость, руб	Срок службы, лет	Время использования, дней	Амортизация, руб
ПК	45000	3	140	5753
Термоанализатор	300000	10	24	1972
Осциллограф	80000	5	24	1052
Установка УДП-4Г	3000000	5	3	4931
Дифрактометр	20000000	20	24	65753
Итого				79461

### 7.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном пункте рассчитывается основная заработная плата руководителя и инженера. Заработная плата определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок ТПУ. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы.

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (1)$$

где  $Z_{осн}$  — основная заработная плата;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_{м} \cdot M}{F_{д}}, \quad (2)$$

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

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

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

Таблица 8 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	104
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	24
- невыходы по болезни	10	10
Действительный годовой фонд рабочего времени	242	214
Рабочие дни	28	206

Таблица 9 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{гс}$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб.дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Научный руководитель	31434	1350	23	31050
Инженер	14584	763	140	106820
Итого				137870

Тарифные ставки были приняты на основании регламентирующих документов планово-финансового отдела ТПУ.[23]

### 7.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (3)$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15). Расчет дополнительной заработной платы приведен в таблице 10.

#### 7.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данном пункте рассчитываются обязательные отчисления органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС).

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (4)$$

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

На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2016 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлено в таблице 10

Таблица 10– Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Итого
Научный руководитель	31050	4658	35708
Инженер	106820	16023	122843
<b>Итого</b>	137870	20681	158551
<b>Отчисления, руб (27,1%)</b>			
Научный руководитель	9677		42967
Инженер	33290		

#### 7.5 Накладные расходы

Накладные расходы – то все прочие затраты, не вошедшие в предыдущие пункты (ксерокопии, электроэнергия, отопление, услуги связи и др.). Вычисляются по следующей формуле:

$$З_{накл} = (З_{аморт} + З_{осн} + З_{доп}) \cdot k_{нр}, \quad (5)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%, тогда размер накладных расходов составит 38082 рублей.

## 7.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 11

Таблица 11– Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Итого	%
1. Амортизация	79461	24,9
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	137870	43,2
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	20681	6,5
4. Отчисления во внебюджетные фонды	42967	13,5
5. Накладные расходы	38082	11,9
Бюджет затрат НИИ	319061	

Суммарный бюджет затрат научного исследования составил – 319061 рублей. Учитывая перспективность исследования и бюджет НИ ТПУ, было бы целесообразно провести данное научное исследование, т.к. затраты сравнительно небольшие для исследования такого уровня, если предположить что такие исследования будут проводиться каждый год.

## 8. Оценка важности рисков

При оценке важности рисков оценивается вероятность их наступления ( $P_i$ ). По шкале от 0 до 100 процентов: 100 – наступит точно, 75 – скорее всего наступит, 50 – ситуация неопределенности, 25 – риск скорее всего не наступит, 0 – риск не наступит. Оценка важности риска оценивается весовым коэффициентом ( $w_i$ ). Важность оценивается по 10- балльной шкале  $b_i$ . Сумма весовых коэффициентов должна равняться единице. Оценка важности рисков приведена в таблице 12.

Таблица 12 – Экономические риски

№	Риски	$P_i$	$b_i$	$w_i$	$P_i * w_i$
1	Инфляция	10	1	0,019	1,960



		0			
2	Экономический кризис	25	2	0,039	0,980
3	Недобросовестность поставщиков	25	6	0,117	2,941
4	Непредвиденные расходы в плане работ	50	7	0,137	6,862
5	Снижение уровня спроса на продукцию	50	10	0,196	9,803
6	Сложность выхода на мировой рынок	75	7	0,137	10,294
7	Колебания рыночной конъюнктуры	25	6	0,117	2,941
8	Отсутствие в числе сотрудников экономистов	25	2	0,039	0,980
9	Низкие объемы сбыта	50	10	0,196	9,803
	Сумма		51	1	46,568

Таблица 13 – Технологические риски

№	Риски	$P_i$	$b_i$	$w_i$	$P_i * w_i$
1	Возможность поломки оборудования	25	7	0,25	6,25
2	Низкое качество поставленного оборудования	25	9	0,3214	8,0357
3	Неправильная сборка оборудования	25	8	0,2857	7,1428
4	Опасность для работающего персонала и аппаратуры	75	4	0,1428	10,714
	Сумма		28	1	32,142

Таблица 14 – Научно-технические риски

№	Риски	$P_i$	$b_i$	$w_i$	$P_i * w_i$
1	Развитие конкурентных технологий	75	7	0,145	10,937
2	Создание новых методов синтеза	75	7	0,145	10,937
3	Риск невозможности усовершенствования технологии	50	8	0,166	8,333
4	Отсутствие результата в установленные сроки	50	7	0,145	7,2916
5	Получение отрицательного результата при внедрении в производство	25	10	0,208	5,208
6	Несвоевременное патентование	25	9	0,187	4,687
	Сумма		48	1	47,395

Далее производится расчет общих рисков:

Таблица 15 – Общая оценка риска проекта

Виды рисков в группе	$P_i$	$b_i$	$W_i$	$P_i * W_i$
Экономические	46,57	10	0,25	11,64
Технологические	32,14	9	0,5	16,07
Научно-технические	47,4	6	0,25	11,85
Итого		25	1	39,56

Итоговая оценка составила около 40%, что является весьма неплохим показателем для научного исследования.

## 9. Анализ и оценка научно-технического уровня проекта

Необходимо рассчитать коэффициент научно-технического уровня. Коэффициент НТУ рассчитывается при помощи метода балльных оценок, в котором каждому из признаков НТУ присваивается определенное число баллов по принятой шкале. Общую оценку приводят по сумме баллов по всем показателям с учетом весовых характеристик. Общая оценка рассчитывается по формуле:

$$HTU = \sum_{i=1}^n k_i \cdot P_i \quad (6)$$

где  $k_i$  – весовой коэффициент  $i$  – го признака;

$P_i$  – количественная оценка  $i$  – го признака.

Таблица 16 – Весовые коэффициенты НТУ

Признаки НТУ	Весовой коэффициент
Уровень новизны	0.4
Теоретический уровень	0.2
Возможность и масштабы реализации	0.4

Таблица 17 – Шкала оценки новизны

Баллы	Уровень
1-4	Низкий НТУ
5-7	Средний НТУ
<u>8-10</u>	<u>Сравнительно высокий НТУ</u>
11-14	Высокий НТУ

Таблица 18 – Значимость теоретических уровней

Характеристика значимости теоретических уровней	Баллы
Установка законов, разработка новой теории	10
<u>Глубокая разработка проблем, многосторонний анализ, взаимозависимость между факторами</u>	<u>8</u>
Разработка алгоритма	6
Элементарный анализ связей между факторами (наличие гипотезы, объяснение версий, практические рекомендации)	2
Описание отдельных факторов (вещества, свойств, опыта, результатов)	0.5

Таблица 19 - Возможность реализации по времени и масштабам

Время реализации	Баллы
------------------	-------

<u>В течение первых лет</u>	<u>10</u>
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2
<b>Масштабы реализации</b>	<b>Баллы</b>
Одно или несколько предприятий	2
<u>Отрасль</u>	<u>4</u>
Народное хозяйство	10

$$k_1 = 0.4, P_1 = 10, k_2 = 0.2, P_2 = 8,$$

$$k_3 = 0.2, P_3 = 10, k_4 = 0.2, P_4 = 4.$$

$$HTU = 0.4 \cdot 10 + 0.2 \cdot 8 + 0.2 \cdot 10 + 0.2 \cdot 4 = 8.4$$

По полученным результатам расчета коэффициента научно-технического уровня можно сделать вывод, что данный проект имеет высокую значимость теоретического и практического уровня, и при этом используется в широком спектре отраслей.

Таким образом, анализируя результаты данного пункта, можно заключить, что проводимое исследование имеет высокую значимость теоретического и практического уровня, а также приемлемый уровень рисков. Это подтверждает целесообразность проводимого научного исследования.

В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были решены следующие задачи:

1. Проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования на примере SWOT-анализа, результат которого показал большой потенциал проводимого исследования, а так же возможность быстрого выхода на внешний рынок обеспечены принципиально новым подходом к решению поставленной задачи.

2. Определен полный перечень работ, проводимых при исследовании нанопорошков молибдена. Общее число работ составило 11. Определена трудоемкость проведения работ. Ожидаемая трудоемкость работ для научного руководителя составила 28 чел-дней, для студента-исполнителя составила 206 чел-дней. Общая максимальная длительность выполнения работы составила 227 календарных дней.

3. Суммарный бюджет затрат НИИ составил – 319061 рублей. Расчет бюджета осуществлялся на основе следующих пунктов:

- расчет материальных затрат НИИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

4. Определена целесообразность и эффективность научного исследования путем анализа и оценки научно-технического уровня проекта, а также оценки возможных рисков. В результате проводимое исследование имеет высокую значимость теоретического и практического уровня и приемлемый уровень рисков.

Следует отметить важность для проекта в целом проведенных в данной главе работ, которые позволили объективно оценить эффективность проводимого научно-технического исследования.