

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

Институт *физики высоких технологий*

Направление подготовки 22.03.01 *«Материаловедение и технологии материалов»*

Кафедра *наноматериалов и нанотехнологий*

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка триботехнических материалов на основе композиционных наноструктурированных составов WS₂-Ag и WS₂-Cu

УДК 621.891.002.3:620.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Б22	Петровичева Елена Евгеньевна		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. МЕН	Грахова Е.А.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Назаренко О.Б.	д.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Наноматериалов и нанотехнологий	Хасанов О.Л.	д.т.н., профессор		

Томск – 2016 г.

Планируемые результаты обучения по ООП 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов (бакалавриат)

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять основные положения и методы гуманитарных наук при решении социально-общественных и профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов
P2	Использовать современное информационное пространство при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов
P3	Разрабатывать, оформлять и использовать техническую документацию, включая нормативные документы по вопросам интеллектуальной собственности в области материаловедения и технологии материалов
P4	Проводить элементарный экономический анализ ресурсов, технологий и производств при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов
P5	Эффективно работать в коллективе на основе принципов толерантности, использовать устную и письменную коммуникации на родном и иностранном языках в мультикультурной среде
P6	Эффективно выполнять трудовые функции по реализации высокотехнологичных производств материалов и изделий
P7	Проводить комплексную диагностику материалов, процессов и изделий с использованием технических средств измерений, испытательного и производственного оборудования
P8	Готовность к мотивированному саморазвитию, самоорганизации и обучению для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности в области материаловедения и технологии материалов
P9	Успешно использовать методы и приемы организации труда, обеспечивающие эффективное, экологически, социально и технически безопасное производство
P10	Использовать принципы производственного менеджмента и управления персоналом в производственной деятельности в области материаловедения и технологии материалов

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

Институт *физики высоких технологий*

Направление подготовки *Материаловедение и технологии материалов*

Кафедра *Наноматериалов и нанотехнологий*

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

_____ Хасанов О. Л.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
4Б22	Петровичевой Елене Евгеньевне

Тема работы:

Разработка триботехнических материалов на основе композиционных
наноструктурированных составов WS₂-Ag и WS₂-Cu

Утверждена приказом директора ИФВТ

Приказ № 2598/с от 05.04.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:

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.).

В качестве объекта исследований использовался порошок нанослоистого дисульфида вольфрама - WS₂ с добавлением меди - Си и серебра - Ag. Дисульфид вольфрама является перспективным материалом для различных сфер применения, таких как, фотовольтаические элементы, перезаряжаемые батареи, твердые смазочные материалы.

<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>1. Литературный обзор, включающий получение и применение нанопорошков, основную информацию о свойствах и методах получения дисульфида вольфрама, основные характеристики, принцип действия, достоинства и недостатки методов электрического взрыва проводников и самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.</p> <p>2. Методика эксперимента.</p> <p>3. Получение нанокomпозиционных составов WS_2-Ag и WS_2-Cu и смазочных материалов на основе ВНИИ НП-207 и ВНИИ НП-207Е, допированные WS_2-Cu</p> <p>4. Рентгенофазовый анализ и исследование морфологии полученного нанопорошка дисульфида вольфрама WS_2; термогравиметрический анализ нанокomпозиционных составов WS_2-Ag и WS_2-Cu; трибологические исследования смазочных материалов.</p> <p>5. Обсуждение полученных результатов и составление выводов о проделанной работе.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p><i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i></p>	<p><i>Грахова Елена Александровна, Ассистент кафедры менеджмента, НИ ТПУ</i></p>
<p><i>Социальная ответственность</i></p>	<p><i>Назаренко Ольга Брониславовна, Профессор, НИ ТПУ</i></p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p><i>1. Реферат</i></p>	

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

Задание выдал руководитель:

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p><i>Доцент кафедры НМНТ</i></p>	<p><i>Ан Владимир Вилорьевич</i></p>	<p><i>К.т.н.</i></p>		

Задание принял к исполнению студент:

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p><i>4Б22</i></p>	<p><i>Петровичева Елена Евгеньевна</i></p>		

Реферат

Выпускная квалификационная работа бакалавра содержит 86 с., 16 рисунков, 25 табл., 40 источников.

Ключевые слова: триботехнические материалы; дисульфид вольфрама WS_2 ; композиционный наноструктурированный состав; самораспространяющийся высокотемпературный синтез; коэффициент трения.

Объектом исследования являются триботехнические материалы на основе композиционных наноструктурированных составов WS_2 -Ag и WS_2 -Cu.

Целью данной работы является получение нанокomпозиционных составов WS_2 -Ag и WS_2 -Cu с оптимальными трибологическими характеристиками: пониженным коэффициентом трения и износом трущихся деталей.

В процессе исследования проводилась подготовка шихты для получения дисульфида вольфрама методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза; подготовка навесок WS_2 -Ag и WS_2 -Cu и смазочных составов на основе ВНИИ НП-207 и ВНИИ НП-207Е с добавлением WS_2 -Cu для трибологических исследований.

В ходе исследования получены нанокomпозиционные материалы WS_2 -Ag и WS_2 -Cu, которые могут использоваться как самостоятельные твердые смазки, так и в качестве компонентов консистентных смазочных материалов с пониженным коэффициентами трения и низким износом трущихся деталей.

Дисульфид вольфрама кристаллизуется в гексагональной системе. Обладает большей термостойкостью (до 510°C на воздухе) и сопротивлением окислению по сравнению с другими распространенными смазочными веществами. Дисульфид вольфрама химически нейтрален, нерастворим практически во всех средах (вода, масла, щелочи и почти все кислоты), не вызывает коррозию металлов.

Степень внедрения: результаты, полученные в ходе работы, планируется использовать при подготовке прототипов смазочных материалов (консистентных нанокomпозиционных смазок на основе штатных смазок ВНИИ НП-207 и ВНИИ НП 207Е) для натурных испытаний в условиях российского Севера (Якутия).

Область применения: триботехника.

Экономическая эффективность/значимость работы: полученные результаты позволят снизить износ деталей механизмов за счет понижения их трения и износа, что в свою очередь снизит экономические потери, связанные с повышенным износом деталей и механизмов.

В будущем планируется использование полученных материалов в качестве антифрикционных и противоизносных компонентов арктических смазок.

Abstract

Final qualifying work of the bachelor includes 84 p., 13 fig., 25 tab., 40 sources of the literature.

Key words: tribological materials, tungsten disulfide WS_2 , nanostructured composite consist, self-propagating high temperature synthesis, coefficient of friction.

The object of study is tribological materials based on nanostructured composite compositions WS_2 -Ag and WS_2 -Cu.

The purpose of this work is to obtain nanocomposite formulations WS_2 -Ag and WS_2 -Cu with optimal tribological characteristics: low coefficient of friction and wear of rubbing parts.

The study was conducted batch preparation for tungsten disulfide by SHS; preparation of batches of WS_2 -Ag and WS_2 -Cu and lubricant compositions based on VNII NP-207 and NP-207E Institute with the addition of WS_2 -Cu for the tribological research.

The study obtained nanocomposite materials WS_2 -Ag and WS_2 -Cu, which can be used as stand-alone solid lubricants and greases as components of lubricants with low friction coefficient and low wear of rubbing parts.

The basic constructive, technological and technical and operational characteristics: tungsten disulfide crystallizes in the hexagonal system. It has a higher heat resistance (up to 510 ° C in air) and the oxidation resistance compared with other common lubricants. Tungsten disulfide is chemically neutral, insoluble in almost all media (water, oil, and almost all alkali acid), does not cause corrosion of metals.

Degree of implementation: the results obtained in the course of work you plan to use in the preparation of prototypes of lubricants (lubricating greases based nanocomposite regular grease VNII NP-207 and NP Institute 207E) for full-scale tests under conditions of the Russian North (Yakutia).

Applications: machinery operating at high sliding speeds.

Cost-effectiveness / value of the work: the results allow the use of lubricant in those industries where parts and mechanisms working in conditions of friction and high sliding speeds.

In the future, the use of materials obtained as anti-friction and anti-wear components Arctic lubricants.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе применены следующие сокращения

ПЭМ – просвечивающий электронный микроскоп;

РФА – рентгенофазовый анализ;

СВС – самораспространяющийся высокотемпературный синтез;

ЭВП – электрический взрыв проводников;

ТГ-ДСК – термогравиметрия – дифференциальная сканирующая калориметрия.

Оглавление

Введение	11
1 Обзор литературы	12
1.1 Нанопорошки: применение, получение	12
1.1.1 Получение нанопорошков	12
1.1.2 Применение нанопорошков	16
1.2 Свойства дисульфида вольфрама	22
1.3 Методы получения дисперсного дисульфида вольфрама	23
1.3.1 Гидротермальный метод	23
1.3.2 Метод осаждения из раствора	23
1.3.3 Метод сульфидирования	23
1.4 Электрический взрыв проводников	25
1.5 Метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза	26
1.6 Дисульфид вольфрама допированный наноразмерными металлами	28
2 Экспериментальная часть	29
2.1 Получение нанокomпозиционных составов WS_2 -Ag и WS_2 -Cu	29
3 Результаты исследования	31
3.1 Исследования микроструктуры модифицированного слоя	31
3.2 Электронно-микроскопические исследования	32
3.3 Металлография	32
3.4 Измерение микротвёрдости образцов	33
3.5 Ударная вязкость стали 12X1МФ	38
3.6 Микромеханизмы разрушения облученных образцов	40
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	46
4.1 Технико-экономическое обоснование научно-исследовательской работы	46
4.2 Планирование работ	48
4.2.1 Определение трудоемкости работ	49

4.2.2	Техническая готовность темы	50
4.2.3	Построение графика работ	52
4.3	Бюджет научно-исследовательской работы	54
4.3.1	Расчет материальных затрат НИР	54
4.3.2	Основная заработная плата исполнителей НИР	56
4.3.3	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	58
4.3.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	59
4.3.5	Накладные расходы	59
4.3.6	Формирование бюджета затрат научно-исследовательской работы	60
4.4	Оценка научно-технического уровня НИР	61
5	Социальная ответственность	67
5.1	Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	68
5.1.1	Недостаточная освещенность рабочей зоны	68
5.1.2	Повышенный уровень шума на рабочем месте	69
5.1.3	Вредные вещества	70
5.2	Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	72
5.2.1	Электробезопасность	73
5.2.2	Термическая опасность	74
5.2.3	Механические опасности	74
5.3	Экологическая безопасность	75
5.3.1	Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	75
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	76
5.5	Особенности законодательного регулирования проектных решений	79
	Заключение	82
	Список публикаций студента	83
	Список использованных источников	84

Введение

Актуальность работы

Проблема оптимизации процессов трения и износа при эксплуатации существовала всегда и до сих пор является актуальной. С ростом технического прогресса машины и механизмы работают во все более жестких условиях, увеличение скоростей скольжения и температур подвергают материалы предельным нагрузкам, поэтому повышение срока службы деталей, подверженных трению, является сложной технической задачей.

85 - 90 % машин выходят из строя по причине износа деталей [1]. В результате этого существует востребованность в применение смазочных материалов с пониженным коэффициентов трения и низким износом трущихся деталей.

Целью данной работы является получение нанокomпозиционных составов WS_2 -Ag и WS_2 -Cu с оптимальными трибологическими характеристиками: пониженным коэффициентом трения и износом трущихся деталей.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Синтезировать порошок дисульфида вольфрама WS_2 методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза;
2. Подготовить композиционные триботехнические материалы на основе наноструктурного дисульфида вольфрама и нанопорошков серебра и меди;
3. Исследовать физико-химические свойства нанокomпозиционных составов WS_2 -Ag и WS_2 -Cu;
4. Изучить трибологические свойства полученных материалов;
5. Проанализировать полученные результаты.

1 Обзор литературы

1.1 Нанопорошки: получение, применение

1.1.1 Получение нанопорошков

Нанопорошок – это совокупность находящихся в соприкосновении индивидуальных твердых тел (наночастиц или их агрегатов) с размерами от 1 до 100 нм во всех трех измерениях [2].

Производство нанопорошков постоянно возрастает. Существуют различные способы получения наноразмерных порошков, которые принято разделять на две группы: химические и физические.

Химические методы позволяют получать нанопорошки как отдельных материалов, так и их соединений, в том числе многокомпонентные системы, при этом обеспечивается необходимая частота и узкий спектр распределения частиц по размерам. К данным методам относятся химическое осаждение из паровой фазы, золь-гель метод, самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС), термический синтез, плазмохимический синтез и т.д. Однако при производстве нанопорошков в промышленных масштабах преимущественно используются физические методы. К таким методам относятся испарение и конденсация в инертном или реакционном газе, электрический взрыв проводников, механическое измельчение.

Способ и условия получения нанопорошков определяют их физико-химические свойства.

В настоящее время существующие методы получения нанопорошков сводятся к двум основным процессам:

- а) формирование малых частиц из атомов, молекул;
- б) диспергирование массивных тел.

Также методы получения нанопорошков делятся на 2 группы: физические (метод газовой конденсации, лазерный, высокоэнергетическое

разрушение) и химические (плазмохимический, термический синтез, термическое разложение).

Основу метода газовой конденсации составляют физические процессы испарения исходного вещества и последующая конденсация конечного продукта. Испарение материала осуществляется с применением электропечей, индукционных нагревателей, плазменных струй, электронных пушек, лазеров, ударных волн.

Чтобы осуществить осаждение частиц используют поток разреженного инертного газа или газовый поток при атмосферном давлении.

На размер частиц оказывают влияние следующие факторы:

- вид инертного газа;
- температура;
- способ нагревания;
- вид испаряемого материала;
- расстояние от нагревателя до стенок камеры.

Основное достоинство получения нанопорошков методом газовой конденсации: является получение химически чистых нанопорошков, которое зависит от химической чистоты исходного сырья. Однако этот метод имеет низкую производительность и большие энергозатраты.

К методам высокоэнергетического разрушения относятся размол, механосинтез и детонационная обработка.

Обычный размол (диспергационный метод) редко используется для получения нанопорошков. Это обуславливается тем, что существует предел размалываемости, который отвечает за достижение своеобразного равновесия между скоростями разрушения частиц и их агломерацией.

Кроме того, во время процесса размола исходный продукт загрязняется материалом шаров и футеровки, а также кислородом.

Размол и механохимический синтез осуществляется использованием шаровых, планетарных и вибрационных мельниц. Данными методами можно получить размер частиц от 200 до 5–10 нм. Основным достоинством метода

механосинтеза является возможность получать легированные и композиционные порошки.

К недостаткам следует отнести загрязнение продукта материалом мелющих тел и окислением во время процесса. Данным методом невозможно получить мелкие порошки металлов.

Метод детонационной обработки (синтез в ударных волнах и дробление) имеет следующий принцип: контактный заряд взрывчатого вещества оказывает ударноволновое воздействие на слой исходного материала, вследствие чего происходит динамический нагрев, сжатие, последующая разгрузка и разлет. Для того, чтобы получить широкий спектр нанопорошков, можно изменить различные параметры синтеза, к которым относятся: объем взрывной камеры, тип применяемого взрывчатого вещества, количество и свойства исходного порошка, химический состав атмосферы.

К основным недостаткам следует отнести, что данный метод обладает высокими требованиями к технике безопасности, имеется техническая трудность улавливания продуктов, конечные продукты загрязнены сажей и другими продуктами детонации взрывчатых веществ.

Распространенным химическим методом получения нанопорошков является плазмохимический синтез. Средний размер, форма и распределение частиц по размерам зависят от процесса конденсации паров, которые образуются в результате химической реакции.

Получение нанопорошков данным методом осуществляется дуговыми плазмотронами и высокочастотными генераторами плазмы.

Лучшей производительностью и доступностью обладают дуговые плазмотроны, однако использованием высокочастотных и сверхвысокочастотных установок можно осуществить больший выход чистых синтезируемых продуктов.

Плазмохимический синтез обладает высокой производительностью, однако имеет и некоторые недостатки - энергоемкость, большое количество стадий производства, широкую область распределения частиц по размерам.

Электроэрозионный метод получения нанопорошков состоит из плазмохимического синтеза и высокоэнергетического разрушения.

Данный метод имеет следующую последовательность операций по получению нанопорошков: в ванну с жидкостью, в которой находятся два электрода, выкладывают крупнодисперсный металлический порошок. К электродам подводят такую величину переменного напряжения, чтобы между частицами металла, которые расположены на дне ванны, возникли искровые разряды. В момент пробоя происходит процесс испарения части материала частицы.

После того, когда пробой затухает, происходит конденсация паров на поверхности газового пузыря в жидкости, которая окружает область разряда. Следующий разряд, который возникает через промежуток времени и определяется частотой подаваемого напряжения, имеет другой путь распространения. Именно этот процесс приводит к тому, что все частицы засыпанного исходного порошка измельчаются.

К достоинству данного метода можно отнести относительную простоту устройства реактора электроэрозионного диспергирования. Недостатки метода - это широкий диапазон распределения частиц по размерам и недостаточная чистота получаемого продукта.

Лазерный синтез - это один из способов получения нанопорошков, в котором концентрированные потоки энергии оказывают воздействие на вещество.

Импульсные лазеры дают возможность значительно повысить производительность и понизить потери энергии за счет уменьшения длительности излучения и повышения частоты следования импульсов. Этот процесс обеспечивает уменьшение размеров частиц за счет эффективного выноса паров из горячей зоны. Однако существует проблема связанная с

невозможностью изменения параметров импульса излучения (длительность и форму). Поэтому лучшим вариантом для получения нанопорошков является использование импульсного ускорителя электронов, поскольку в нем проще производить изменение энергии и длительности импульса, а также частоту повторения импульсов.

Метод электрического взрыва проводников включает в себя признаки диспергационных методов (происходит разрушение проводника под действием электрического тока) и методов испарения-конденсации (во время электрического взрыва происходит переход значительной части материала в газообразное состояние. Количество этой части, перешедшей в пар, зависит от величины введенной в проводник энергии).

Основные достоинства данного метода заключаются его универсальности, возможности получения нанопорошков металлов, сплавов, интерметаллидов и химических соединений с неметаллами на одном и том же оборудовании. Также данный метод экологически безопасен.

1.1.2 Применение нанопорошков

Благодаря своим уникальным свойствам: высокой удельной поверхности, избыточной поверхностной энергии и высокой химической активности нанопорошки находят свое применение в промышленности, фундаментальной науке, биологии и медицине.

Так, больших объемов достигло производство нанопорошков для полирующих суспензий, лакокрасочных покрытий, солнцезащитных кремов и катализаторов на основе диоксида титана. В последние годы увеличилось количество разработок по использованию наночастиц неметаллов, металлов и их соединений для очистки воды от примесей органической и неорганической природы [3]. Разработки, которые существуют на данный момент, могут позволить использовать нанопорошки для того, чтобы усовершенствовать технологии создания топливных и конструкционных элементов и повысить эффективность существующего оборудования [4].

Нанопорошки применяются в самых разных отраслях: машиностроительной, энергетической, аэрокосмической, сельскохозяйственной промышленности, электронике, медицине. Повышенный интерес к исследованию и использованию наноразмерных элементов в производственных процессах обусловлен рядом новых, кардинально отличающихся свойств нанообъекта по сравнению с грубодисперсным объектом того же состава. Уникальные свойства материала при переходе в наноразмерное состояние объясняются, увеличением удельной поверхности вещества (с повышением реакционной способности), и преобладанием квантовых эффектов (с воздействием на оптические, магнитные и электрические свойства материала) [5]. Наиболее перспективными и востребованными потребителями нанопорошков являются машиностроительная и автомобилестроительная отрасли.

В настоящее время нанопорошки стали активно применяться в качестве твердых смазок и добавок к жидким и консистентным смазочным материалам. Наиболее распространенными твердыми смазками являются: графит, дисульфид вольфрама (WS_2); дисульфид молибдена (MoS_2).

Таблица 1 – Характеристики твердых смазок [6]

Твердая смазка	Плотность, г/см ³	t° окисления в воздухе	t° плавления, °С	Коэффициент трения
Графит	1,4-1,7	455	3652*	0,04
MoS_2	4,8	400	1185	0,03
WS_2	7,4	510	800	0,03

*начинается сублимация материала

Смазочные и противоизносные свойства дисульфида вольфрама были заново открыты при исследовании наноразмерных частиц. По сравнению с другими твердыми смазочными материалами дисульфид вольфрама обладает лучшими трибологическими свойствами на воздухе при температуре до 300–400 °С и в вакууме до 1000 °С.

1.2 Свойства дисульфида вольфрама

Дисульфид вольфрама может существовать в двух стабильных кристаллических модификациях: гексагональной 2H-WS₂ и ромбоэдрической 3R-WS₂. 2H-WS₂ представляет собой мягкий, блестящий, темно-серый порошок, который не растворяется в воде и кислотах, не являющихся окислителями. Дисульфид вольфрама является устойчивым в вакууме вплоть до 1000 °С, полное его разложение происходит при температуре 1500 °С [9]. Дисульфид вольфрама не претерпевает каких-либо изменений в воздушной среде до 400 °С, при температурах 500–600 °С на поверхности частиц образуется триоксид WO₃ [10]. Дисульфид вольфрама и дисульфид молибдена обладают схожими трибологическими свойствами, однако, WS₂ имеет большую термостабильность и устойчивость к окислению при температурах на 50–100 °С выше, чем дисульфид молибдена [11]. Среди известных сульфидов дисульфид вольфрама WS₂ является технически наиболее важным и наиболее изученным. Основным наиболее распространенным минералом для получения вольфрама является минерал тунгстенит, который редко встречается в земной коре.

Смазочные свойства дисульфида вольфрама находят все более широкое применение для создания на их основе твердых смазок с гораздо более высокими физико-техническими свойствами, чем графит. Дисульфид вольфрама отличается высокой адгезией к смазываемым металлам трущихся пар, удачно входят в состав металлокерамических подшипников скольжения, образуют с жидкими смазками вещества с высокими антифрикционными характеристиками.

Промышленное получение WS₂ из вольфрамсодержащей руды достаточно трудоемкий процесс. И, как правило, получаемый продукт загрязнен абразивными частицами (в основном SiO₂), а также маслами. В связи с этим научные исследования в области синтеза дисперсного

дисульфида вольфрама привели к формированию большого количества методов получения, которые различаются по своей природе.

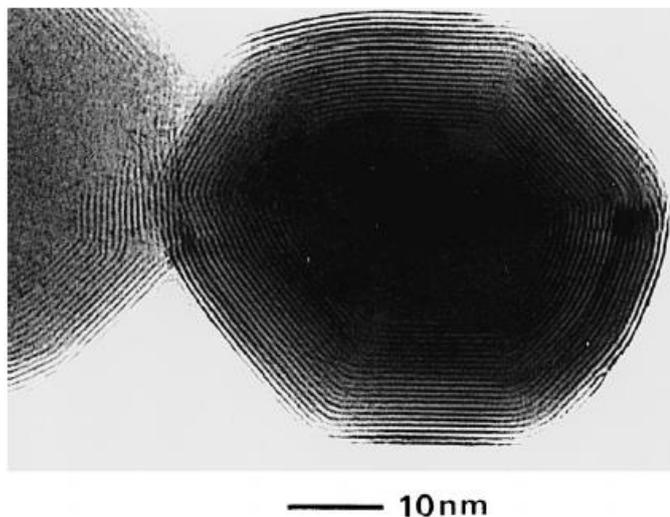


Рисунок 1 – Микрофотография $IF-WS_2$ [12]

1.3 Методы получения дисперсного дисульфида вольфрама

1.3.1 Гидротермальный метод

В основу метода входит способность воды и водных растворов при высокой температуре и давлении растворять вещества, которые не растворяются в обычных условиях - к ним относятся некоторые виды оксидов, силикатов, сульфидов.

К основным параметрам гидротермального синтеза, которые определяют кинетику протекающих процессов и свойства образующихся продуктов, относятся начальное значение pH среды, продолжительность, температура синтеза, величина давления в системе.

Гидротермальный синтез производится с помощью автоклавы, которая представляет собой герметичный стальной цилиндр, способный выдерживать высокие температуры и давление в течение длительного времени.

Для того чтобы получить частицы дисульфида вольфрама, реагенты выдерживают в автоклаве от 12 до 48 часов при температуре 180–240 °С. Основные исходные вещества для получения дисульфида вольфрама

гидротермальным методом - это соли вольфрамовой кислоты и серосодержащие вещества.

Данный метод не лишен и недостатков, одним из которых является образование побочных продуктов в газовой и твердой фазе, которые возникают в результате химического взаимодействия. В связи с этим является необходимым отмывание и дальнейшая сушка продуктов синтеза. Еще одним недостатком является аморфная структура полученного дисульфида, для устранения которой требуется дополнительная термическая обработка.

Тем не менее, данный метод является простым, отсутствует необходимость в высокотехнологичном оборудовании и имеется возможность получать наноразмерные частицы дисульфида вольфрама различной морфологии.

Гидротермальный метод обладает следующими основными преимуществами:

- Возможность синтеза частиц различной дисперсности и различной морфологии;
- Наличие возможности регулирования фазового состава, структуры и размера частиц полученного дисульфида посредством изменения условий получения и широкого использования реагентов;
- Данный метод прост в реализации.

Также данный метод обладает некоторыми недостатками:

- Имеет низкую производительность;
- Продукт, полученный в результате гидротермального синтеза, содержит в себе много компонентов, из-за чего имеется необходимость производить его очистку с целью выделения целевого продукта.
- Для полученного целевого продукта необходимо производить сушку (от 6 до 12 ч);

- Полученный дисульфид имеет аморфную структуру после гидротермального синтеза, в связи с чем необходимо производить термическую обработку продукта после синтеза при температуре 500-800 °С.

1.3.2 Метод осаждения из раствора

В данном методе для получения дисульфида вольфрама используют химические реакции, которые протекают при низком давлении растворителя в реакционной смеси. Именно из-за этих условий имеется различие между методом осаждения из раствора и гидротермальным методом, т.к. при гидротермальном синтезе реакции протекают при повышенном давлении растворителя в реакционной смеси.

С помощью метода осаждения из растворов имеет возможность получать наночастицы высокой селективности и стабилизированные нанокластеры с очень узким распределением по размерам.

Аналогично гидротермальному методу получения, в методе осаждения из раствора реагентами выступают вольфраматы и серосодержащие соединения, а полученные в результате синтеза продукты имеют аморфную структуру, из-за этого имеется необходимость в проведении дополнительной термической обработки.

Метод осаждения из раствора и гидротермальный метод обладают схожими преимуществами и недостатками за исключением длительного термостатирования в автоклаве. Очень часто в результате проведения синтеза может образовываться трисульфид вольфрама, и для того чтобы получить дисульфид необходимо произвести стадию восстановления при высоких температурах в инертной среде. Также величина водородного показателя оказывает существенное влияние на получение продукта.

1.3.3 Метод сульфидирования

Данный метод получения дисульфида вольфрама может реализовываться двумя способами:

- непосредственный синтез из элементов;
- сульфидирование металлов/оксидов металлов в токе серосодержащих веществ (сероводород, сероуглерод).

Во время протекания процессов взаимодействия методов сульфидирования происходит выделение токсичных и ядовитых газов. Также данный метод реализуется при высоких температурах и имеется зависимость дисперсности конечного продукта от размера частиц металла/оксида металла.

При использовании прямого синтеза, который проходил между наночастицами вольфрама и элементарной серой, получился многофазный продукт со следующим составом: нанодисперсный дисульфид вольфрама и частицы WO_3 , покрытые дисульфидом.

С помощью дугового разряда в среде чистого аргона и смеси аргона с водородом были получены порошки вольфрама.

Для оценки смазочных и противоизносных свойств дисульфида вольфрама, полученного методом сульфидирования, было проведено сравнение с микронным дисульфидом вольфрама WS_2 в качестве добавок к жидким смазочным материалам.

В результате этих исследований было получено, что наноразмерный дисульфид вольфрама снижает износ более чем на 60% по сравнению с микронным дисульфидом вольфрама WS_2 .

Также метод сульфидирования можно реализовать ампульным методом, который осуществляется в вакуумированной кварцевой трубке при нагревании смеси порошков металла и серы.

Метод сульфидирования обладает существенными недостатками:

- Процесс синтеза протекает в среде ядовитых и токсичных серосодержащих газов (CS_2 , H_2S);
- Процесс синтеза протекает при высокой температуре (700–950 °C).

При использовании ампульного метода требуются меньшие температуры для синтеза, но данный метод имеет низкую производительность.

1.4 Электрический взрыв проводников

Электрический взрыв проводников (ЭВП) — это метод получения тонкодисперсных металлических, оксидных, нитридных и карбидных порошков с помощью электрического взрыва проводника (металлической проволоки диаметром 0,1-1,0 мм) при прохождении по нему мощного импульса тока длительностью 10^{-5} - 10^{-7} с и плотностью 10^4 - 10^6 А·мм⁻² [13].

Метод ЭВП основывается на подаче мощного импульса тока на проволоку, помещенную между электродами, в результате чего происходит мгновенный разогрев и испарение металла с последующей пассивацией при охлаждении [14].

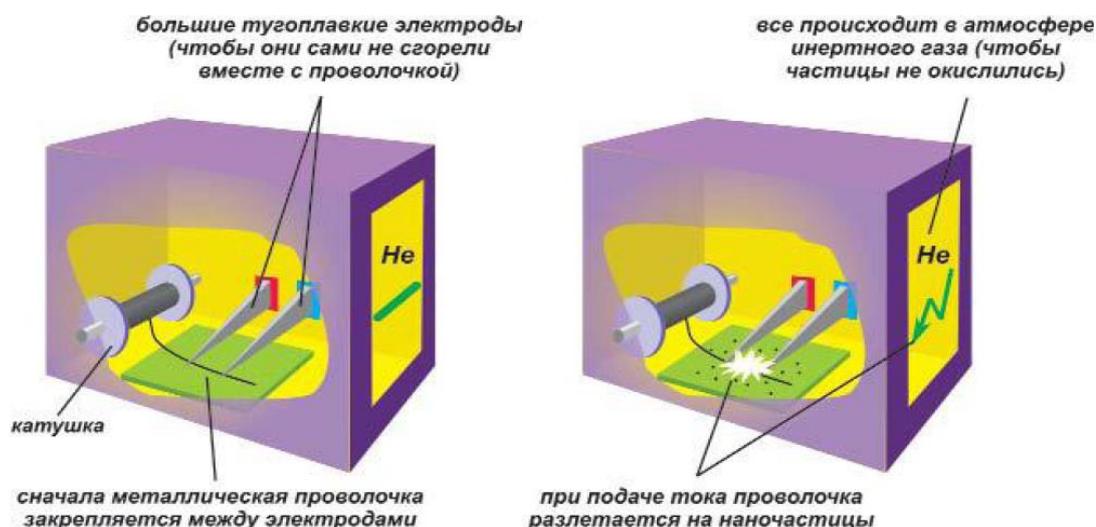


Рисунок 2 – Метод электрического взрыва проводников [15]

При электрическом взрыве проводника получают частицы преимущественно сферической формы. Порошки, полученные методом ЭВП, обладают устойчивостью к окислению и способностью взаимодействовать со многими органическими реагентами при обычных температурах, и высокой

активностью в различных гетерогенных процессах при нагревании, что связано с запасом избыточной энергии на поверхности частиц.

Таким методом возможно получение нанопорошков вольфрама, меди, никеля, молибдена, алюминия, серебра, железа и других металлов.

Метод электрического взрыва проводников включает в себя признаки диспергационных методов (происходит разрушение проводника под действием электрического тока) и методов испарения-конденсации (во время электрического взрыва происходит переход значительной части материала в газообразное состояние). Количество этой части, перешедшей в пар, зависит от величины, введенной в проводник энергии.

ЭВП как метод диспергирования металлов характеризуется следующими особенностями:

- время взрыва составляет 10^{-10} с;
- величина развиваемой мощности превышает 10 Вт/кг;
- температура в момент взрыва может достигать значения 104К и выше, давление — 109 Па;
- скорость разлета продуктов составляет от 1 до 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.

Основные достоинства данного метода заключаются в его универсальности, возможности получения нанопорошков металлов, сплавов, интерметаллидов и химических соединений с неметаллами на одном и том же оборудовании. Также данный метод обладает экологической безопасностью.

Порошки, получаемые электрическим взрывом проводников, обладают сферической формой частиц и являются полидисперсными системами. Для оценки степени дисперсности электровзрывных порошков обычно используют такие характеристики, как среднеповерхностный (d_s), среднечисленный (a_0) и среднемассовый (d_m) диаметры частиц, удельная площадь поверхности ($S_{уд}$), функция распределения частиц по размерам.

Дисперсный состав порошков - это одна из важнейших характеристик, которая определяет технические параметры данных порошков (насыпную плотность, сыпучесть, угол откоса, реакционную способность и др.) и области применения. С повышением дисперсности нанопорошков металлов увеличивается их активность, но при этом снижается содержание металлов в частицах. Получение нанопорошков с размером частиц менее 30 нм является нецелесообразно в связи с их нестабильностью к окислению, спеканию и агломерации. В инертных средах порошки таких размеров спекаются по диффузионному механизму, а в химически активных средах - взаимодействуют с взрывом [16].

С помощью электрических параметров метода ЭВП можно регулировать свойства конечных продуктов: дисперсный, фазовый и химический составы нанопорошков.

ЭВП метод является экологически безопасным: процесс получения нанопорошков проводится в замкнутой камере, технологические выбросы отсутствуют.

1.5 Метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза

Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) — химический процесс, который протекает с выделением тепла (экзотермическая реакция) в автоволновом режиме типа горения и приводящий к образованию твердых продуктов.

Процесс синтеза может осуществляться в системах, имеющих различные агрегатные состояния, такие как смеси порошков, гибридные системы твердое-газ, твердое-жидкость и др.

Метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза заключается в том, что после локального возбуждения реакции взаимодействия в тонком поверхностном слое смеси исходных реагентов, происходит самопроизвольное распространение фронта горения по всей системе из-за теплопередачи от горячих продуктов к холодным исходным веществам, в котором также происходит возбуждение реакции.

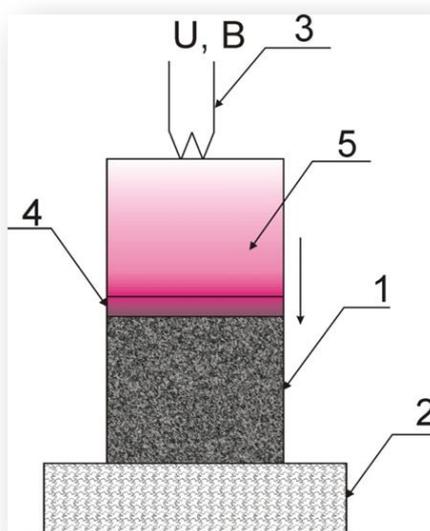


Рисунок 3 - Схема СВС; 1 – образец; 2- теплоизолятор; 3 – электрическая спираль; 4- фронт горения; 5 – зона «догорания» [17]

Различают два процесса синтеза:

1. СВС в режиме послойного горения;
2. СВС в режиме теплового взрыва.

В случае послойного горения во время начала экзотермической реакции в некотором локальном объеме вещества происходит выделение тепла, которое за счет теплопроводности производит нагрев соседних слоев вещества, вызывая в них реакцию, и тем самым обеспечивает перемещение зоны реакции в пространстве. Во случае режима теплового взрыва при

повышении температуры во всем объеме реакционной системы происходит развивающийся во времени саморазогрев, который подобен тепловому взрыву [18].

К основным достоинствам СВС метода относятся:

- Высокие температуры сгорания;
- Процесс синтеза не требует длительных временных затрат;
- Наличие возможности управления процессом;
- Незначительные внешние энергетические затраты;
- Простое оборудование.

1.6 Дисульфид вольфрама допированный наноразмерными

металлами

Введение различных ультрадисперсных порошков металлов, их оксидов и солей - это простой и достаточно эффективный способ, чтобы улучшить триботехнические характеристики пластичных смазочных материалов (ПСМ). Для увеличения ресурса деталей машин и агрегатов, уменьшения энергозатрат и повышения производительности технологических процессов используют металлсодержащие присадки, которые могут улучшить антифрикционные и противоизносные свойства пластичных смазочных материалов. Металлоплакирующие присадки - это металлические порошки, которые могут образовывать пленки на поверхности деталей. К такому виду порошков относится медь.

Пластичный смазочный материал, который наполнен мягким металлом, таким как медь, способен во время работы вдавливать частицы меди в неровности поверхности трения (плакирование), в результате этого происходит увеличение реальной площади контакта, понижение коэффициента трения и износа.

2 Экспериментальная часть

2.1 Получение нанокomпозиционных составов WS₂-Ag и WS₂-Cu

2.1.1 Получение нанопорошка вольфрама методом

электрического взрыва проводников

Для получения нанопорошка вольфрама использовали метод электрического взрыва проводников (ЭВП). Метод ЭВП основывается на подаче мощного импульса тока на проволоку, помещенную между электродами, в результате чего происходит мгновенный разогрев и испарение металла с последующей пассивацией при охлаждении [19]. При электрическом взрыве проводника получаются частицы преимущественно сферической формы. Порошки, полученные методом ЭВП, обладают устойчивостью к окислению и способностью к взаимодействию со многими органическими реагентами при обычных температурах, и высокой активностью в различных гетерогенных процессах при нагревании, что связано с запасом избыточной энергии на поверхности частиц. Данный метод проводился на установках УДП-4Г в лаборатории №12 ИФВТ НИ ТПУ.

2.1.2 Методика получения порошка дисульфида вольфрама,

подготовка нанокomпозиционных составов WS₂-Ag и WS₂-Cu

Нанопорошок вольфрама, который был получен методом ЭВП, использовался для получения дисульфида вольфрама (WS₂) методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.

Для получения дисульфида вольфрама методом СВС смешивался нанопорошок вольфрама с элементарной серой марки ОСЧ в следующем соотношении: 37,1 г нанопорошка вольфрама и 12,9 г порошка элементарной серы.

Такой выбор масс порошков обусловлен реакцией синтеза дисульфида вольфрама и стехиометрическим соотношением компонентов:



Полученная смесь порошков (шихта) массой 50 г прессовалась в цилиндрический образец (таблетку) диаметром 31 мм и высотой 15 мм.

На рисунке 4 представлена схема установки для проведения СВС синтеза.

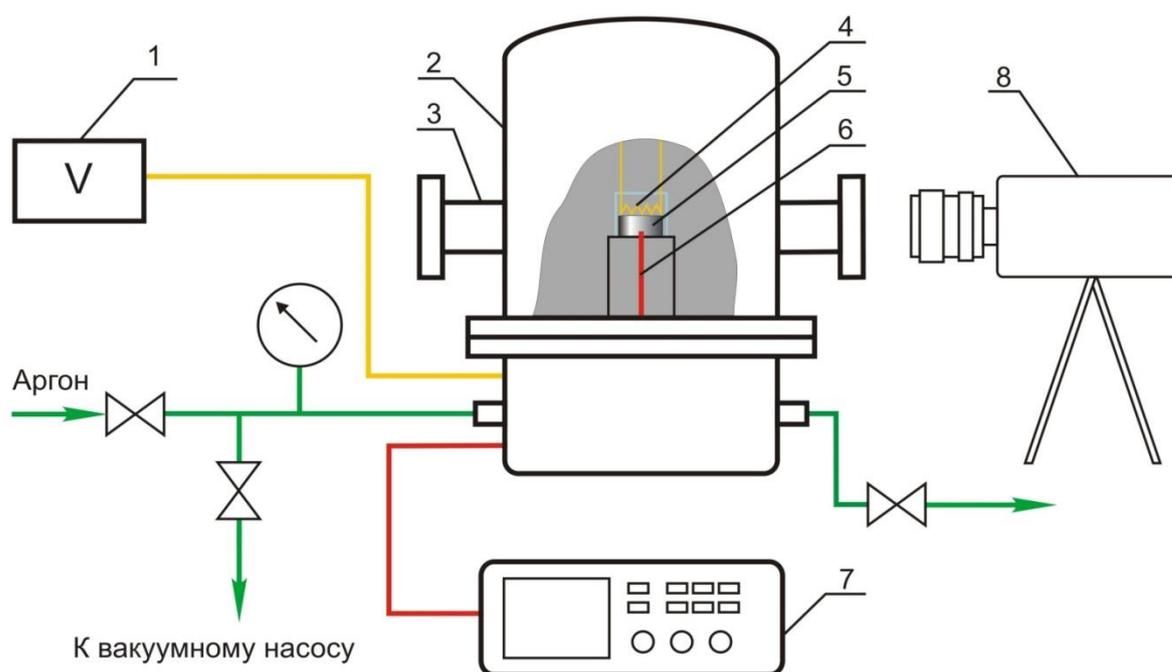


Рисунок 4 – Схема исследовательской установки: 1 – автотрансформатор; 2 – реактор; 3 – смотровое окно; 4 – нагревательная спираль; 5 – образец; 6 – термопара; 7 – осциллограф; 8 – видеокамера [20]

Реактор для синтеза дисульфида вольфрама WS_2 представляет собой герметичную камеру объемом 10 л. Камера снабжена подводом и отводом рабочего газа (аргона), подача которого осуществляется из стандартного газового баллона. Давление рабочего газа составляло 3 МПа. Для того, чтобы предотвратить унос кипящей серы через боковую поверхность образец вкладывали в стеклянную обойму, закрывали крышкой с нагревательной

спиралью и помещали в реактор на специальный держатель. Снизу к таблетке подводилась термопара, изготовленная из проводников вольфрам-рениевых сплавов ВР-5 и ВР-20. Во время эксперимента горячий спай термопары помещался в специальное отверстие диаметром 2 мм, просверленное в образце на глубину 5 мм, а холодные концы подсоединялись к контрольному осциллографу Tektronix TDS 2014В. Визуально инициирование реакции и процесс синтеза дисульфидов контролировался через смотровое окно и регистрировался видеокамерой Fujifilm FinePix HS10.

Для удаления следов серы полученный после синтеза порошок дисульфида вольфрама WS_2 обрабатывался в ацетоне и подвергался диспергированию в ультразвуковой ванне ПСБ-4035-05 в течение 30 минут. После осаждения частиц дисульфида, ацетон отделялся от осадка (декантировался). Полученный дисульфид вольфрама просушивался при комнатной температуре до установления постоянной массы, затем просеивался через сито с размером ячейки 63 мкм.

Для трибологических испытаний были подготовлены навески нанокomпозиционных составов WS_2 -Ag и WS_2 -Cu массой 5 г каждая, состоящие из 4,65 г дисульфида вольфрама и 0,35 г Ag и Cu соответственно.

Также для испытаний были подготовлены консистентные смазочные составы нанокomпозиционных смазок на основе штатных смазок ВНИИ НП-207 и ВНИИ НП 207Е по следующей методике: в ультразвуковой ванне в течение 1 часа диспергировалось 10 г состава, состоящего из 0,5 г WS_2 -Cu и 9,5 г штатных смазок ВНИИ НП-207 и ВНИИ НП-207Е, растворенных в 100 мл гексана (C_6H_{14}), до получения однородной суспензии. Полученные суспензии просушивались в течение 24 часов. После сушки пластичные смазки исследовались на трение и износ.

2. 2 Анализ полученных порошков

2.2.1 Рентгенофазовый анализ

Одним из современных методов определения фазового состава кристаллических тел является метод рентгенофазового анализа (РФА). В основу РФА положено явление дифракции рентгеновских лучей на кристаллической решетке.

Дифракция представляет собой рассеивание волн на периодической решётке рассеивателя при определенных углах падения и длинах волн. Наиболее интенсивное рассеяние наблюдается при выполнении условия Вульфа-Брэгга:

$$2d \sin \theta = n\lambda, \quad (2)$$

где d – межплоскостное расстояние в кристаллической решетке, m ; θ – угол, под которым наблюдается дифракция; n – порядок дифракции; λ – длина волны монохроматических рентгеновских лучей, падающих на кристалл, m [21].

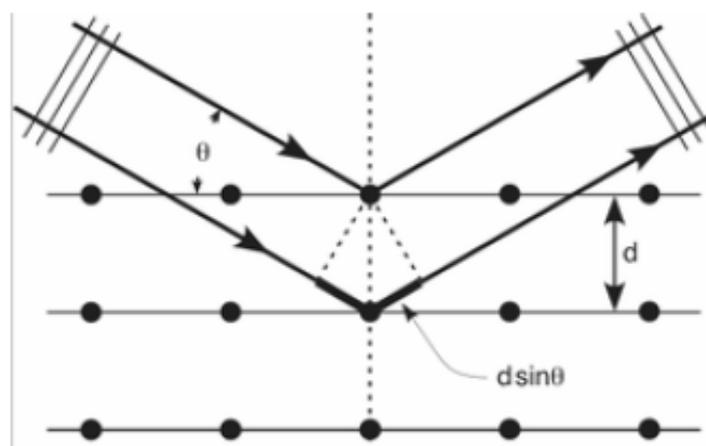


Рисунок 5 - Схема падения (θ) и отражения рентгеновского луча [21]

Определение фазового состава исследуемого порошка производят путем сравнения экспериментального набора значений углов и интенсивности, найденных из рентгеновских спектров, с табличными значениями, которые представлены в картотеке.

В данной работе РФА синтезированного нанопорошка дисульфида вольфрама WS_2 проводился на дифрактометре XRD-7000S (Shimadzu, Япония). Запись рентгенограмм выполнялась с использованием CuK_{α} -излучения в диапазоне углов 2θ от 10 до 120° . Расшифровка проводилась с помощью картотеки ICPDS (International Center for Diffraction Data).

2.2.2 Просвечивающая электронная микроскопия

Морфологию нанопорошка дисульфида вольфрама WS_2 исследовали на просвечивающем электронном микроскопе JEM-2100F (JEOL, Япония).

Просвечивающий электронный микроскоп JEM 2100F имеет разрешение по точкам – $2,3 \text{ \AA}$ и по линиям – $1,4 \text{ \AA}$, максимальное ускоряющее напряжение 200 кВ, прямое увеличение составляет до 1,5 млн. раз. В качестве источника электронов использовался катод LaB_6 . Все измерения проводились при ускоряющем напряжении 200 кВ. Минимальный диаметр электронного пучка в режиме просвета составляет 20 нм, что позволяет в микролучевом режиме получить дифракционную картину с области такого же диаметра. Гониометрический столик позволяет наклонять образец по оси $x \pm 60^\circ$, и по оси $y \pm 25^\circ$. Микроскоп может работать в двух основных режимах: в режиме дифракции и в режиме изображения. В режиме изображения возможны получения светлопольных (СП) и темнопольных (ТП) изображений, с помощью которых проводят морфологический анализ, определяют всевозможные количественные и качественные характеристики элементов структуры. Сопоставление светлопольных и темнопольных изображений дает возможность выявить особенности структуры и при необходимости эти области подвергаются кристаллографическому анализу.

2.3 Термогравиметрический анализ

Термогравиметрия (ТГ) - метод термического анализа, при котором регистрируется изменение массы образца в зависимости от температуры.

Экспериментально получаемая кривая зависимости изменения массы от температуры, называемая термогравиметрической кривой или термограммой, позволяет судить о термостабильности и составе образца в начальном состоянии, о термостабильности и составе веществ, образующихся на промежуточных стадиях процесса и о составе остатка, если таковой имеется.

Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК) позволяет регистрировать тепловой поток, который характеризует происходящие в веществе изменения в результате нагрева или охлаждения. В этом методе образец и эталон нагреваются или охлаждаются с одинаковой скоростью, причем их температуры поддерживаются одинаковыми. Экспериментальные кривые представляют собой зависимость теплового потока от температуры [23].

Термическая стабильность нанокomпозиционных составов WS_2 -Ag и WS_2 -Cu к окислению при нагревании на воздухе исследовалась на термоанализаторе SDT Q-600 при скорости нагрева 10 град/мин.

2.4 Трибологические свойства смазочных материалов

Трибологические свойства твердых и консистентных смазочных материалов на основе полученных WS_2 -Ag и WS_2 -Cu включают в себя смазывающую способность, выраженную коэффициентом трения, и способность противостоять износу трущихся деталей, выраженную через объем удаленного изношенного материала.

Трибологические свойства изучались на оборудовании «Центра исследования свойств материалов» НИ ТПУ.

Измерения коэффициента трения твердых и консистентных смазочных материалов на основе WS_2 -Ag и WS_2 -Cu проводились на

высокотемпературном трибометре PC-Operated High Temperature Tribometer THT-S-AX0000, фирмы «CSEM» (Швейцария), по методике «шар-плоскость». В качестве тел трения использовались диски диаметром 30 мм и высотой 4 мм, материал – сталь 45. Перед трибологическими испытаниями диски обрабатывались на шлифовально-полировальной машине Saphir 320, фирмы «АТА» (Германия). Контртелом служил шар диаметром 3 мм из сплава ВК. Параметры теста на трение приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры теста на трение [24]

Нагрузка, Н	Температура, °С	Линейная скорость, см/с	Длительность, мин
5; 10	25	5	30

Износ тела трения изучался с помощью трехмерного бесконтактного профилометра Micro Measure 3D Station, (STIL, Франция). Расчет величины износа проводился следующим образом: с помощью трехмерного бесконтактного профилометра сканировался участок трека износа размером 1x2 см². При помощи специального программного обеспечения строилась трехмерная модель данного участка. Затем на полученной модели проводились сечения в шести точках, проходящих перпендикулярно треку износа. На полученных сечениях проводилась базовая линия, соответствующая уровню исходной поверхности тела трения, которая представлена на рисунке 6.

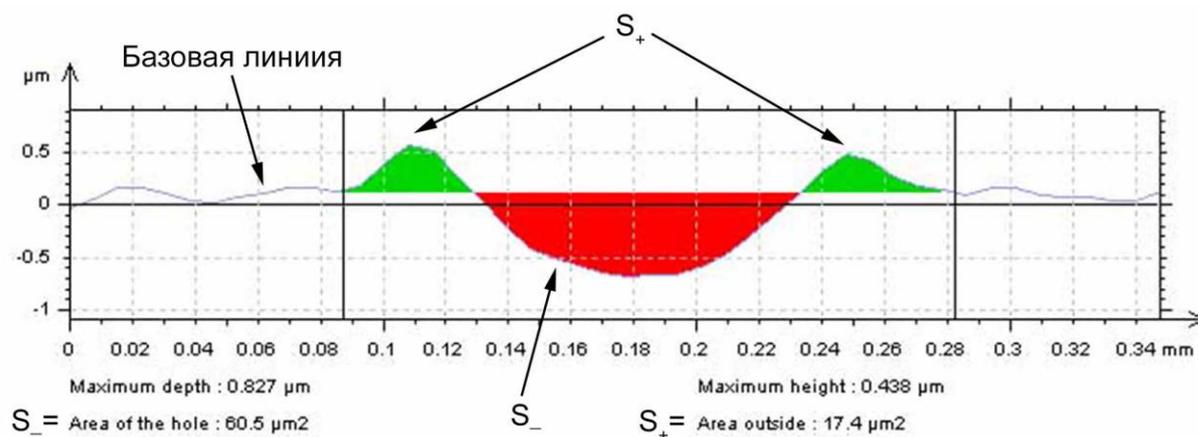


Рисунок 6 – К расчету величины износа тела трения [24]

После обработки изображений с помощью программного обеспечения рассчитывалась площадь поверхностей над и под базовой линией. Величина износа определялась по формуле:

$$V = (S_- - S_+) \cdot \pi D_m, \text{ мкм}^3 \quad (3)$$

где S_+ – сумма площадей над базовой линией, мкм^2 ;

S_- – площадь под базовой линией, мкм^2 ;

D_m – диаметр трека износа, мкм .

Также с помощью профилометра определялась исходная шероховатость поверхности тела трения и дна трека износа [24].

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Б22	Петровичевой Елене Евгеньевне

Институт	Физики Высоких Технологий	Кафедра	Наноматериалов и нанотехнологий
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Научно-исследовательская работа проводится в лаборатории кафедры НМНТ ИФВТ, в работе задействованы 2 человека: руководитель и студент-исполнитель. Приблизительная сумма затрат на выполнение проекта составляет 300 тысяч рублей.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность». Минимальный размер оплаты труда на 2016 год составляет 6675 руб.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления по страховым взносам - 30% от фонда оплаты труда.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИР с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Определение потенциальных потребителей результатов исследования. Определение научно-технической эффективности проекта; SWOT-анализ.</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Определение трудоемкости выполнения работ, разработка графика проведения НИР, расчет материальных затрат НИР.</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Оценка научно-технического уровня НИР.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>График проведения и бюджет НИР (график Ганта);</i>
2. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИР.</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры менеджмента	Грахова Е.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Б22	Петровичева Елена Евгеньевна		

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела является определение перспективности и успешности научно-исследовательской работы.

Достижение цели обеспечивается решением следующих задач:

- оценка коммерческого и инновационного потенциала исследования;
- составление календарного плана и графика работ;
- оценка стоимости материально-технических, человеческих и финансовых ресурсов исследования,
- оценка научно-технического уровня.

4.1 Техничко-экономическое обоснование научно-исследовательской работы

В современной трибологии особое значение придается исследованию эффекта суперсмазочной способности нанодисперсных материалов. Слоистые халькогениды металлов могут использоваться как самостоятельные твердые смазки, быть компонентами композиционных смазочных жидких и консистентных смазок, а также наноситься в качестве антифрикционных покрытий на различные подложки [25].

В данной научно-исследовательской работе проводится эффективный метод получения нанослоистого дисульфида вольфрама – СВС синтезом. Получением данного метода занимается лаборатория 12 Института физики высоких технологий НИ ТПУ кафедры Наноматериалов и нанотехнологий.

4.2 Потенциальные потребители результатов исследования

Целевой рынок. Исследования, применяемые в дипломной работе, а также полученные результаты больше всего будут интересны предприятиям машиностроительной отрасли, расположенные на территории Российской Федерации и зарубежных стран, включающие в себя судостроительные,

автомобильные, самолетостроительные, оборонно-промышленные комплексы.

4.3 SWOT-анализ

SWOT – (Strengths – сильные стороны, Weaknesses – слабые стороны, Opportunities – возможности и Threats – угрозы) - представляет собой комплексный анализ исследования внешней и внутренней среды научно-исследовательской работы. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

SWOT – анализ проекта позволяет оценить факторы и явления, способствующие или препятствующие продвижению проекта на рынок [26].

Для анализа проекта составлена таблица 7.

Сначала описываются сильные и слабые стороны проекта, для выявления возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 7 – SWOT–анализ проекта

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
<p>С1.Методика получения нанослоистого дисульфида вольфрама в данной работе, является более простой и наиболее изученной, относительно других методик;</p> <p>С2. Данная методика является экономически выгодной, ресурсоэффективной;</p> <p>С3.Возможность применения полученного продукта в виде самостоятельной твердой смазки или как компонент композиционных смазочных жидких и консистентных смазок.</p> <p>С4.Методика является перспективной;</p> <p>С5.Наличие квалифицированного руководителя.</p>	<p>В1.Возможность использования на мировом уровне;</p> <p>В2.Использование во многих отраслях;</p> <p>В3.Адаптация метода под иностранные языки.</p>
Слабые стороны	Угрозы внешней среды
<p>Сл1.Применение смазок с более лучшим составом;</p> <p>Сл2.Возможность появления нового метода получения смазочных составов на основе WS₂;</p> <p>Сл3.Отсутствие квалифицированных работников для применения концепции в различных отраслях.</p>	<p>У1.Отсутствие спроса на новую продукцию;</p> <p>У2.Заккрытие машиностроительных предприятий на территории РФ.</p>

По полученным данным можно сделать следующие выводы, что возможности, совместно с сильными сторонами, благоприятствуют развитию спроса на исследованный продукт. Возможные угрозы: Отсутствие квалифицированных работников, разработка наиболее выгодных смазочных составов.

4.4 Разделение научно-исследовательской работы на этапы

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 8.

Таблица 8 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, студент-исполнитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, студент-исполнитель
	3	Выбор материала для проведения эксперимента	Студент-исполнитель
	4	Календарное планирование работ	Руководитель, студент-исполнитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование проведения эксперимента по получению нанослоистого дисульфида вольфрама – WS_2	Руководитель, студент-исполнитель
	6	Поиск необходимого оборудования	Руководитель, студент-исполнитель
	7	Проведение эксперимента	Руководитель, студент-исполнитель
Обобщение и оценка результатов	8	Обработка и анализ полученных результатов, выводы	Студент-исполнитель
	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, студент-исполнитель
Оформление отчета	10	Составление пояснительной записки	Студент-исполнитель

4.5 Определение трудоемкости работ

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (4)$$

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

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

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

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

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используется формула:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i}, \quad (5)$$

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

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

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

Для удобства построения календарного план-графика, длительность каждого из этапов из рабочих дней переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (6)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения одной работы, календарных днях;
 T_{pi} – продолжительность одной работы в рабочих днях;
 $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (7)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;
 $T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;
 $T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 109 - 16} = 1,49 \approx 2$$

тогда длительность этапов в рабочих днях, следует учесть, что расчетную величину продолжительности работ T_k нужно округлить до целых чисел [27].

4.6 Техническая готовность темы

Определение технической готовности темы позволяет дипломнику точно знать, на каком уровне выполнения находится определенный этап или работа. Показатель технической готовности темы характеризует отношение продолжительности работ, выполненных на момент исчисления этого показателя, к общей запланированной продолжительности работ, при этом следует учесть, что период дипломного проектирования составляет примерно 6 месяцев, дипломник выступает в качестве основного исполнителя.

Для начала следует определить удельное значение каждой работы в общей продолжительности работ:

$$Y_i = \frac{T_{pi}}{T_p} \cdot 100\%, \quad (8)$$

где Y_i – удельное значение каждой работы в %;

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

T_p – суммарная продолжительность темы, раб.дн.

Тогда техническую готовность темы Γ_i , можно рассчитать по формуле:

$$\Gamma_i = \frac{\sum_{i=1} T_{pi}}{T_p} \cdot 100\%, \quad (9)$$

где $\sum T_{pi}$ – нарастающая продолжительность на момент выполнения i -той работы [27].

Результаты расчетов приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Временные показатели проведения НИР

№ работы	Исполнители	Продолжительность работ				
		tmin, чел.-дн.	tmax, чел.-дн.	тож, чел.дн.	Тр, раб.дн.	Тк, кал.дн.
1	Руководитель, студент-исполнитель	1	4	2	1	2
2	Руководитель, студент-исполнитель	14	38	25	25	32
3	Студент-исполнитель	5	14	9	6	8
4	Руководитель, студент-исполнитель	3	15	6	5	7
5	Руководитель, студент-исполнитель	10	25	18	10	13
6	Руководитель, студент-исполнитель	4	15	8	6	10
7	Руководитель, студент-исполнитель	5	15	9	7	12
8	Студент-исполнитель	1	9	4	3	5
9	Руководитель, студент-исполнитель	2	13	8	2	8
10	Студент-исполнитель	3	5	4	3	5
Итого						102

4.7 Построение графика работ

Наиболее удобным и наглядным видом календарного плана работ является построение ленточного графика проведения НИР в форме диаграмм Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ [28].

На основе таблицы 9 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательской работы на основе таблицы 10 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 10 – Календарный план проведения НИР

Этапы	Вид работы	Исполнители	T _k	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, студент-исполнитель	2					
2	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, студент-исполнитель	32					
3	Выбор материала для проведения эксперимента	Руководитель, студент-исполнитель	8					
4	Календарное планирование работ	Руководитель, студент-исполнитель	7					
5	Планирование проведения эксперимента по получению нанослоистого дисульфида вольфрама – WS ₂	Руководитель, студент-исполнитель	13					
6	Поиск необходимого оборудования	Руководитель, студент-исполнитель	10					
7	Проведение эксперимента	Руководитель, студент-исполнитель	12					
8	Обработка и анализ полученных результатов, выводы	Студент-исполнитель	5					
9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, студент-исполнитель	8					
10	Составление пояснительной записки	Студент-исполнитель	5					

- руководитель, - студент-исполнитель.

Составлен план научно-исследовательской работы, в котором разработан календарный план. Общее содержание работ для проведения

исследования составило 10 позиций. Для построения таблицы временных показателей проведения НИР был рассчитан коэффициент календарности. С помощью данных показателей был разработан календарный - план график проведения НИР по теме. Для иллюстрации календарного плана была использована диаграмма Ганта, что указывает на целесообразность проведения данного исследования.

4.8 Бюджет научно-технического исследования (НИР)

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

- материальные затраты НИР;
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- накладные расходы научно-исследовательской работы (НИР).

4.8.1 Расчет материальных затрат НИР

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретение со стороны сырья и материалов, необходимых для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемые на другие производственные и хозяйственные;

- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований и для эксплуатации технического обслуживания – объектов испытаний;

В материальные затраты, помимо вышеуказанных, включаются дополнительно затраты на канцелярские принадлежности, диски, картриджи и т.п. В первом случае на них определяются соответствующие нормы расхода от установленной базы. Во втором случае их величина учитывается как некая доля в коэффициенте накладных расходов.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) + \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (10)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, m^2 и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./ m^2 и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 11.

Таблица 11 – Материальные затраты на НИР (руб)

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Порошок WS ₂	кг	1	6000	6000
Порошок Cu	кг	1	2000	2000
Порошок Ag	кг	1	4000	4000
Порошок серы (ОСЧ)	кг	1	100	100
Итого				12100

Из затрат на материальные ресурсы, включаемых в себестоимость продукции, исключается стоимость возвратных отходов.

4.8.2. Основная заработная плата исполнителей НИР

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

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

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (11)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

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

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (12)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, р. дней (таблица 2);

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (13)$$

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, р. дней (таблица 12).

Таблица 12 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:		
- выходные дни	102	54
- праздничные дни	16	12
Потери рабочего времени:		
- отпуск	28	28
- невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	220	272

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (14)$$

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

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

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20% от $Z_{\text{тс}}$);

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

Тарифная заработная плата $Z_{\text{тс}}$ находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{ci} = 600$ руб. на тарифный коэффициент $k_{\text{т}}$ и учитывается по единой для бюджетных организаций тарифной сетке. Расчет основной заработной платы приведен в **таблице 6**.

Таблица 13 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	k_T	$Z_{ТС}$, руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_M , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	13	9,3	5580	0,3	0,4	1,3	12332	631	45	34074
Студент	1	1,2	720	0,3	0,4	1,3	1591	81	34	3305
Итого $Z_{осн}$										37379

Основная заработная плата руководителей рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда, которая предполагает состав заработной платы:

- 1) Оклад – определяется предприятием. Оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, старший преподаватель, доцент, профессор.
- 2) Стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд и т.д.
- 3) Иные выплаты; районный коэффициент.

4.8.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

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

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (15)$$

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

$$Z_{допр1} = 34074 \cdot 0,15 = 5111 \text{ руб};$$

$$Z_{допст} = 3305 \cdot 0,15 = 496 \text{ руб};$$

$$Z_{доп} = 5111 + 496 = 5607 \text{ руб}.$$

4.8.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые

отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (16)$$

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

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (таблица 14).

Таблица 14 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды
Руководитель	34074	5111	10580
Студент	3305	496	1026
		Итого	11606

4.8.5 Накладные расходы

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

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{пр}, \quad (17)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов в размере 16%.

$$Z_{\text{накл}} = (12100 + 37379 + 5607 + 11606) \cdot 0,16 = 10680 \text{ руб.}$$

4.8.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательской работы

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основной для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции. Определение бюджета затрат на научно-исследовательскую работу по каждому варианту исполнения приведено в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет бюджета затрат НИР

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НИР	12100	Пункт 4.6.1
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей проекта	37379	Пункт 4.6.2
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	5607	Пункт 4.6.3
4. Отчисления во внебюджетные фонды	11606	Пункт 4.6.4
5. Накладные расходы	10680	16% от суммы ст. 1-4
6. Бюджет затрат НИР	77372	Сумма ст. 1-5

Расчет произведен с учетом работы в 1 месяц. Общая продолжительность исследования (экспериментальная часть) составляет 102 дня (3 месяца). Согласно смете затрат на проектирование, наибольшие затраты идут на основную заработную плату научно-производственного персонала и материальные затраты в 1 рабочий месяц составляет 77372 рублей. Затраты на весь период выполнения научно-исследовательской работы составят 270802 рублей.

4.9 Оценка научно-технического уровня НИР

Важнейшим результатом проведения НИР является его научно-технический уровень, который характеризует, в какой мере выполнены

работы и обеспечивается ли научно-технический прогресс в данной области. В последнее время для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности, планируемых и выполняемых НИР, получил распространение метод бальных оценок. Бальная оценка заключается в том, что каждому фактору по принятой шкале присваивается определенное количество баллов. Обобщенную оценку проводят по сумме баллов по всем показателям или рассчитывают по формуле. На этой основе делается вывод о целесообразности НИР. Сущность метода заключается в том, что на основе оценок признаков работы определяется коэффициент ее научно-технического уровня по формуле [4]:

$$H_T = \sum_{i=1}^3 R_i \cdot n_i \quad (18)$$

где H_T — показатель, определенный по трем признакам;

R_i — весовой коэффициент i -го признака научно-технического эффекта; n_i — количественная оценка i -го признака научно-технического эффекта, в баллах (таблицы 16, 17).

Таблица 16 – Весовые коэффициенты признаков НТУ

Признак НТУ	Примерное значение весового коэффициента
1. Уровень новизны	0,3
2. Теоретический уровень	0,3
3. Возможность реализации	0,4

Таблица 17 – Баллы для оценки уровня новизны

Уровень новизны	Характеристика уровня новизны	Баллы
Принципиально новая	Новое направление в науке и технике, новые факты и закономерности, новая теория, способ	8-10
Новая	По-новому объясняются те же факты, закономерности, новые понятия, дополняют ранее полученные результаты	6-8
Относительно новая	Систематизируются, обобщаются имеющиеся сведения, новые связи между известными факторами	2-4
Не обладает новизной	Результат, который ранее был известен	0

Таблица 18 – Баллы значимости теоретических уровней

Теоретический уровень полученных результатов	Баллы
1. Установка закона, разработка новой теории	10
2. Глубокая разработка проблемы, многоспектральный анализ, взаимодействия между факторами с наличием объяснений	8
3. Разработка способа (алгоритм, программа и т. д.)	6
4. Элементарный анализ связей между фактами (наличие гипотезы, объяснения версии, практических рекомендаций)	2
5. Описание отдельных элементарных факторов, изложение наблюдений, опыта, результатов измерений	0,5

Результаты оценок признаков отображены в таблице 19.

Таблица 19 – Количественная оценка признаков НИОКР

Признак научно-технического эффекта НИР	Характеристика признака НИОКР	K_i	P_i
1. Уровень новизны	По-новому объясняются те же факты, закономерности, новые понятия	0,3	7
2. Теоретический уровень	Разработка способа (алгоритм, программа мероприятий, устройство, вещество и т.п.)	0,3	8
3. Возможность реализации	Время реализации в течение первых лет	0,2	7
4. Масштабы реализации	Одно или несколько предприятий	0,2	6

Используя исходные данные по основным признакам научно-технической эффективности, определяем показатель научно - технического уровня:

$$H_T = 0.3 \cdot 7 + 0.3 \cdot 8 + 0.2 \cdot (7 + 6) = 7,1$$

Таблица 20 – Оценка уровня научно-технического эффекта

Уровень НТУ	Показатель НТУ
Низкий	1 - 4
Средний	4 - 7
Сравнительно высокий	7 - 10
Высокий	10 - 13

Таким образом, данная НИР имеет сравнительно высокий уровень НТУ, равный 7,1.

В ходе разработки данной главы выпускной квалификационной работы были решены следующие задачи:

Из оценки НТУ показателя выполнения НИР можно сделать вывод о том, что данная научно-исследовательская работа соответствует высокому уровню ресурсоэффективности.

SWOT-анализ научно-исследовательской работы выявил сильные и слабые стороны НИР. Исследование имеет ряд значительных преимуществ, угрозы для выполнения исследования не ставят под угрозу возможность его реализации. При планировании исследования была построена диаграмма Ганта, которая позволяет скоординировать работу исполнителей в ходе выполнения исследования.

Составлен план НИР, в котором разработан календарный план. Общее содержание работ для проведения исследования составило 10 позиций. Для построения таблицы временных показателей проведения НИР был рассчитан коэффициент календарности. С помощью данных показателей был разработан календарный - план график проведения НИР по теме. В целом время проведения научно-исследовательской работы составил 102 дня.

Рассчитан бюджет НИР. Как видно из проведенного анализа общая стоимость настоящей работы 270802 рублей.

Данная НИР является также экономически обоснованным и будет интересно машиностроительным, судостроительным, авиастроительным и прочим предприятиям. Также интерес к данной работе, возможно, будет актуален для Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ).

