

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

---

Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки: *Материаловедение и технологии материалов*

Отделение материаловедения

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Исследование структуры и свойств псевдосплавов Al - ZrW<sub>2</sub>O<sub>8</sub></b> УДК 669.718.4.018.9

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Б41	Саенко Антонина		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
м. н. с. ИФПМ СО РАН	Дедова Е.С.	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ШИП	Гаврикова Н.А.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОКД ИШНКБ	Раденков Т.А.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
22.03.01 Материаловедение и технологии материалов	Овечкин Б.Б.	к.т.н., доцент		

*Планируемые результаты обучения по ООП 22.03.01*

Код результата	Результат обучения
	<i>Общекультурные компетенции</i>
P1	Способность применять основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социально-общественных и профессиональных задач, способность анализировать социально-значимые проблемы и процессы. Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке.
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий.
P3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.
P4	Способность эффективно работать в кооперации с коллегами, находить организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях и готовность нести за них ответственность, владеть основами общего и производственного менеджмента и использовать их в профессиональной деятельности.
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, использовать методы и приемы организации труда, обеспечивающие эффективное, экологически и технически безопасное производство.
	<i>Профессиональные компетенции</i>
P6	Умение использовать базовые знания математических и естественнонаучных дисциплин и дисциплин общепрофессионального цикла в объеме, необходимом для использования в профессиональной деятельности основных законов соответствующих наук, разработанных в них подходов, методов и результатов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в машиностроении.
P7	Умение использовать традиционные и новые технологические процессы, операции, оборудование, нормативные и методические материалы по технологической подготовке производства, качеству, стандартизации и сертификации изделий и процессов, умение выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения.
P8	Умение применять основы высокотехнологичного инновационного менеджмента, в том числе малого бизнеса, владеть навыками в организации и техническом оснащении рабочих мест; разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, оценке рисков и определении мер по обеспечению экологической и технической безопасности разрабатываемых материалов, техники и технологий.
P9	Умение использовать принципы и методики комплексных исследований, испытаний и диагностики, обработки и модификации материалов, изделий и процессов их производства, включая стандартные и сертификационные испытания; умение применять технические средства для измерения и контроля основных параметров технологических процессов, свойств материалов и изделий из них.
P10	Умение применять современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности в области материаловедения и технологии материалов.
P11	Умение использовать на практике современные представления наук о материалах, взаимодействии материалов с окружающей средой, владение навыками сбора данных, изучения, анализа и обобщения научно-технической информации по тематике исследования, разработки и использования технической документации, основных нормативных документов по вопросам интеллектуальной собственности, подготовки документов к патентованию, оформлению ноу-хау.
P12	Способность комплексно оценивать и прогнозировать тенденции и последствия развития науки о материалах, на основании комплексной оценки формулировать научно-техническую проблему в области изготовления, диагностики и применения наноматериалов. Знание внутри- и междисциплинарных связей в сфере профессиональной деятельности.

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

---

Инженерная школа новых производственных технологий

Отделение материаловедения

Направление подготовки: *Материаловедение и технологии материалов*

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
Б.Б. Овечкин

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Б41	Саенко Антонины

Тема работы:

**Исследование структуры и свойств псевдосплавов Al - ZrW<sub>2</sub>O<sub>8</sub>**

Утверждена приказом директора ИШ НПТ

Приказ № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

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.).*

*Объектом исследования является псевдосплав на основе Al – ZrW<sub>2</sub>O<sub>8</sub>. Исследуются структура и механические свойства псевдосплавов. Рассмотрены вопросы социальной ответственности, проведен экономический анализ эффективности материала.*

<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>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Аналитический обзор по теме исследования</li> <li>2. Исследование структуры псевдосплава Al – ZrW<sub>2</sub>O<sub>8</sub></li> <li>3. Изучение механических свойств псевдосплавов</li> <li>4. Заключение по работе</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**  
*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент...	Гаврикова Н.А., старший преподаватель ШИП, НИ ТПУ
Социальная ответственность	Раденков Т.А., ассистент ОКД ИШНКБ, НИ ТПУ

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

1. Обзор литературы (русский язык)
2. Объект и методы исследования (русский язык)
3. Результаты исследования (русский язык)
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение (русский язык)
5. Социальная ответственность (русский язык)

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
м. н. с. ИФПМ СО РАН	Дедова Е.С.	к.т.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Б41	Саенко Антонина		

## РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа изложена на 64 страницах, содержит 12 рисунков, 20 таблиц, 22 литературных источника.

Ключевые слова: вольфрамат циркония, отрицательный коэффициент теплового расширения, алюминий, псевдосплавы.

Целью данной работы является: исследование структуры и свойств псевдосплавов Al -  $ZrW_2O_8$ .

В настоящей работе были проведены исследования фазового состава, параметров кристаллической структуры, механических свойств псевдосплавов Al –  $ZrW_2O_8$ .

В результате работы показана эффективность применения керамических частиц вольфрамата циркония в качестве упрочняющей фазы металлических материалов. Введение  $ZrW_2O_8$  способствовало росту предела прочности на сжатие и микротвердости Al –  $ZrW_2O_8$  по сравнению с аналогичными свойствами алюминия.

## Обозначения и сокращения

КМ - композиционный материал

КТР - коэффициент термического расширения

САП - спеченный алюминиевый порошок

Al – алюминий

ZrW<sub>2</sub>O<sub>8</sub> – вольфрамат циркония

## Оглавление

Введение.....	8
<b>1.</b> Литературный обзор .....	10
1.1. Способы упрочнения алюминия .....	10
1.2. Композиционные материалы на основе алюминия, полученные порошковой металлургией .....	15
1.3. Область применения алюминия и материалов на его основе .....	18
<b>2.</b> Объекты и методы исследования .....	21
<b>3.</b> Исследование структуры и свойств псевдосплавов Al – ZrW <sub>2</sub> O <sub>8</sub> .....	23
<b>4.</b> Финансовый менеджмент, ресурсосбережение и ресурсоэффективность	30
<b>5.</b> Социальная ответственность .....	45
<b>6.</b> Заключение .....	61
Список использованной литературы .....	62

## Введение

Развитие современной техники, науки и промышленности невозможно без создания материалов нового класса, обладающих улучшенными эксплуатационными и физико-механическими свойствами. Возможным решением повышения механических характеристик является введение в металлическую матрицу керамических частиц, обладающих уникальным тепловым поведением, а именно отрицательным значением коэффициента термического расширения (КТР). В этом случае вводимая добавка будет выступать как в качестве упрочняющей фазы, так и в качестве компенсатора теплового расширения металла. Упрочнение будет достигаться за счет формирования напряженного состояния на границе раздела фаз матрица – наполнитель вследствие различных значений КТР соседствующих фаз. Поля напряжений будут препятствовать распространению дефектов в материале, что приведет к росту прочности изделий.

В качестве наполнителя перспективно использовать вольфрамат циркония, обладающий отрицательным значением КТР ( $\alpha = -9 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ) в широком температурном интервале от  $-273$  до  $770 \text{ } ^\circ\text{C}$  [1, 2].

Алюминиевые композиты, дисперсно – упрочненные наноразмерными керамическими частицами  $\text{ZrW}_2\text{O}_8$ , могут выступить в качестве материала для создания электрических проводов нового поколения, обладающие рядом преимуществ по сравнению с традиционными материалами, используемыми в настоящее время, в том числе повышенную прочность, прецизионность, высокую электропроводность.

Целью данной работы является исследование структуры и механических свойств псевдосплавов  $\text{Al} - \text{ZrW}_2\text{O}_8$ . Для успешного осуществления поставленной цели следует рассмотреть следующие задачи:

1. Изучение структуры и фазового состава псевдосплавов  $\text{Al} - \text{ZrW}_2\text{O}_8$
2. Проведение механических испытаний псевдосплавов  $\text{Al} - \text{ZrW}_2\text{O}_8$

3. Определение влияния вольфрамата циркония на фазовый состав и свойства псевдосплавов

## **1. Литературный обзор**

### **1.1. Способы упрочнения алюминия**

Цветные металлы и их сплавы обладают особыми свойствами, такими как: химическими, физическими, механическими (высокая тепло- и электропроводность, стойкость коррозионному разрушению и др.), благодаря таким свойствам эти материалы имеют незаменимое место в ряде областей машиностроения. Сочетание низкого коэффициента трения с высокой коррозионной стойкостью, а также электропроводность, оказывают предпочтение в выборе цветных металлов.

Цветной металл - алюминий занимает второе место после железа по объему производства. Алюминий и сплавы на его основе имеют большой спрос в промышленности за счет таких качеств, как большая удельная прочность, хороший показатель коррозионной стойкости и весьма легкой способности механической обработке [3].

Алюминий (99, 8%) имеет предел текучести менее 20 МПа и относительное удлинение выше 40%. Однако, чтобы использовать именно чистый алюминий в качестве конструкционного материала необходимо повысить его прочностные характеристики.

#### **Пластическая деформация алюминия**

Алюминий имеет гранцентрированную кубическую кристаллическую атомную решетку, параметр которой равен 4,050 Å. Основным двигателем пластической деформации является существование дислокаций - линейные дефекты в атомной решетке металлов. Механизм движения дислокаций показан на рисунке 1.

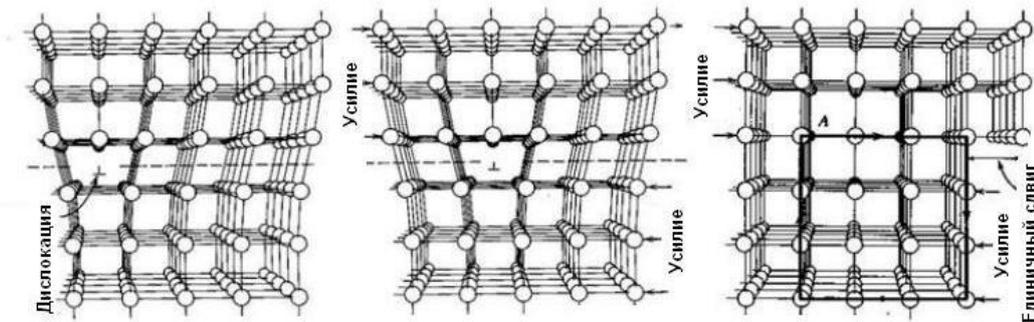


Рисунок 1- Пластическая деформация путем движения дислокации в кристаллической решетке пластичного металла

Сущность упрочнения алюминия заключается в том, что в кристаллическую решетку различными методами вводится материал - «тормоз» для движения дислокаций.

Эффективными методами для упрочнения алюминия являются:

- деформационное упрочнение (наклеп, нагартовка);
- упрочнение в результате, которого образуется твердый раствор легирующего элемента (закалка);
- упрочнение с выделением вторичных фаз (старение алюминия).

#### Деформационное упрочнение

Дислокации в кристаллической решетке движутся так называемым плоскостям скольжения, которые в свою очередь представляют собой наиболее плотноупакованные плоскости решетки. В алюминии находится 12 систем скольжения, так как решетка имеет четыре эквивалентных плоскости и каждая имеет по три направления скольжения. Обычно активными системами скольжения являются несколько систем, поэтому при деформации алюминия происходит постоянное взаимодействие дислокаций разных плоскостей скольжения. Что является следствием для формирования плотных клубков дислокаций, которые выступают в роли препятствия для дальнейшего движения дислокаций. Вблизи этих клубков дислокаций возникают места локальных напряжений. Такой метод работает для металлических сплавов, подвергающихся пластической деформации.

Для качественного определения влияния препятствий движений дислокаций на величину предела текучести используется уравнение Холла – Петча:

$$\sigma_T = \sigma + K * d, \quad (1)$$

где  $\sigma$ - напряжение необходимое для движения дислокации,  $K$ - коэффициент, показывающий прочность блокирования границами зерен дислокации,  $d$ -размер зерна.

Эффективным способом повышения прочности алюминиевых сплавов, которые не поддаются термическому упрочнению, является деформационное упрочнение с помощью холодной прокатки, растяжения или волочения.

На рисунке 2 показаны кривые деформационного упрочнения (холодной прокатки) для отожженных алюминиевых листов разной маркировки [4]. При увеличении прочности алюминиевых сплавов уменьшаются показатели пластичности, измеряемые в процентах относительного удлинения при испытании на растяжение.

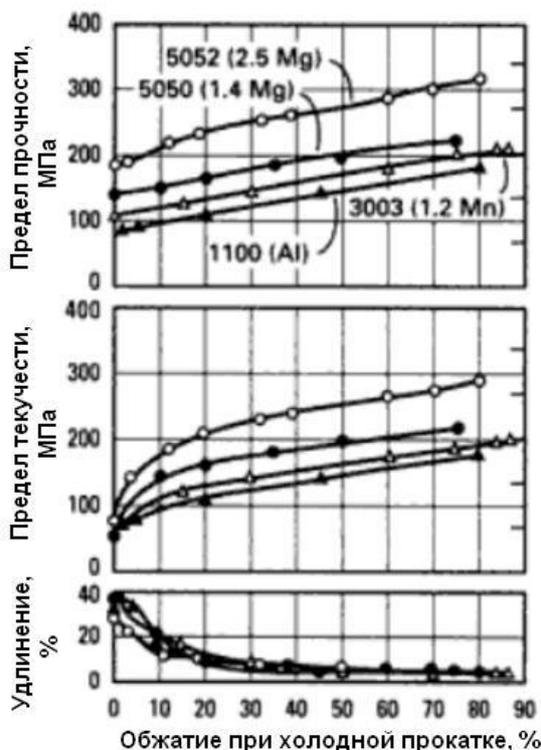


Рисунок 2- Кривые деформационного упрочнения алюминия

Упрочнение путем образования твердого раствора

### (растворное упрочнение)

Расположение и добавление легирующих элементов в решетке металла оказывает большое влияние на свойства сплава. Атомы легирующих элементов, добавленные в кристаллическую решетку алюминия, искажают решетку путем образования растворов замещения. Из-за разницы в размерах атомов легируемого элемента и алюминия входящих в твердый раствор, изменяются силы межатомного взаимодействия, в результате образуются участки с упругодеформированным состоянием, которые представляют собой препятствия движения дислокаций.

Важным критерием является размер атома легирующего элемента, чем больше разница в размерах с атомами алюминия, тем появляется больше искажение кристаллической решетки, а в результате создается большее упрочнение при этом. Но за счет легирования твердого раствора достигается небольшие искажения в кристаллической решетке, в результате повышение прочности составляет 10-30% от значения прочности основного металла, а показатель пластичности остается практически неизменно высоким. Растворимость легирующих элементов в алюминии варьируется в зависимости от температуры, а значит, упрочнение в нем можно менять с помощью термической обработки.

### Упрочнение термической обработкой

Популярными видами термической обработки для алюминиевых сплавов по классификации А.А. Бочвара [5] являются закалка (III) и отпуск (IV). По определению А. А. Бочвара: «Вид термической обработки, приводящий к фиксации состояний, необычных для низких температур и являющихся либо переохлажденным состоянием свойственным высоким температурам, либо промежуточным неустойчивым состоянием, называется закалкой. Вид термической обработки, основанный на процессах распада зафиксированного закалкой состояния сплава, называется отпуском или старением».

Высокотемпературная выдержка после закалки способствует

выполнению процессов:

- растворению избытка неравновесных фаз;
- избавлению от дендритной неоднородности;
- распаду перенасыщенных твердых растворов, полученных в результате быстрого охлаждения отливок. Перенасыщенные растворы образуются в сплавах с содержанием алюминидов, которые образуются с добавлением легирующих элементов, как (Mn, Cr, Sc);
- уменьшению морфологии кристаллических фаз;
- образованию вторичной пористости.

Повышение пластических свойств в диапазоне высоких и нормальных температурах связано с изменением структуры, вызванное растворением неравновесных фаз, коагуляцией и изменением состояния равновесных фаз.

#### Дисперсионное упрочнение

Дисперсионное упрочнение осуществляется за счет дисперсных частиц в результате термической обработки. Дисперсные частицы тормозят движение дислокаций в кристаллической решетке, поэтому важными параметрами являются размеры частиц, их объемная концентрация и расстояние между ними. Для более результативного упрочнения необходимо, чтобы размер частиц упрочняющей фазы составлял 0,01 - 0,05 мкм, а расстояние между частицами было в диапазоне 0,1 - 0,5 мкм. Длительная выдержка в высокотемпературном диапазоне приводит к коагуляции частиц, что в свою очередь приводит к снижению прочности и повышенной пластичности материала.

## **1.2. Композиционные материалы на основе алюминия, полученные порошковой металлургией**

На сегодняшний день продвижение технического прогресса можно связать с активной разработкой и широким применением различных конструкционных материалов. Синтезируются новые материалы с улучшенными свойствами и характеристиками, которые дают возможности для решения реализации новых конструкционных задач и технологических процессов.

Композиционными материалами (КМ) называют многокомпонентные материалы, в составе которых присутствует матрица и армированный наполнитель, обладающие различными свойствами и являются нерастворимыми или малорастворимыми друг в друге, разделение в материале четко выражены границей. Матрица служит основой для конструкционного материала, придает форму готовому изделию, оказывает влияние на формирование свойств КМ, выступает в качестве защитника от механических повреждений для наполнителя.

Композиты на основе алюминия называются спеченными алюминиевыми порошками (САП), которые состоят из чистого алюминия и чешуек оксида алюминия ( $Al_2O_3$ ) до 18% . В таблице 1 приведены механические свойства САП [6], которые характеризуются высокими жаропрочностью, прочностью, коррозионной стойкостью, а также стабильностью термических свойств. Свойства САП зависят от содержания оксида алюминия в составе материала, с увеличением окиси повышаются твердость, жаропрочность, прочность, но уменьшается пластичность.

Таблица 1-Механические свойства САП

Материал	Содержание Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,%	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ ,%
САП-1	6-8	300	220	7
САП-2	9-12	350	280	5
САП-3	13-17	400	320	3
САП-4	18-22	450	370	1,5

В работе [7] изучены процессы жидкофазного спекания и фазовый состав композиционного материала на основе порошков алюминия АСД-1 и ПА-4 с добавлением ультрадисперсного порошка хрома в количественных долях от 2,5- 20%. В ходе исследований выявлены следующие технологические факторы:

В системе Al – Cr получают два вида материалов: при массовом содержании 15% хрома - материал, пористость которого составляет 60%. При добавлении 10% Cr - плотный материал ( $\sigma_{сж}$  -  $220 \pm 25$  МПа,  $\sigma_p$  -  $32 \pm 3$  Мпа, HV - 65 МПа). Возрастание прочности и твердости системы связано с увеличением интерметаллидной составляющей включительно до добавления 10% хрома, дальнейшее понижение этих показателей связано с ростом пористости сплавов, а также с уменьшением объемной доли спокойного алюминия.

Разработан способ введения металлизированных частиц в алюминиевые сплавы путем инъекции высокотемпературным инертным газом, что повышает степень усвоения части до 90-95% [8]. Данный метод позволяет вводить в сплав АК12 металлизированный молибденом дисперсный порошок графита размером частиц 63-100 Мкм, что дает возможность снижать коэффициент трения в контакте со сталью до 0,25.

В источнике [9] представлены технологические варианты для создания КМ состоящих из керметной матрицы Al/A1203 с добавлением различных наполнителей.

При введении в керметную матрицу порошка электрокорунда с

размером частиц 0,08-0,1 мм создан абразивный КМ с плотностью 2,6 г/см<sup>3</sup>, прочностью на изгиб 40 МПа и пористостью 15-20%.

Более перспективным упрочнением керметной матрицы А1/ А1203 является использование стального троса, при его содержании в 8% получают КМ с плотностью 2,5 г/см<sup>3</sup> (в 1,8 раза меньше плотности титановых сплавов).

Авторами [10] разработаны композиционные материалы на основе алюминиевой матрицы с добавлением углеродных наноструктур. При использовании упрочняющего наполнителя в виде фуллеренов С60 и графита проявляется уменьшение коэффициента трения на 30%, а коэффициента износа на 45%.

А также при использовании стеариновой кислоты в роли ПАВ в структуре КМ уменьшается размер кристаллитов на 15-20%, а размер агрегатов 20-30%, что повышает условный предел текучести при сжатии на 35% и увеличение микротвердости на 30%.

### 1.3. Область применения алюминия и материалов на его основе

В настоящее время техническая керамика имеет большое применение в различных областях промышленности, таких как электротехника, ядерная энергетика, радиотехника, металлургия и машиностроение.

Востребованными и перспективными керамическими материалами для современной техники являются кордиерит ( $2\text{MgO}\cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 5\text{SiO}_2$ ), алюмомагнезиальная шпинель ( $\text{MgO}\cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ). Эти материалы представляют значительный интерес для получения на их основе электроизоляционной и термостойкой керамики [11].

Алюмооксидная керамика широко востребована в различных областях техники за счет своих свойств: высокой механической прочности, твердости, химической стойкости, теплопроводности и т.д. Большое применение алюмооксидная бронекерамика нашла в создании бронезащиты для военной и авиационной техники, а также для создания бронежилетов с целью обеспечения безопасности [12]. Сравнительные характеристики бронекерамики на основе алюмооксидной керамики приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительные характеристики бронекерамики

Характеристика	Теоретические значения	Полученные данные
$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$\geq 3,83$	3,84
$H_u$ , ГПа	15	15,9
$\sigma_{из}$ , МПа	$\geq 290$	319
Трещиностойкость, МПа·м <sup>0,5</sup>	$\geq 3,2$	4,8

Применение в машиностроении в качестве - деталей газовых турбин, энергетике в качестве оболочек сверхпроводящих кабелей, а также тепловыделяющих элементов энергетических реакторов; использование в приборостроении в виде аппаратов высокого давления, во всех сферах

используются сплавы алюминия легированные углеродными нанотрубками [13].

Высокопрочные алюминиевые сплавы Al – Zn – Mg – Cu являются основными конструкционными материалами авиационной техники [14]. Разработана повышенная коррозионная стойкость к растрескиванию под напряжениями данной системы сплавов, что позволяет использовать высокопрочные сплавы в самолетах Ил – 86, Ил – 96, Ту – 154 и Ту – 204.

Алюминиевый сплав с литием ВД23 (жаропрочность до 250° С), применяется для конструирования стабилизаторов ракет малой дальности. Широкое применение в аэрокосмической отрасли проявляет система сплавов на основе алюминия с добавками лития и меди. Начиная с конструкций ракет и самолетов, сопутствующих деталей, а также изготовления баков для ракет, предназначенных для вывода на космическую орбиту спутников системы связи, примечательным является то, что использование материалов на основе алюминия позволяет достигать уменьшение массы на 35% [15].

В работе [16] разработан жаропрочный деформируемый алюминиевый сплав, применяется который в качестве деталей двигателей – поршневых и реактивных. При длительной работе в диапазоне высоких температур материал показал, высокую длительную прочность. На основе алюминиевых сплавов в результате снижения содержания железа и никеля почти в 3 раза и добавлением в систему циркония, был получен жаропрочный алюминиевый сплав, который в настоящее время используется для конструирования сверхзвуковых пассажирских самолётах.

В настоящее время изучаются высокопрочные сплавы нового поколения на основе алюминия с добавкой лития, дополнительно легированные серебром, скандием [17].

При постоянном росте рабочих температур современных летательных аппаратов требуется повышение характеристик теплозащитных и теплоизоляционных материалов. Перспективное применение до 1750° С занимают материалы на основе волок оксида алюминия [18]. Синтез

алюмооксидных волокон  $d = 1 - 20$  мкм позволяет изготовить большое разнообразие теплозащитных и теплоизолирующих материалов различной формы от нитей, шнуров, так и гибких материалов. Основным достоинством данного типа материала является низкая плотность, позволяющая снизить массу детали, хорошие показатели теплоизоляции и сопротивление окислению в диапазоне высоких температурах.

Существование и применение пористого алюминия [19] в качестве фильтров, наполнителей для дозированной подачи, например в пористых валках, в деталях подшипников скольжения. Благодаря своей теплопроводности пористый Al используется в конструкциях для тушения огня.

Так как алюминий и его сплавы обладают высокой коррозионной стойкостью вследствие образования оксидной пленки на поверхности конструкций, толщиной до 100 нм, имеет большое место быть использование в судостроении материалов на его основе [20].

## 2. Объекты и методы исследования

Для получения псевдосплавов Al – ZrW<sub>2</sub>O<sub>8</sub> в качестве исходных материалов использовались:

- порошок алюминия марки АСД 6;
- наноразмерный порошок вольфрамата циркония, полученный гидротермальным методом [21].

Доля добавки вольфрамата циркония составляла 0; 0,1; 1; 10 мас. %. Для равномерного распределения компонентов исходные порошки смешивались в спирте с помощью керамической ступки. Готовая смесь порошков Al - ZrW<sub>2</sub>O<sub>8</sub> подвергалась холодному прессованию при удельном давлении 0,6 т/см<sup>2</sup> с дальнейшим спеканием в вакуумной печи при температуре 600 °С в течение 1 часа. Для холодного прессования использовалась жесткая пресс-форма, полость которой предварительно обкладывается слоем графитовой бумаги между матрицей пресс- формы и порошком Al- ZrW<sub>2</sub>O<sub>8</sub> для более легкого извлечения компакта.

Технологическая схема получения псевдосплавов Al - ZrW<sub>2</sub>O<sub>8</sub> методом холодного прессования представлена на рисунке 3.

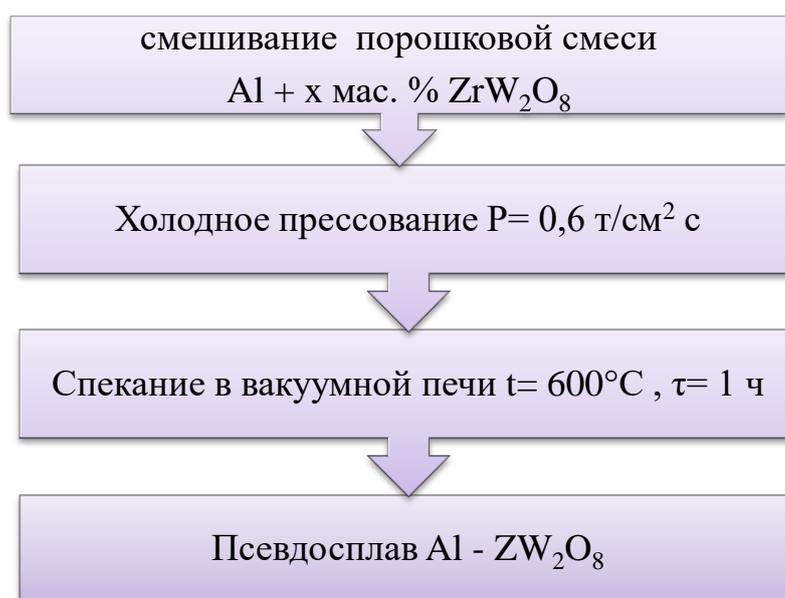


Рисунок 3 - Технологическая схема получения псевдосплавов Al - ZrW<sub>2</sub>O<sub>8</sub> методом холодного прессования

Морфология исходных порошков и полученных образцов изучалась на растровом электронном микроскопе Philips SEM 515. Для определения среднего размера частиц использовался метод случайных секущих. По полученным данным измерений построили гистограмму распределения частиц по размерам, определен средний размер  $\langle d \rangle$  и дисперсия  $\sigma_d$ .

С помощью дифрактометра типа ДРОН с  $\text{CuK}\alpha$  проводились рентгеновские исследования, съемка производилась с шагом  $0,05^\circ$ , в диапазоне углов от  $17$  до  $80^\circ$ . Определение соответствующих фаз проводилась сопоставлением дифракционных максимумов с картами базы данных ASTM.

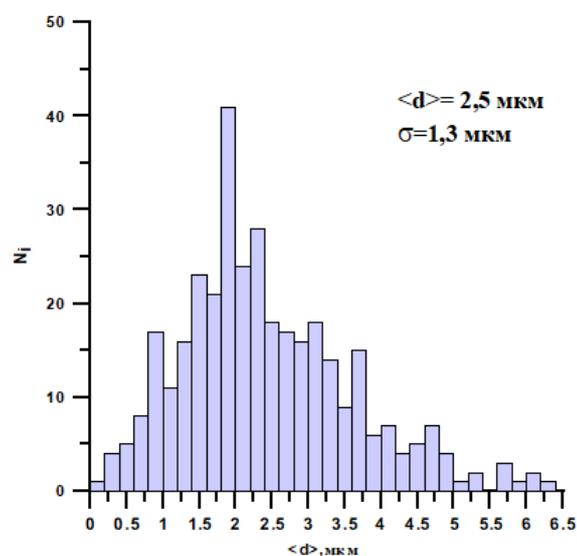
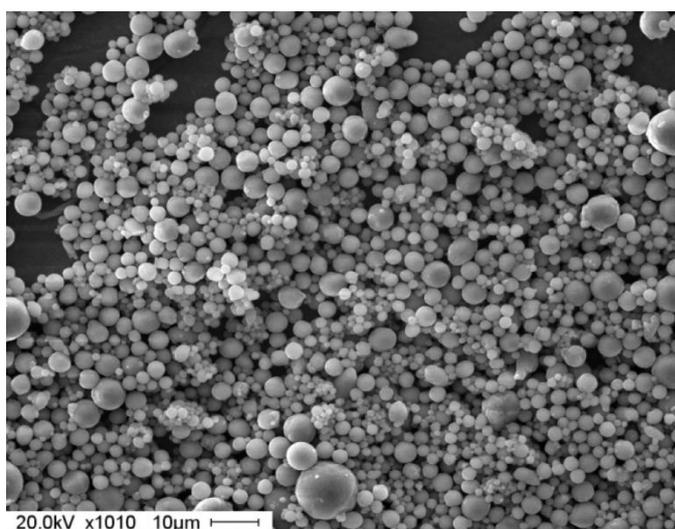
Для измерения показателей микротвердости псевдосплавов  $\text{Al} - \text{ZrW}_2\text{O}_8$  использовался твердомер ПМТ – 3 с прилагаемой нагрузкой  $50$  г. Микротвердость рассчитывалась по отношению величины прилагаемой нагрузки к площади отпечатка индентора, используя формулу 2:

$$H_\mu = \frac{1,854 \times P}{d^2} \quad (2)$$

где  $P$  - величина нагрузки в кг,  $d$  - среднее арифметическое длины двух диагоналей отпечатка индентора после снятия нагрузки, в мм.

### 3. Исследование структуры и свойств псевдосплавов Al - ZrW<sub>2</sub>O<sub>8</sub>

Исходный порошок Al представлял собой сферические частицы регулярной формы, средний размер которых равен 2,5 мкм при среднеквадратичном отклонении 1,3 мкм, рисунок 4 а. Распределение частиц по размерам носило унимодальный характер, рисунок 4 б. Согласно гистограмме распределения, большинство частиц имело размер от 2 до 2,5 мкм.



а)

б)

Рисунок 4 – а) РЭМ изображение порошка алюминия; б) распределение частиц порошка алюминия по размеру

Порошок вольфрамата циркония состоял из одинарных и вытянутых удлиненных частиц с блочной структурой, рисунок 5. Средний поперечный размер частиц равен 1 мкм, средний продольный размер частиц – 8,3 мкм. Распределение частиц по продольному и поперечному размеру носило унимодальный характер, рисунок 6.

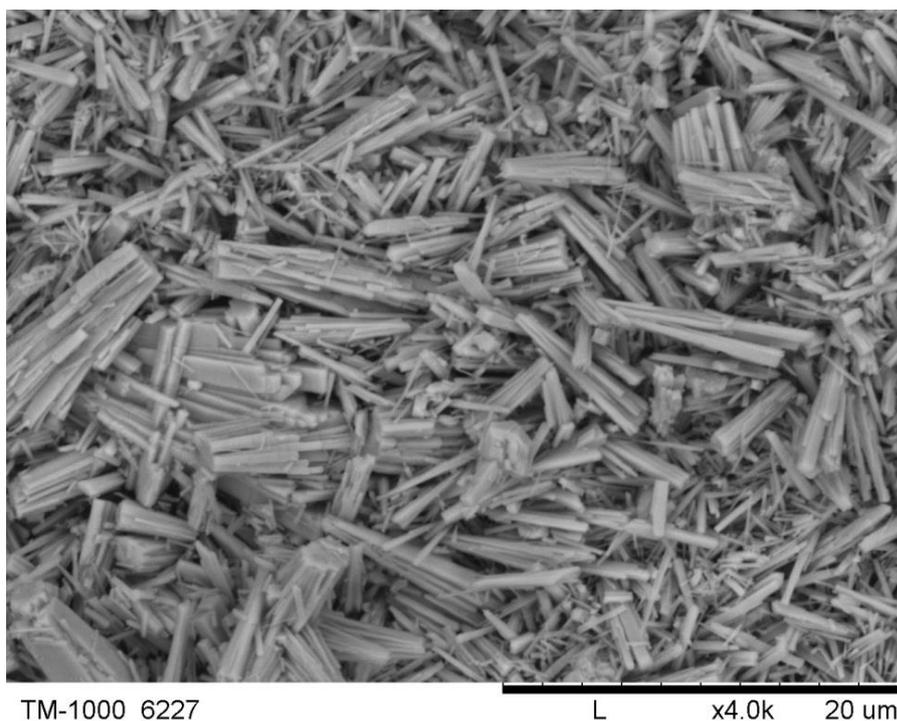


Рисунок 5 - РЭМ изображения порошка вольфрамата циркония

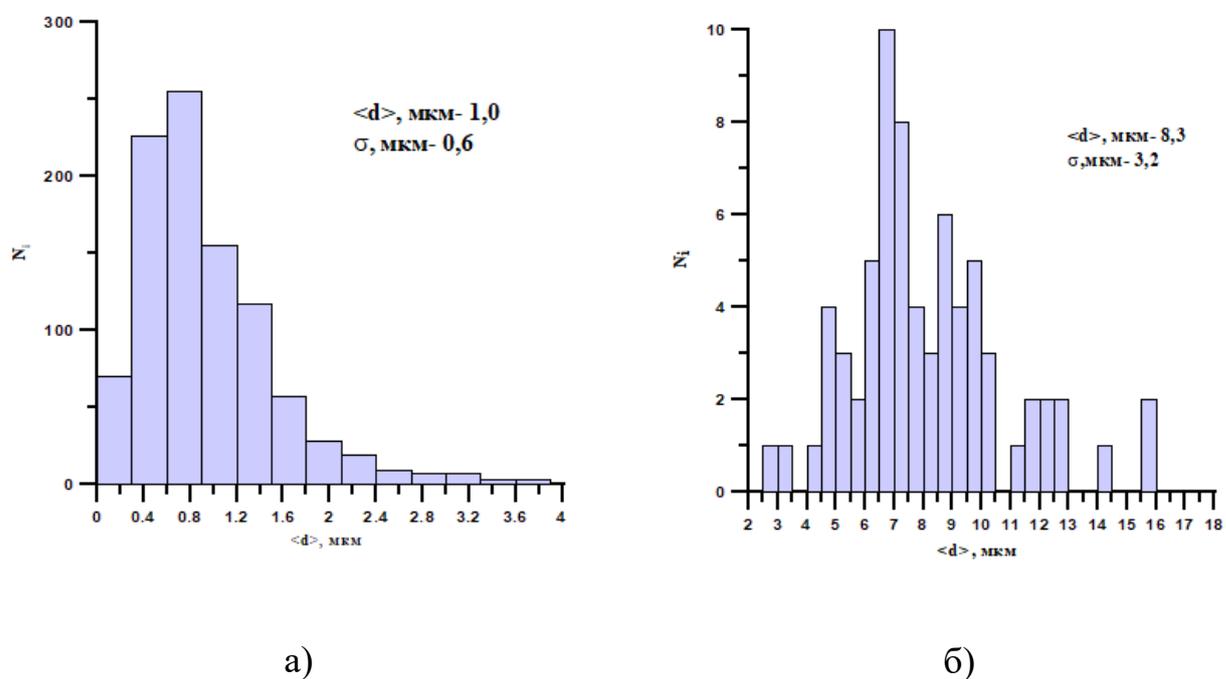


Рисунок 6 - Распределение частиц  $\text{ZrW}_2\text{O}_8$  по а) поперечному, б) продольному размеру

При исследовании полированной поверхности образцов Al – ZrW<sub>2</sub>O<sub>8</sub> были замечены белые включения, число которых увеличилось с ростом массовой доли вольфрамата циркония, рисунок 7.

Элементный анализ показал, что массовое отношение атомов циркония и вольфрама соответствует стехиометрии ZrW<sub>2</sub>O<sub>8</sub> (Zr: W= 1:2). Средний размер включений равен 0,6 мкм при среднеквадратичном отклонении 0,4 мкм. Распределение включений по размеру носило унимодальный характер, рисунок 8.

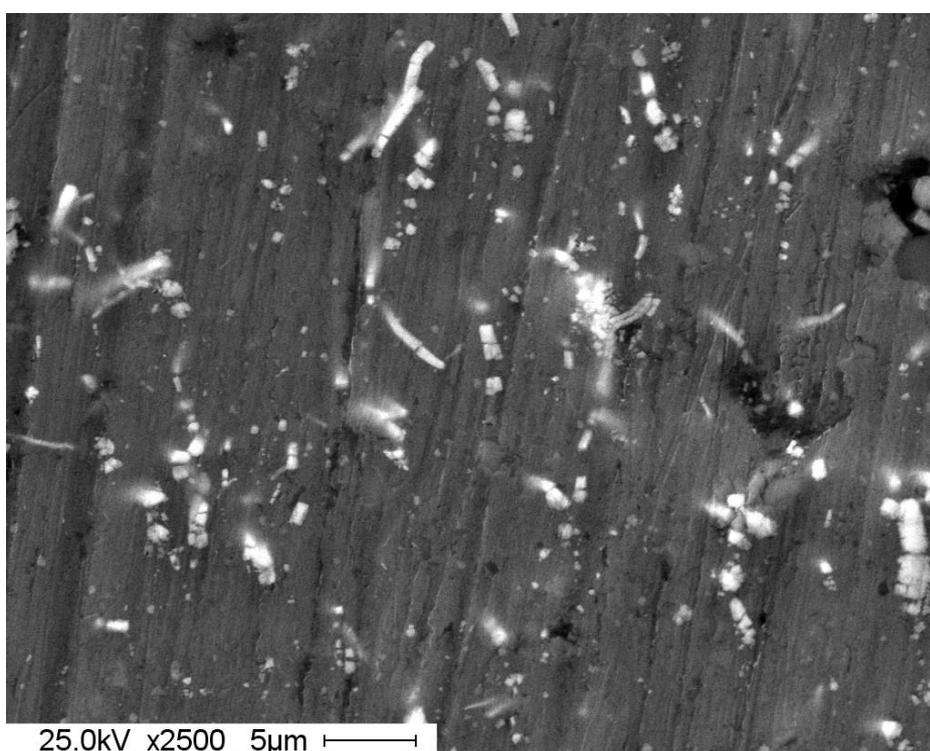


Рисунок 7- РЭМ изображение Al- 10 мас.% ZrW<sub>2</sub>O<sub>8</sub>

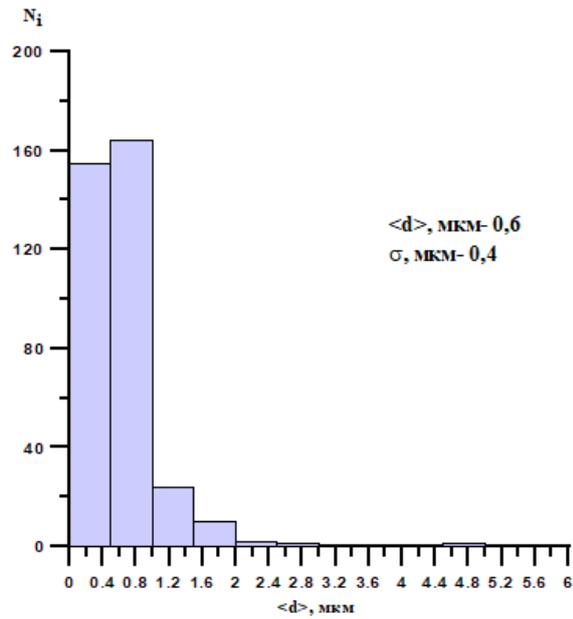


Рисунок 8 - Распределение включений по размеру в псевдосплаве Al- 10 мас.%  $\text{ZrW}_2\text{O}_8$

Значение среднего размера включений  $\text{ZrW}_2\text{O}_8$  в алюминии с ростом массовой доли добавляемых порошков незначительно увеличивается, но не превышает 1 мкм, рисунок 9.

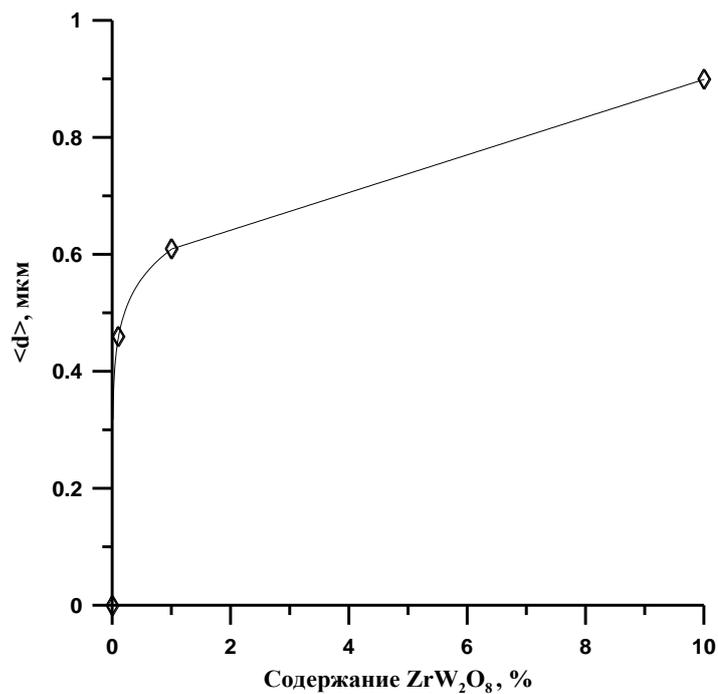


Рисунок 9- Зависимость изменения среднего размера включений  $\text{ZrW}_2\text{O}_8$

от содержания добавки

Рентгенограммы спеченных образцов алюминия и псевдосплава Al – 10мас. %  $ZrW_2O_8$  представлены на рисунке 10. Видно, что на рентгенограмме соответствующей Al зарегистрированы пики, принадлежащие алюминию с кубической структурой, параметр решетки которой равен 4,0482 Å. Значение параметра решетки алюминия отличается от справочного ( $a= 4,0496$  Å) [22] При введении 10 мас. %.  $ZrW_2O_8$  на дифрактограмме зафиксировались пики, принадлежащие кубическому вольфрамату циркония. При этом параметр решетки алюминия в псевдосплаве с 10 мас. % дисперсного порошка вольфрамата циркония составляет 4,0504 Å.

Отличие значений параметров решетки алюминия от литературных значений может быть охарактеризовано: наличием остаточных напряжений и легированием матрицы при получении материалов.

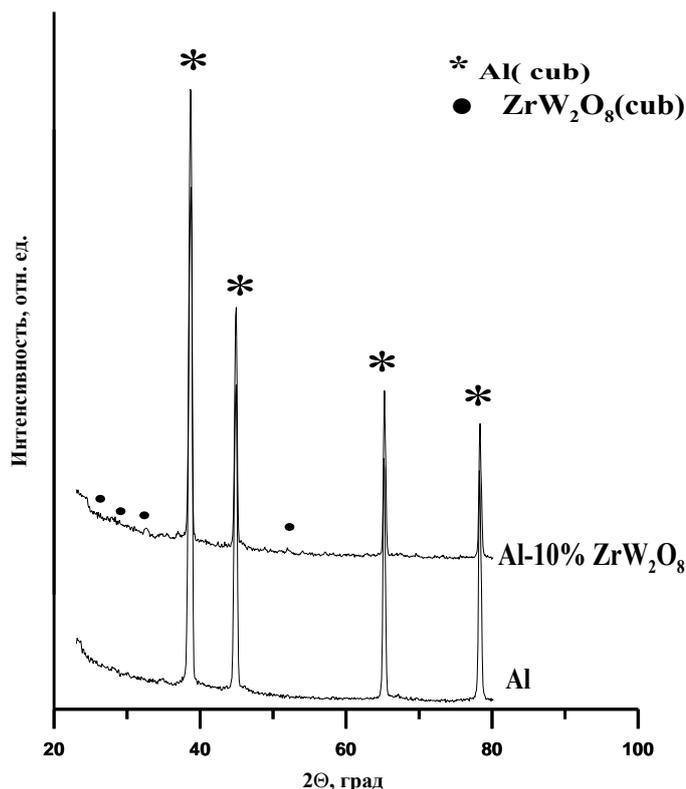


Рисунок 10 - Рентгенограмма Al и псевдосплава Al – 10 мас. %  $ZrW_2O_8$ , полученного методом холодного прессования

Механические свойства материалов зависят от размера частиц, их концентрации и равномерного распределения [4].

На рисунке 11а представлена зависимость микротвердости Al от содержания  $ZrW_2O_8$ . Значение микротвердости для Al составило 250 МПа. Как видно из графика максимальное значение микротвердости достигнуто при добавлении 0,1 мас. % вольфрамата циркония и составляет 326 МПа. При дальнейшем увеличении концентрации добавки до 10% влечет понижение микротвердости до 240 МПа. Максимальное значение твердости алюминия достигнуто при добавлении частиц вольфрамата циркония со средним размером не более 0,5 мкм, рисунок 11б.

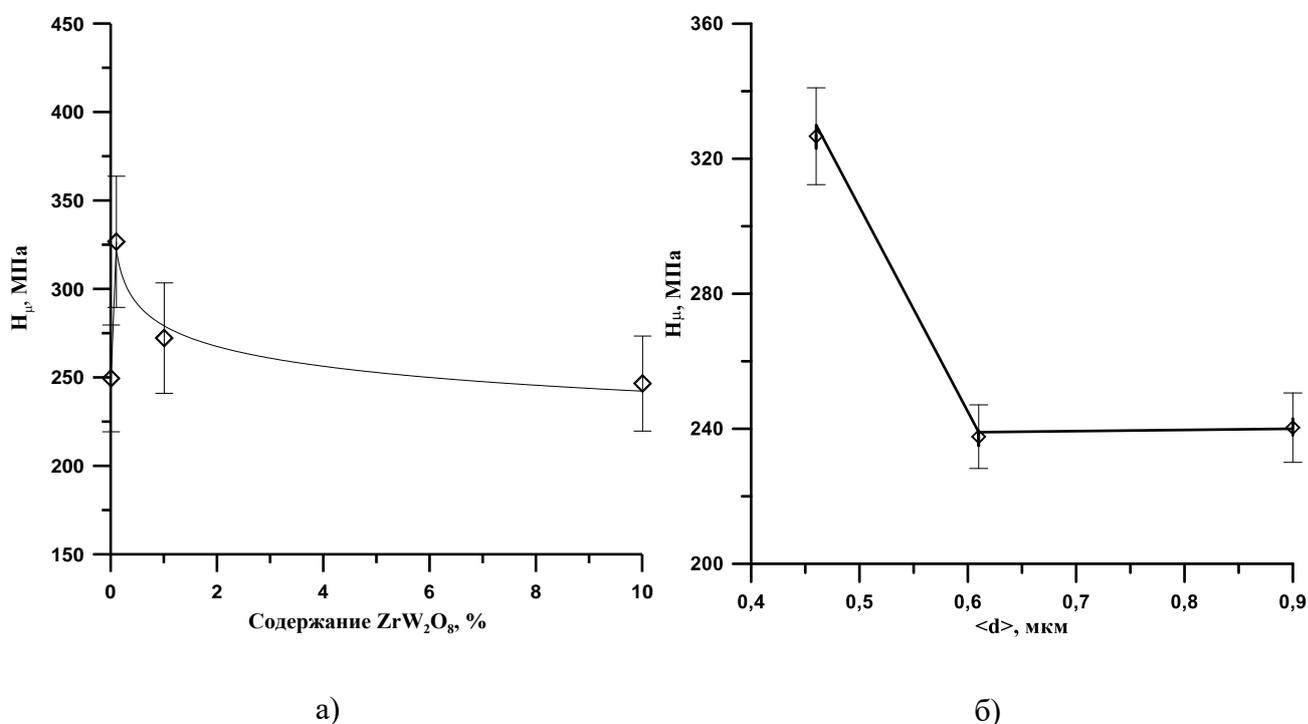


Рисунок 11- Зависимость микротвердости Al а) от содержания  $ZrW_2O_8$  б) от размера включений

Анализ зависимости предела прочности алюминия от содержания вольфрамата циркония показал, что при увеличении концентрации  $ZrW_2O_8$  в составе псевдосплава изменяются прочностные характеристики. Предел прочности на сжатие для псевдосплава Al –  $ZrW_2O_8$  увеличился от 140 МПа для Al без добавки до 162 МПа Al - 0,1 мас. %  $ZrW_2O_8$ . Однако повышение массовой доли вольфрамата циркония до 10 мас. % приводит к понижению

предела прочности, рисунок 12а. Максимальное значение прочности достигнуто при введении частиц вольфрамата циркония, средний размер которых не превышал 0,5 мкм, рисунок 12б.

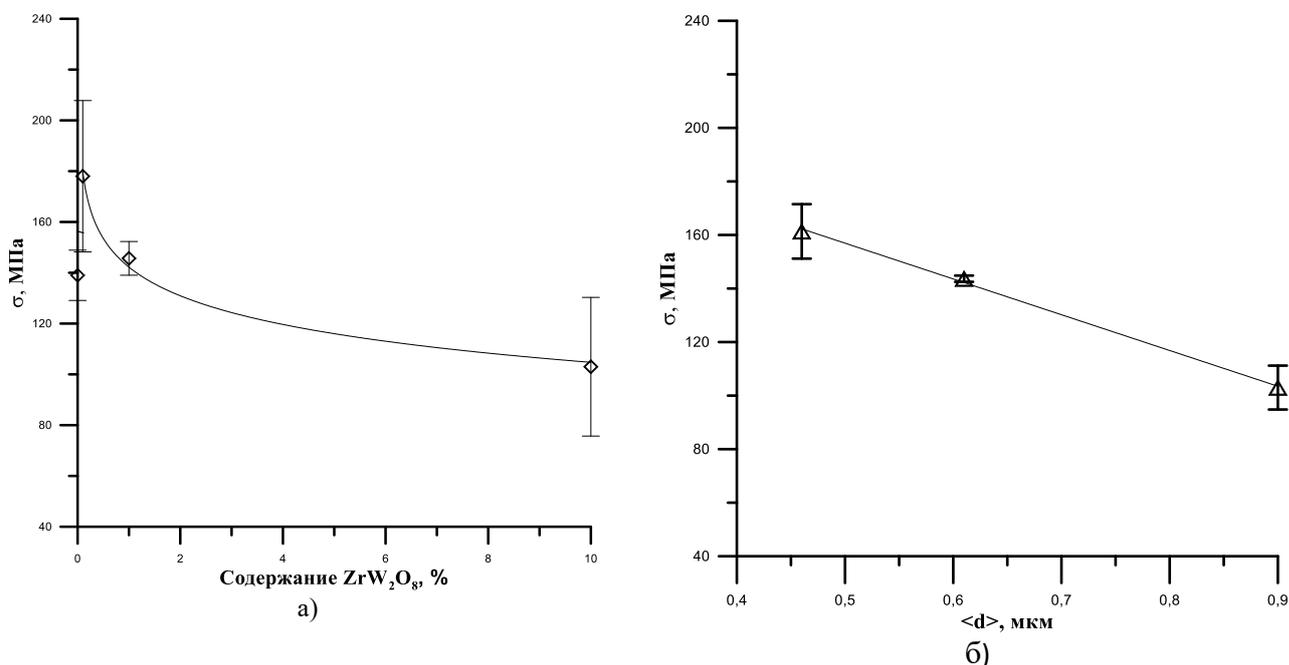


Рисунок 12- Зависимость предела прочности Al а) от содержания  $ZrW_2O_8$  б) от размера включений

Таким образом, введение керамических частиц  $ZrW_2O_8$  привело к повышению механических свойств алюминия, что может быть обусловлено, в том числе, с упрочнением, вызванным действием внутренних сжимающих напряжений вследствие отличных значений КТР алюминия и вольфрамата циркония. Исходя из этого, механические свойства псевдосплавов Al –  $ZrW_2O_8$  определяются содержанием вводимого порошка. Для достижения максимального эффекта упрочнения содержание дисперсных частиц в алюминии должно составлять 0.1 мас.%, размер включений не более 0,5 мкм.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа 4Б41	ФИО Саенко Антонине
----------------	------------------------

Институт	Инженерная школа новых производственных технологий	Кафедра	Материаловедение в машиностроении
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Материаловедение и технологии материалов

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Материально-технические ресурсы: Материальны затраты НИИ; амортизация оборудования; человеческие ресурсы: дипломник, научный руководитель, лаборант(3человека).
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Данная НИР проводится впервые, поэтому нормы и нормативы расходования ресурсов отсутствуют
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	-Отчисления по страховым взносам –27.1% от ФОТ

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

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	-Потенциальные потребители результатов исследования -SWOT анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Бюджет затрат на проведение НИИ, включая в себя затраты на заработную плату и страховые отчисления
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	По результатам НИР были выполнены поставленные задачи. Однако оценивать её эффективность преждевременно. Эффективность может быть определена только после проведения прикладных исследований, результатом которых будет получение конечного продукта.

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

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ШИП	Гаврикова Н.А.			

### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Б41	Саенко Антонина		

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

Темой дипломного исследования является «Исследование структуры и свойств псевдосплавов Al - ZrW<sub>2</sub>O<sub>8</sub>». Объектом исследования является псевдосплав Al - ZrW<sub>2</sub>O<sub>8</sub>.

Целью работы является исследование структуры и механических свойств псевдосплавов Al с ZrW<sub>2</sub>O<sub>8</sub>. В результате исследований было установлено влияние вольфрамата циркония на структурные параметры псевдосплава Al -ZrW<sub>2</sub>O<sub>8</sub>.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности исследований, оценка его эффективности, уровня возможных рисков. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности научно-технического исследования (НТИ);
2. Определение возможных альтернатив при проведении НТИ, отвечающих требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
3. Планирование этапов научно- исследовательских работ;
4. Определение финансовой, ресурсной (ресурсосберегающей), бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

##### **4.1 Потенциальные потребители исследования**

Широко распространённым конструкционным материалом в различных областях машиностроения является алюминий и сплавы на его основе. Алюминию присущи достаточно высокие технологические и эксплуатационные свойства. При своих достоинствах прочностные характеристики алюминия не всегда дают возможность применения в деталях, которые несут на себе высокую ответственность изделия, например в авиастроении. Для решения этой

задачи используют метод дисперсного упрочнения материала, что приводит к повышению прочностных характеристик.

Вольфрамат циркония – материал, вызывающий большой научный интерес, так как обладает отрицательным коэффициентом теплового расширения в интервале температур от  $-273$  до  $+770^{\circ}\text{C}$ , который равен  $\alpha = -9,6 \cdot 10^{-6} \text{ C}^{-1}$ , и применяется в качестве дисперсного наполнителя для алюминия, что позволяет достичь высокого эффекта дисперсного упрочения в связи с образованием внутренних напряжений вследствие несоответствий КТР алюминиевой матрицы и наполнителя.

На данный момент не представлены работы по изучению структуры и механических свойств псевдосплавов  $\text{Al} - \text{ZrW}_2\text{O}_8$ . Потенциальными потребителями результатов данного исследования могут выступать предприятия машиностроительного профиля, например, космическая, военно-промышленная отрасли, авиастроение и приборостроение.

## **4.2 Анализ конкурентных технических решений**

Потенциальными конкурентами могут выступать по разработке конструкционных материалов с добавкой  $\text{ZrW}_2\text{O}_8$  на отечественном рынке:

1. Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов – разработана теория получения композиционных материалов на основе  $\text{ZrW}_2\text{O}_8$  и реализация при создании материалов с малочувствительными поверхностными дефектами. Изготовление узлов деталей в авиакосмической отрасли.

2. ИФПМ СО РАН г. Новосибирск, синтез и улучшение свойств керамического порошка вольфрамата циркония и создание КМ на его основе для дальнейшего применения в машиностроении.

3. Институт машиностроения УРО РАН г. Екатеринбург, изучение порошка вольфрамата циркония при различных температурах нагрева.

Сравнение конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку

эффективности научного исследования и определить направления для ее повышения. Более целесообразно проводить анализ с помощью оценочной карты, приведенной в таблице 4.1, критерии для сравнения подбираются исходя из выбранных объектов с учетом их технологических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации, где  $K_{к1}$ - КМ на основе  $ZrW_2O_8$ , созданные во Всероссийском НИ авиационных материалов;  $K_{к2}$ - КМ на основе  $ZrW_2O_8$ , производимые в ИФПМ СО РАН г. Новосибирск.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Отрицательный коэффициент теплового расширения	0,084	5	4	4	0,42	0,336	0,336
2. Высокая прочность	0,070	4	4	3	0,28	0,28	0,21
3. Выдерживание высоких температур от 1105 до 1257 °С	0,089	5	4	4	0,445	0,356	0,356
4. Коррозионная стойкость	0,094	4	5	4	0,376	0,47	0,376
5. Технологичность	0,060	5	5	5	0,3	0,3	0,3
6. Эффективность работы	0,065	4	4	4	0,26	0,26	0,26
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Реализация продукта	0,077	4	3	4	0,308	0,231	0,308
2. Уровень охвата рынка	0,050	3	5	4	0,15	0,25	0,2
3. Предполагаемая цена	0,0104	5	5	5	0,052	0,052	0,052
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,094	3	4	3	0,282	0,376	0,282
5. Финансирование научной разработки конкурентных товаров и разработок	0,060	4	5	4	0,24	0,3	0,24
6. Срок выхода на рынок	0,077	4	4	3	0,308	0,308	0,231
7. Наличие сертификации разработки	0,077	4	4	4	0,308	0,308	0,308
<b>Итого:</b>	1	54	56	51	4,197	3,827	3,459

#### 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-исследовательского проекта, таблица 4.2.

Таблица 4.2 – SWOT анализ проекта

<b>Сильные стороны НИП</b>	<b>Возможности по внешней среде</b>
<p>С1. Изучение структуры и механических свойств псевдосплава Al- ZrW<sub>2</sub>O<sub>8</sub> проводится впервые;</p> <p>С2. Используемая методика исследования является перспективной</p> <p>С3. Квалифицированный руководитель;</p> <p>С4. Использование высокотехнологичного оборудования</p>	<p>В1. Востребованность на мировом рынке;</p> <p>В2. Применение во многих отраслях;</p> <p>В3. Адаптация работы на иностранные языки.</p>
<b>Слабые стороны НИП</b>	<b>Угрозы внешней среды</b>
<p>Сл1. Мало данных об исследуемом материале;</p> <p>Сл2. Недостаток информации по КТР литературных источников в связи с новизной материала;</p> <p>Сл3. Отсутствие квалифицированных работников для применения исследования в различных отраслях.</p>	<p>У1. Узкий круг потребителей со стороны предприятий;</p> <p>У2. Закрытие машиностроительных предприятий на территории РФ;</p> <p>У3. Развитая конкуренция технологий производства.</p>

Таблица 4.3 – Сильные стороны исследования и возможности

<b>Сильные стороны исследования</b>				
		C1	C2	C3
<b>Возможности проекта</b>	B1	+	+	+
	B2	+	+	-
	B3	+	-	+

При анализе интерактивной таблицы можно выделить следующие соответствия сильных сторон исследования к возможностям внешней среды: В1С1С2С3, В2С1С2, В3С1С3.

Таблица 4.4 – Слабые стороны исследования и возможности

<b>Слабые стороны исследования</b>				
		Сл1	Сл2	Сл3
<b>Возможности проекта</b>	В1	+	-	+
	В2	-	-	+
	В3	0	0	-

При анализе интерактивной таблицы можно выделить следующие соответствия слабых сторон исследования к возможностям внешней среды: В1Сл1Сл3, В2Сл3.

Таблица 4.5 – Сильные стороны исследования и угрозы

<b>Сильные стороны исследования</b>					
		С1	С2	С3	С4
<b>Угрозы</b>	У1	+	+	-	+
	У2	-	+	-	-
	У3	+	+	-	+

Выявленные угрозы исследования по результатам анализа интерактивной таблицы 4.5: У1С1С2С4, У2С2, У3С1С2С4.

Таблица 4.6 – Слабые стороны исследования и угрозы

<b>Слабые стороны исследования</b>				
		Сл1	Сл2	Сл3
<b>Слабые стороны исследования</b>	У1	+	0	+
	У2	-	-	0
	У3	+	-	+

По результатам анализа интерактивной таблицы 4.6 выявленными угрозами являются: У1Сл1Сл3, У3Сл1Сл3.

Итоговая SWOT – матрица, приведена в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Итоговая матрица SWOT – анализа

	<p><b><u>Сильные стороны:</u></b>  С1. Исследование структуры и механических свойств псевдосплава Al- ZrW<sub>2</sub>O<sub>8</sub> проводится впервые;  С2. Используемая методика исследования является перспективной  С3. Квалифицированный руководитель;  С4. Использование высокотехнологичного оборудования</p>	<p><b><u>Слабые стороны:</u></b>  Сл1. Мало данных об исследуемом материале;  Сл2. Недостаток информации по КТР литературных источников в связи с новизной материала;  Сл3. Отсутствие квалифицированных работников для применения исследования в различных отраслях</p>
<p><b><u>Возможности:</u></b>  В1. Востребованность на мировом уровне;  В2. Использование во многих отраслях;  В3. Адаптация исследования под иностранные языки.</p>	<p>Повышенный спрос на рынке КМ позволяет использовать псевдосплав Al - ZrW<sub>2</sub>O<sub>8</sub>; качество КМ способствует развитию количества исследований во многих отраслях авиа- и машиностроения. Квалифицированный коллектив и адаптация исследования под иностранные языки дает возможность вывести исследование на мировой уровень.</p>	<p>Недостаток литературных данных о материале Al - ZrW<sub>2</sub>O<sub>8</sub> ставит под вопрос необходимость в материале в ближайшее время на мировом уровне  Отсутствие квалифицированных работников ограничивает применение и востребованность данного исследования в различных отраслях.</p>
<p><b><u>Угрозы:</u></b>  У1. Узкий круг потребителей со стороны промышленности;  У2. Закрытие машиностроительных предприятий на территории РФ;  У3. Развитая конкуренция технологий производства.</p>	<p>Ликвидация машиностроительных предприятий на территории РФ по экономическим соображениям ставит под угрозу востребованность исследования.  Альтернативными областями применения являются микроэлектроника, оптика, в, КТР материала играет важную роль.</p>	<p>Главной угрозой исследования является отсутствие интереса промышленных предприятий, т.к. исследование материала находится на начальном этапе и пока не имеет коммерческого потенциала. Но можно предположить, что по окончании работы результаты исследования позволят улучшить оборудование работающие в агрессивных средах.</p>

#### 4.4 Планирование научно – исследовательской работы

##### 4.4.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ в рамках НИП, распределение исполнителей приведено в таблице 4.8.

Работу выполняли 3 человека: научный руководитель – сотрудник ИФПМ СО РАН; инженер – лаборант ИФПМ СО РАН; студент - дипломник.

Таблица 4.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	научный руководитель, лаборант
Проведение научно-исследовательской работы			
Выбор способа решения поставленной задачи	2	Подбор и изучение материалов по теме	дипломник
	3	Выбор материала для эксперимента	лаборант, дипломник
	4	Составление схемы исследования	лаборант, дипломник
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Разработка эксперимента над псевдосплавом Al-ZrW <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	лаборант, дипломник
	6	Поиск и изучение необходимого оборудования	дипломник
	7	Исследование механических свойств материала	дипломник, лаборант
Обобщение и оценка результатов	8	Анализ полученных результатов научно исследовательской работы	лаборант, научный руководитель, лаборант
	9	Оценка эффективности результатов	дипломник, научный руководитель, лаборант
Составление отчета	10	Разработка плана по оформлению НИР	научный руководитель, лаборант, дипломник
	11	Оформление отчета НИР	дипломник

#### 4.4.2. Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным способом является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

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

Для удобства построения графика, длительность каждого этапа необходимо перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \times k_{\text{кал}}, \quad (3)$$

Все рассчитанные значения сведены в таблицу 4.9, на основе которой строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках НИП с разбивкой по месяцам за период времени дипломирования.

Таблица 4.9 - Временные показатели проведения научного исследования

№ работы	Трудоёмкость работ									Длительность работ в рабочих днях $T_{P_i}$	Длительность работ в календарных днях $T_{K_i}$				
	$t_{min}$ , чел - дни			$t_{max}$ , чел - дни			$t_{ож}$ , чел - дни				науч.рук.	лаборант	дипломник		
	науч.рук.	лаборант	дипломник	науч.рук.	лаборант	дипломник	науч.рук.	лаборант	дипломник						
1	3	3	0	8	6	0	5	4	0	5	4	0	5	4	0
2	0	0	10	0	0	30	0	0	19	0	0	19	0	0	25
3	0	2	2	0	5	5	0	3	3	0	3	3	0	3	3
4	0	1	1	0	2	2	0	1	1	0	1	1	0	1	1
5	0	1	1	0	5	5	0	2	2	0	2	2	0	2	2
6	0	0	10	0	0	20	0	0	14	0	0	14	0	0	20
7	0	10	10	0	18	18	0	13	13	0	13	13	0	17	17
8	4	4	4	9	9	9	5	5	5	5	5	5	5	5	5
9	1	1	0	2	2	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0
10	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	0	0	7	0	0	14	0	0	10	0	0	10	0	0	14

Таблица 4.10 - Календарный план-график проведения НИП

№ ра бо т	Испол нители	T <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
			февр.			март			апрель			май			июнь	
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	науч. рук, лаб-т.	5	■													
2	дип-к.	25	■	■	■											
3	дип-к., лаб-т.	3				■	■									
4	дип-к., лаб-т.	1				■										
5	дип-к., лаб-т.	2				■	■									
6	дип-к.	20					■	■	■	■						
7	дип-к., лаб-т.	17							■	■	■					
8	дип-к., лаб-т., науч. рук.	5										■	■	■		
9	дип-к., лаб-т., науч. рук.	1										■	■	■		
10	дип-к., лаб-т., науч. рук.	1										■	■	■		
11	дип-к.	14													■	■

■ - дипломник      ■ - науч.рук.      ■ -лаборант

График для выполнения данного объема работ учитывает не рабочие дни, поэтому общее количество рабочих дней для выполнения научно-исследовательской работы составляет 94.

#### 4.4.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

#### 4.4.3.1. Расчет материальных затрат НТИ

Для расчета материальных затрат используется формула:

$$Z_M = (1 + \kappa_T) \times \sum_{i=1}^m C_i \times N_{\text{расх } i}, \quad (4)$$

Материальные затраты, необходимые для исследования в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Материальные затраты на исследование

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, ( $Z_M$ ), руб.
Порошок алюминия	кг	1,5	300	520
Порошок $ZrW_2O_8$	кг	0,15	4200	725
Бумага А4	шт.	1000	0,2	230
Картридж для принтера	шт.	2	2500	5750
<b>Итого</b>				<b>7225</b>

#### 4.4.3.2. Расчет затрат на специальное оборудование НТИ

Так как оборудование специально для проекта не приобретается, то рассчитывается амортизация оборудования на время проекта, расчет предоставлен в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Амортизация оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Срок эксплуатации, дни	Амортизация оборудования за время использования, руб.
1.	Мельница планетарная АГО-2	1	250 000	7	480
2.	Растровый электронный микроскоп Tescan Vega3 (РЭМ)	1	4 525 000	10	4959
3.	Прибор для измерения удельной поверхности Sorbi - M	1	550 000	7	1507
4.	Дифрактометр	1	800 000	10	1461

<b>Итого:</b>	<b>8407</b>
---------------	-------------

Рассчитаем амортизацию оборудования и техники Иам.обор. за время эксплуатации во время исследования, по следующей формуле:

$$I_{\text{ам.обор.}} = \frac{K_{\text{обор}}}{\frac{T_{\text{эксп.}}}{365}} \times n \quad (5)$$

$$I_{\text{ам.мельн.}} = \frac{250000}{\frac{10}{365}} \times 7 = 480 \text{ руб.}$$

$$I_{\text{ам.РЭМ.}} = \frac{4525000}{\frac{25}{365}} \times 10 = 4959 \text{ руб.}$$

$$I_{\text{ам.приб.для изм.уд.пов.}} = \frac{550000}{\frac{7}{365}} \times 7 = 1055 \text{ руб.}$$

$$I_{\text{ам.дифр.}} = \frac{800000}{\frac{15}{365}} \times 10 = 1461 \text{ руб.}$$

#### 4.4.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Таблица 4.13 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Лаборант	Студент-дипломник
Календарное число дней	365	365	365
Количество нерабочих дней			
- выходные дни	52	104	52
- праздничные дни	14	14	14
Потери рабочего времени	48	24	48
- отпуск			
- невыходы по болезни			
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	223	251
Количество месяцев работы без отпуска в течение года	11,2	11,2	11,2

$$Z_{\text{осн.}} = \frac{Z_{\text{м}} \times M}{F_{\text{д}}} \times T_{\text{р}} = \frac{Z_{\text{окл}} \times (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \times k_{\text{р}} \times M}{F_{\text{д}}} \times T_{\text{р}} \quad (6)$$

Основная зарплата научного руководителя:

$$\begin{aligned} Z_{\text{осн.}} &= \frac{Z_{\text{окл}} \times (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \times k_{\text{р}} \times M}{F_{\text{д}}} \times T_{\text{р}} \\ &= \frac{33664 \times (1 + 0,3 + 0,4) \times 1,3 \times 11,2}{251} \times 12 = 39836 \end{aligned}$$

Основная зарплата лаборанта:

$$\begin{aligned} Z_{\text{осн.}} &= \frac{Z_{\text{окл}} \times (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \times k_{\text{р}} \times M}{F_{\text{д}}} \times T_{\text{р}} \\ &= \frac{9489 \times (1 + 0,3 + 0,3) \times 1,3 \times 11,2}{223} \times 34 = 33704 \end{aligned}$$

Основная зарплата студента – дипломника:

$$\begin{aligned} Z_{\text{осн.}} &= \frac{Z_{\text{окл}} \times (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \times k_{\text{р}} \times M}{F_{\text{д}}} \times T_{\text{р}} \\ &= \frac{9489 \times (1 + 0 + 0) \times 1,3 \times 11,2}{251} \times 88 = 48439 \end{aligned}$$

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 4.14

Таблица 4.14 – Заработная плата сотрудников

Исполнители	$Z_{\text{окл}}$ , руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$ , руб	$T_{\text{р}}$ , раб. дн.	$Z_{\text{осн.}}$ , руб.
Научный руководитель.	33664	0,3	0,4	1,3	74397	12	39836
Лаборант	9489	0,3	0,3	1,3	19737	34	33794
Студент (дипломник)	9489	0	0	1,3	12336	88	48439
<b>Итого:</b>							<b>122069</b>

#### 4.4.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \times (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (7)$$

На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.15

Таблица 4.15 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Научный руководитель	39836	4780
Лаборант	33794	4055
Студент - дипломник	48439	5813
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
<b>Итого</b>	<b>39697 руб.</b>	

#### 4.4.3.5. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 4.16.

Таблица 4.16 - Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НИИ	7225	Пункт 4.4.3.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	8407	Пункт 4.4.3.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	122069	Пункт 4.4.3.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	14648	Пункт 4.4.3.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	39697	Пункт 4.4.3.4
6. Бюджет затрат НИИ	192046	Сумма ст. 1- 5

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4Б41	Саенко Антонине

<b>Институт</b>	Инженерная школа новых производственных технологий	<b>Кафедра</b>	Материаловедение в машиностроении
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	Материаловедение и технологии материалов

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</li> <li>• опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li>• негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</li> <li>• чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</li> </ul>	<p>Исследование проводилось в лабораториях ИФПМ СО РАН. Производительность инженера-исследователя зависит от влияния следующих вредных факторов: неблагоприятные условия микроклимата, недостаточная освещенность рабочего места, повышенный уровень электромагнитных, ионизационных излучений. А также инженер-исследователь может быть подвержен действию опасных факторов, таких как: поражение электрическим током, возникновение пожаров в результате короткого замыкания, термической опасности.</p>
<p>Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>ГОСТ 12.1.005-88; СНиП II-4-7; СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03; СНиП 23-05-95, ГОСТ 12.0.003-74; ГОСТ 12.1.038-82; НБР-99, ГОСТ 12.1.030-8.1; ГОСТ 12.2.032-78; СН 245-7; СП 2.2.1.1312-03; СНиП 2.01.02-85</p>

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

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>- действие фактора на организм человека;</li> <li>- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>- предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul>	<p>Для поддержания нормального микроклимата в рабочей зоне применяют устройство систем вентиляции, а также кондиционирование воздуха и отопление.</p> <p><b>Недостаточная освещенность</b> приводит к возрастанию нагрузки на органы зрения и повышает утомляемость организма. Поэтому необходимо обеспечить оптимальное сочетание общего и местного освещения.</p> <p><b>Ионизационное излучение.</b> Для обеспечения радиационной безопасности необходимо соблюдать нормы индивидуальных доз облучения.</p> <p><b>Повышенный уровень шума.</b> Во избежание негативных воздействий шума рекомендуется использовать средства индивидуальной защиты.</p>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>- термические опасности (источники, средства защиты);</li> </ul>	<p><b>Электрический ток.</b> В соответствии с техникой безопасности и утвержденными документами (ГОСТ 12.1.030-81) оборудование, имеющее напряжением выше 42 В, должно быть заземлено. В случае надвигающейся грозы рекомендуется закончить работу с ПК и отключить его от сети.</p> <p><b>Термические опасности.</b> Мероприятия по защите от</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>- пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>	<p>термических опасностей: теплоизоляция горячих поверхностей, экранирование тепловых излучений, использование средств индивидуальной защиты</p> <p><b>Пожарная безопасность.</b> Следует предусмотреть средства пожаротушения: огнетушитель ручной углекислотный ОУ-5, пожарный кран с рукавом и ящик с песком.</p>
<p>3. Охрана окружающей среды</p>	<p>В процессе выполнения работы негативное воздействие на окружающую среду не выявлено. В промышленности, при изготовлении деталей методом порошковой металлургии, в процессе механической обработки, отходы составляют 2 - 5%, и могут быть переработаны в исходный материал (порошок).</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>- выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>- разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>- разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>- разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>	<p>Возможны такие чрезвычайные ситуации, как: пожары, ситуации природного характера. К мерам по предупреждению относятся:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Планирование защиты населения и территории от ЧС на уровне предприятия (организации);</li> <li>2. Создание запасов средств индивидуальной защиты и поддержание их в готовности;</li> <li>3. Выявление угроз пожара и оповещение персонала;</li> <li>4. Подготовка работающих к действию в условиях ЧС;</li> <li>5. Подготовка и поддержание в постоянной готовности сил и средств для ликвидации ЧС</li> </ol>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	<p>Рабочее место должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78. В соответствии с СН-245-71 в помещении должен быть организован воздухообмен. В соответствии с СН-181-70 рекомендуются следующие цвета окраски помещений: потолок - белый или светлый цветной; стены - сплошные, светло-голубые; пол - темно-серый, темно-красный или коричневый.</p>
<p align="center"><b>– Перечень графического материала:</b></p>	
<p align="center"><i>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</i></p>	

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p align="center">Ассистент ОКД ИШНКБ</p>	<p align="center">Раденков Тимофей Александрович</p>			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p align="center">4Б41</p>	<p align="center">Саенко Антонина</p>		

## 5. Социальная ответственность

### Введение

Главной целью управления безопасностью труда является организация работы по обеспечению безопасности, снижению аварийности и травматизма, профессиональных заболеваний, создание и улучшение условий труда на основе ряда задач по созданию безвредных и безопасных условий труда.

Работа инженера - разработчика по характеру физической работы относится к разряду легких, но она связана с большим количеством умственной и нервно – психологических нагрузок. Длительная работа в помещении при повышенной или пониженной температуре и влажности воздуха, плохой вентиляции, недостаточном освещении, все это сказывается на самочувствии работника, что влечет за собой снижение производительности труда.

В данном разделе рассмотрены следующие вредные производственные факторы:

1. Недостаточная освещённость;
2. Отклонение от нормативных значений влажности воздуха;
3. Высокий уровень шума, источником которого может являться пресс;
4. Пониженная или повышенная температура воздуха;
5. Вредные вещества (пыль);
6. Планировка помещения, размещение мебели и эстетическое оформление.

Рабочей зоной для исследований является лаборатории ИФПМ СО РАН, которые оснащены оборудованием и инструментами для выполнения научной работы, а также рабочим местом для лаборанта.

Приведены требования безопасности и комплекс защитных мероприятий на рабочем месте, рассмотрена защита в чрезвычайных ситуациях, а также организационные мероприятия.

## 5.1. Анализ вредных факторов

### 5.1.1. Микроклимат на рабочем месте

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды помещений, который определяется сочетанием действующих на организм температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей. Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены, не вызывают отклонений в состоянии здоровья и создают среду для высокой работоспособности. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны должны соответствовать ГОСТ 12.1.005–88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха приведены в таблице 5.1, для категории Ib, к ней относятся работы с интенсивностью энергозатрат 121-150 ккал/ч, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением.

Для поддержания нормальных параметров микроклимата в рабочей зоне применяются следующие мероприятия: устройство систем вентиляции, кондиционирование воздуха и отопление.

Таблица 5.1 - Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (по ГОСТ 12.1.005–88)

Период года	Температура воздуха, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	Оптим.	Допуст.	Оптим	Допуст	Оптим	Допуст
Холодный	18-21	16-24	40-60	75	0,1	0,2
Теплый	22-24	27-31	40-60	70	0,2	0,3

Из таблицы 5.1 видно, что в анализируемых лабораторных комнатах параметры микроклимата соответствуют нормам. Микроклимат комнаты поддерживается на оптимальном уровне системой водяного центрального отопления, естественной вентиляцией, а также дополнительным прогревом в холодное время года.

### **5.1.2. Шум на рабочем месте**

Шум является одним из наиболее распространенных факторов внешней среды, неблагоприятно воздействующих на организм человека и на его нервную систему. У человека ослабляется внимание, ухудшается память, повышает утомляемость. Все это приводит к значительному снижению производительности труда, росту количества ошибок в работе. Длительное воздействие шума приводит к тугоухости, вплоть до полной глухоты работника. Внезапные шумы высокой интенсивности, даже кратковременные (взрывы, удары и т.п.), могут вызвать как острые нейросенсорные эффекты (головокружение, звон в ушах, снижение слуха), так и физические повреждения (разрыв барабанной перепонки с кровотечением, поражения среднего уха и улитки).

Уровень шума в помещении должны соответствовать СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Санитарные нормы. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки», замер шума проводится не реже двух раз в год.

Источником шума в данной работе является пресс, однако данный шум является не постоянным и его характеристика является эквивалентной (по энергии), уровень шума измеряется в дБА. Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 уровень шума в помещениях лабораторий при легкой физической трудовой деятельности и напряженности легкой степени должен составлять 80 дБА.

Защитой от шума или уменьшение его действия на организм лаборанта к минимуму представляют собой выход из помещения во время работы пресса, а

также в случае необходимости лаборант должен использовать средство индивидуальной защиты, как беруши.

### 5.1.3. Ионизирующее излучение

В ходе исследований использовался рентгеновский дифрактометр, который представляет собой источник ионизирующего излучения. Ионизирующее излучение при воздействии на организм может вызывать два типа воздействия: детерминированные пороговые эффекты (лучевая болезнь, лучевой дерматит, лучевое бесплодие, аномалии в развитии плода и др.) и стохастические (вероятностные) беспороговые эффекты (злокачественные опухоли, лейкозы, наследственные болезни). При работе с источниками ионизирующего излучения необходимо соблюдать требования НБР-99 «Нормы радиационной безопасности». Основные пределы доз ионизирующего излучения для двух категорий населения представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Основные пределы доз

Нормируемые величины	Пределы доз	
	Персонал (группа А)	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год в хрусталике глаза, коже, кистях и стопах	150 мЗв; 500 мЗв 500 мЗв	15 мЗв 50 мЗв 50 мЗв

Для обеспечения радиационной безопасности при нормальной эксплуатации источников излучения необходимо руководствоваться следующими основными принципами:

1. Соблюдение допустимых пределов индивидуальных доз облучения граждан от всех источников излучения (принцип нормирования);
2. Запрещение всех видов деятельности по использованию источников излучения, при которых полученная для человека и общества польза не превышает риск возможного вреда, причиненного дополнительным облучением (принцип обоснования);
3. Поддержание на возможно низком и достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения, и числа облучаемых лиц при использовании любого источника излучения (принцип оптимизации).

#### **5.1.4. Освещение на рабочем месте**

Недостаточное освещение рабочего места и помещения является вредным фактором для здоровья человека, вызывающим ухудшение зрения. Неудовлетворительное освещение может, кроме того, является причиной травматизма. Неправильная эксплуатация, так же как и ошибки, допущенные при проектировании и устройстве осветительных установок, могут привести к пожару, несчастным случаям. При таком освещении снижается производительность труда и увеличивается количество допускаемых ошибок.

Основные требования, которые предъявляются к освещению, заключаются в том, чтобы с его помощью создать наиболее благоприятные условия для работы зрительного аппарата человека. Кроме того, оно должно удовлетворять вопросам экономичности, надежности и безопасности.

В связи с тем, что проведение экспериментов занимает длительное время, работать в помещении лаборатории приходится как при дневном свете, так и в темное время суток, что неизбежно обуславливает необходимость использования искусственного освещения. В качестве источников искусственного освещения помещения используются люминесцентные лампы белого цвета, которые обладают большим сроком службы и высокой световой отдачей.

Работа инженера-исследователя имеет третий разряд точности, т.е. при выполнении работ происходит большая нагрузка на органы зрения человека. Основные требования и значения нормируемой освещенностей рабочих поверхностей изложены в нормах и правилах СНиП 23-05-95, выбор освещенности осуществляется в зависимости от размера объекта различения, контраста объекта с фоном, характеристики фона. Согласно СНиП 23-05-95 норматив общего искусственного освещения: 400лк, для достижения требуемого освещения используют средства нормализации освещения производственных помещений и рабочих мест такие, как:

- источники света;
- осветительные приборы;
- световые проемы;
- светозащитные устройства;
- светофильтры.

### **5.1.5. Опасные факторы**

Опасные производственные факторы – это воздействие, приводящие в определенных условиях к травматическим повреждениям, к внезапным и резким изменениям состояния здоровья. При работе с электроустановками или химическими реагентами, могут возникнуть опасные факторы: механические и термические опасности: поражение электрическим током, возникновение пожароопасной ситуации.

#### **5.1.5.1. Электробезопасность**

Электротравматизм составляет значительную долю в общем числе несчастных случаев. Перед проведением работ на рентгеновском дифрактометре, приборе для измерения удельной поверхности каждый посетитель обязан пройти технику безопасности по электробезопасности.

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий, и средств, обеспечивающих защиту людей от

вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статистического электричества. С точки зрения электробезопасности (ГОСТ 12.1.030-81), оборудование, запитываемое напряжением выше 42 В, должно иметь заземление или зануление. Зануление – более эффективная мера, чем защитное заземление, поскольку в критическом случае ток короткого замыкания при занулении больше, чем при заземлении, следствием чего является более быстрое срабатывание предохранительных устройств. Во многих случаях это позволяет сберечь дорогостоящее оборудование от повреждений. Кроме того, обязательно должна быть предусмотрена возможность быстрого отключения напряжения с разделительного щита.

В отношении опасности поражения людей электрическим током различают:

— Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.

— Помещения с повышенной опасностью, которые характеризуются наличием в них одного из следующих условий: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы, высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединением с землей, металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой.

— Особо опасные помещения, которые характеризуются наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность: особой сырости, химически активной или органической среды, одновременно двух или более условий повышенной опасности.

Несмотря на обилие электрических приборов в лабораториях, они относятся к категории помещений без повышенной опасности, так как в них не присутствует ни одного из вышеперечисленных условий опасности.

#### **5.1.5.2. Термическое травмирование**

Термическая опасность может привести к:

— Ожогам и ошпариванию из-за соприкосновения с предметами или материалами, имеющими чрезвычайно высокую или низкую температуру, вызванную, например, пламенем или взрывом, а также излучением источников тепла (печи);

— Ущербу здоровью из-за воздействия высокой или низкой температуры окружающей производственной среды.

### **5.1.6. Пожарная безопасность**

Неотъемлемой частью комплекса защитных мероприятий на рабочем месте являются мероприятия, направленные на обеспечение противопожарной безопасности. В данном случае источникам возгорания может оказаться неисправность, и неправильная эксплуатация электроустановок.

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

а) халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставление без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);

б) самовоспламенение и самовозгорание веществ.

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, статическое электричество и т.п.

Для устранения причин возникновения пожаров в помещении лаборатории должны производиться следующие мероприятия:

а) сотрудники лаборатории должны пройти противопожарный инструктаж;

б) сотрудники обязаны знать расположение средств пожаротушения и уметь ими пользоваться;

в) необходимо обеспечить правильный тепловой и электрический режим работы оборудования;

г) пожарный инвентарь и первичные средства пожаротушения должны содержаться в исправном состоянии и находиться на видном и легкодоступном месте.

Согласно требованиям противопожарной безопасности СНиП 2.01.02-85 предусмотреть средства пожаротушения: огнетушитель ручной углекислотный ОУ-5, пожарный кран с рукавом и ящик с песком (в коридоре).

## **5.2. Экологическая безопасность**

Проблема защиты окружающей среды - одна из важнейших задач современности. В последние годы во всем мире все с большей силой поднимается вопрос об охране окружающей среды.

Защита окружающей среды – это комплекс проблем, требующих усилий всего человечества. Разработка и утилизация химических отходов (твердых и жидких) вредных веществ, сливающихся в специально отведенные ёмкости. Для создания химического склада предприятия. Наиболее активной формой защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов промышленных предприятий является переход к безотходным и малоотходным технологиям, и производствам, также требуется снижение энергопотребления и разработка, и внедрение электрооборудования с низким энергопотреблением.

Для приготовления порошковой смеси  $Al - ZrW_2O_8$  использовались инструменты для создания образца с точным соотношением исходных компонентов, при этом небольшая часть образца остается на дозаторе и стенках емкости. Данные остатки смываются водой при мытье приспособлений, и попадают в трубопроводную систему. Из-за этого порошок алюминия и вольфрамата циркония может попасть в почву и в подземные воды, но его концентрация в воде настолько мала, что вреда окружающей среде не принесет. В ГН 2.1.5.1315-03 «Гигиенические нормы. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» ПДК алюминия в воде равно 0,03 мг/л, вольфрама – 0,05 мг/л.. Превышение же ПДК

может оказать пагубное влияние на употребляющих такую воду людей, скот и растения.

Следовательно, можно сказать, что в работе применены малоотходные технологии, исключающие попадание в атмосферу, гидросферу и литосферу вредных веществ.

В промышленности, при изготовлении деталей методом порошковой металлургии отходы металла могут составлять 2-5%, и в дальнейшем могут быть переработаны в исходный материал (порошок).

### **5.3. Организованные мероприятия обеспечения безопасности**

Эргономика изучает функциональные возможности человека в трудовых процессах с целью создания для него оптимальных условий работ, которые обеспечиваются соответствием оборудования, технологического процесса и оснастки физиологическим и психологическим особенностям человека. При этом оптимальность определяется созданием таких условий труда, которые обеспечивают устойчивую работоспособность человека и сохраняют его силы и здоровье.

Для нормального проектирования трудового процесса инженера-исследователя необходимо выполнение комплекса гигиенических требований (микроклимат, достаточная освещенность, отсутствие шума на рабочем месте, соответствующая температура и относительная влажность воздуха).

В соответствии с указаниями по проектированию цветовой отделки помещений производственных зданий «Указаниям по проектированию цветовой отделки интерьеров производственных зданий промышленных предприятий» (СН181-70), рекомендуются следующие цвета окраски помещений:

1. потолок - белый или светлый цветной;
2. стены - сплошные светло-голубые;
3. пол - темно-серый, темно-красный или коричневый.

Применение указанной палитры цветов обусловлено ее успокаивающим воздействием на психику человека, способствующим уменьшением зрительного утомления.

Одним из факторов комфортности рабочей среды является организация рабочего места. Рабочее место – это часть помещения предприятия (организации), имеющая площадь и объем, достаточный для размещения инженера и необходимого оборудования (рабочего стола, стула, контрольно-измерительных приборов, станков, а также справочных и рабочих материалов, инструментов, вычислительной техники и т.д.). Рабочее место должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78.

В соответствии с характером выполняемых работ, освещенность рабочего места СНиП 23-05-95 должна быть 200 лк – общая освещенность и 300 лк – комбинированное освещение.

При работе должны быть предусмотрены перерывы длительностью 20 мин через 1-2 ч после начала работы, длительностью 30 мин примерно через 2 ч после обеденного перерыва; обеденный перерыв длительностью не менее 40 мин находится примерно в середине рабочего дня. Перерывы должны использоваться для активного отдыха и лечебно-профилактических мероприятий и процедур.

Персоналу, который работает с ферритовыми порошками необходимо при себе иметь такие средства индивидуальной защиты, как: халат, очки, перчатки. А персоналу, который работает с оборудованием с повышенным уровнем шума для профилактики необходимо иметь такое средство защиты, такое, как беруши.

#### **5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

В ИФПМ СО РАН наиболее вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера. ЧС техногенного характера — это ситуации, которые возникают в результате производственных аварий и катастроф на объектах, транспортных магистралях и продуктопроводах;

пожаров, взрывов на объектах; загрязнения местности и атмосферы сильнодействующими ядовитыми веществами, отравляющими веществами, биологически (бактериологически) опасными и радиоактивными веществами. Аварии и катастрофы на объектах характеризуются внезапным обрушением зданий, сооружений, авариями на энергетических сетях (ТЭЦ, АЭС и др.), авариями в коммунальном жизнеобеспечении, авариями на очистных сооружениях, технологических линиях и т. д.

На случай возникновения чрезвычайной ситуации (землетрясение, наводнение, пожары, химическое либо радиоактивное заражение и т.п.) должен быть предусмотрен следующий комплекс мероприятий:

- рассредоточение и эвакуация;
- укрытие людей в защитных сооружениях;
- обеспечение индивидуальными средствами защиты;
- организация медицинской помощи пострадавшим.

В чрезвычайной обстановке особенно важное значение имеют сроки эвакуации людей за пределы зон возможного поражения или разрушений. В наиболее короткие сроки эвакуацию можно провести комбинированным способом, который заключается в том, что при его применении массовый вывод населения пешим порядком сочетается с вывозом некоторых категорий населения (пенсионеры, инвалиды, больные и т.д.) всеми видами имеющегося транспорта.

Рассредоточение и эвакуация населения комбинированным способом осуществляется по территориально - производственному принципу. Это значит, что вывод населения организуется через предприятия, учреждения, учебные заведения и домоуправление по месту жительства.

Ведение спасательных работ в районах производственных аварий существенно различаются в зависимости от размеров и опасности аварий и катастроф. Однако ряд требований к организации спасательных работ является общим.

Работы надо начинать немедленно, чтобы не дать возможности аварии

разрастись до катастрофических размеров. Очень важно обеспечить общественный порядок, что даст возможность свободному прибытию формирований гражданской обороны (ГО) к месту аварий.

Очень важны действия аварийно-технических формирований, которые немедленно должны отключить еще не поврежденные энергетические и коммунально-технические сети для локализации аварии.

Спасательные формирования ГО должны как можно быстрее приступить к работам по спасению людей, действуя совместно с формированиями ГО медицинской службы.

При недостатке сил своего объекта для спасательных работ распоряжением старшего начальника могут привлекаться территориальные формирования ГО и другие силы. Чем организованней, быстрее сработают все подразделения различных служб, тем меньше материального ущерба и человеческих жизней унесет авария.

Неотъемлемой частью комплекса защитных мероприятий на рабочем месте является мероприятия, направленные на обеспечение противопожарной безопасности. Используемый технологический процесс в условиях ИФПМ СО РАН согласно СНиП 11-2-80 относится к категории Д, так как использует негорючие вещества в холодном состоянии. В данном случае источником возгорания может оказаться неисправность и неправильная эксплуатация электроустановок.

Предусмотренные средства пожаротушения (согласно требованиям противопожарной безопасности СНиП 2.01.02-85): огнетушитель ручной углекислотный ОУ-5, пожарный кран с рукавом и ящик с песком (в коридоре). Кроме того, каждое помещение оборудовано системой противопожарной сигнализации.

Основными мероприятиями, обеспечивающими успешную эвакуацию людей и имущества из горящего здания, являются:

- составление планов эвакуации;

- назначение лица, ответственного за эвакуацию, которое должно следить за исправностью дверных проемов, окон, проходов и лестниц;
- ознакомление работающих в лаборатории сотрудников с планом эвакуации, который должен висеть на видном месте.

## Заключение

В ходе исследовательской работы показано, что:

1) Морфология порошка алюминия представляла собой сферические частицы регулярной формы, средний размер которых равен 2,5 мкм при среднеквадратичном отклонении 1,3 мкм. Порошок вольфрамата циркония состоял из одинарных и вытянутых удлиненных частиц. Средний поперечный размер частиц равен 1 мкм, средний продольный размер частиц – 8,3 мкм.

2) Установлено, что с ростом концентрации массовой доли вольфрамата циркония параметр решетки алюминия увеличивается, что, вероятно, может быть следствием действием остаточных напряжений и легированием матрицы при получении материалов.

3) Исследования растровой электронной микроскопии показали, что структура полученных псевдосплавов неоднородная – с ростом вводимой добавки на поверхности наблюдались белые включения  $ZrW_2O_8$ , средний размер которых составил 0,6 мкм.

4) Введение керамических частиц вольфрамата циркония способствует повышению механических свойств псевдосплавов. Наибольшие показатели механических характеристик достигнуты при введении 0,1 мас. % вольфрамата циркония с размером частиц не превышающим 0,5 мкм. Максимальное значение микротвердости составило 326 МПа, предела прочности – 162 МПа.

5) В экономической части проведен SWOT – анализ, который показал сильные и слабые стороны исследования. Смета расходов исследования составила 192046 рублей.

6) В разделе «Социальная ответственность» проведен анализ вредных воздействий на работника на рабочем месте, а также рассмотрены организационные вопросы по обеспечению безопасности в случае ЧП.

## Список используемой литературы

1. Gubanov A. I., Dedova E. S., Plyusnin P. E., Filatov E. Y., Kardash T. Y., Korenev S. V., Kulkov S. N. Some peculiarities of zirconium tungstate synthesis by thermal decomposition of hydrothermal precursors // *Thermochimica Acta* – 2014. V. 597 – pp.19-26.
2. Evans J. S. O. Negative thermal expansion materials // *Journal of the Chemical Society, Dalton Transactions* – 1999. Issue 19. – pp. 3317-3326.
3. Белов Н. А., Фазовый состав промышленных и перспективных алюминиевых сплавов. М: МИСиС, 2010. 510 с.
4. Лахтин Ю. М., Леонтьева В.П.. *Материаловедение*. – М.: Альянс–2013. – 528 с.
5. Кушнер В. С. *Материаловедение*. Омск: ОмГТУ, 2008. 223 с.
6. Щерецкий А. А, Шумихин В. С. Билецкий А. К., Апухтин В. В. Способ введения дисперсных частиц в расплавы: пат.2015188 Рос. Федерация: МКИ С22С1/10, 1/06 – № 5022257/02; заявл. 03.07.97; опубл. 30.06.94, Бюл. № 12.
7. Тарасов П. П. Процессы жидкофазного спекания и получение порошковых материалов на основе алюминия: дис. . канд. тех. наук: 05.16.06. Якутск, 2012. 114 с.
8. Иванов А. В. Разработка технологии получения новых композиционных материалов на основе  $Al-Al_2O_3$  с использованием реакционного спекания на воздухе порошковых алюминиевых заготовок: автореф. дис. канд. тех. наук: 05.16.06. М., 2015. 22 с.
9. Иванов А. В. Разработка технологии получения новых композиционных материалов на основе  $Al-Al_2O_3$  с использованием реакционного спекания на воздухе порошковых алюминиевых заготовок: дис. кан. тех. М., 2015.
10. Евдокимов И. А. Исследование структурно-фазового состава и физико-механических свойств алюмоматричных композиционных материалов,

упрочненных углеродными наноструктурами : дис. ... кан. тех. наук: 05.16.06. Владимир, 2013. 146 с.

11. Неввонен О. В. Активированный синтез и спекание керамических материалов систем MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- ZrO<sub>2</sub> с добавками нанопорошка алюминия: дис. . кан. тех. наук: 05.17.11 . Томск, 2006. 186 с.

12. Петрова Ю.А. Технология получения безусадочной корундовой керамики для производства бронеплитки: автореф. дис. ... канд. тех. Новосибирск, 2010. 17 с.

13. И. А. Евдокимов, Е. С. Прусов, А. В. Киреев Модифицированные углеродными наноструктурами функциональные металлматричные композиционные материалы на основе алюминия и его сплавов с повышенными механическими и эксплуатационными свойствами // ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ . 2010. №2 . С. 240.

14. Квасов Ф.И., Фридляндер И.Н. Алюминиевые сплавы типа дюралюмин. М.: Металлургия, 1984 . 240 с.

15. Фридляндер И.Н. Современные алюминиевые, магниевые композиционные материалы на их основе // ВИАМ. 2002

16. Лукин Е.С., Макаров Н.А., Попова Н.А., Кутейникова А.Л., Ануфриева Е.В., Жирнов Р.В. Прочная и особопрочная керамика на основе оксида алюминия и частично-стабилизированного диоксида циркония // Стекло и керамика. 2003. № 9.С. 32-34

17. Starke, E. A., Jr.; Staley, J. T. Progress in Aerospace Sciences // 1996. С. 132-172.

18. Гращенко Д.В. Керамические волокна оксида алюминия и материалы на их основе // ВИАМ. 2011..

19. Махмудзода М. Композиционные материалы на основе алюминия / М. Махмудзода // История науки и техники в современной системе знаний : Шестая ежегодная конференция кафедры Истории науки и техники, 8 февраля 2016. — Екатеринбург : УМЦ УПИ, 2016. — С. 259-264.

20. Кириленко А.Н. Судостроительные сплавы на основе алюминия // Специальная металлургия. 2010..

21. Tommens P. P. Synthesis and thermal expansion of ZrO<sub>2</sub>/ ZrW<sub>2</sub>O<sub>8</sub> composites/ P. P. Lommens, De Meyer C, E. Bruneel, K. De Buysser, I. Van Driessche, S. Hoste // Journal of the European Ceramic Society. –2005. – V. 25(16). – P. 3605-3610.

22. Дж. Е. Хэтч. Алюминий: свойства и физическое металловедение.Справочник. – М: Металлургия. – 1989. – 425 с.