

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки 03.03.02 «Физика»

Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Структурно-фазовое состояние и свойства циркониевого сплава Zr-2,5Nb

УДК 669.296:620.18

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б61	Ян Фань		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Степанова Екатерина Николаевна	к.т.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Киселева Елена Станиславовна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева Ирина Леонидовна			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОЭФ	Лидер А.М.	д.т.н., проф.		

## Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник способен)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Общекультурные компетенции</i>		
<b>Р1</b>	Использовать основные этапы и закономерности исторического развития общества, основы философских, экономических, правовых знаний для формирования мировоззренческой, гражданской позиции и использования в различных сферах жизнедеятельности	Требования ФГОС3+ (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4)
<b>Р2</b>	К самоорганизации и самообразованию, работать в коллективе, к коммуникации в устной и письменной формах, в том числе на иностранном языке, толерантно воспринимать социальные, этические и культурные различия, использовать методы и средства физической культуры, приёмы первой помощи и методы защиты в условиях ЧС.	Требования ФГОС3+ (ОК-5, ОК-6, ОК-7, ОК-8, ОК-9)
<i>Общепрофессиональные компетенции</i>		
<b>Р3</b>	Использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, современные концепции и ограничения естественных наук, использовать фундаментальные знания разделов общей и теоретической физики, математики для создания моделей и решения типовых профессиональных задач, в том числе с использованием знаний профессионального иностранного языка.	Требования ФГОС3+ (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-7)
<b>Р4</b>	Понимать сущность и значение информации, соблюдать основные требования информационной безопасности, использовать методы, способы, средства получения и хранения информации, решать стандартные задачи на основе информационной и библиографической культуры.	Требования ФГОС3+ (ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6)
<b>Р5</b>	Получить организационно-управленческие навыки при работе в научных группах, критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости профиль своей профессиональной деятельности, нести ответственность за последствия своей инженерной деятельности.	Требования ФГОС3+ (ОПК-8, ОПК-9)
<i>Профессиональные компетенции</i>		
<b>Р6</b>	<u>Научно-исследовательская деятельность</u> Проводить научные теоретические и экспериментальные исследования в областях: материаловедения, атомной и ядерной физики, водородной энергетики, физики плазмы с помощью современной приборной базы с использованием специализированных знаний физики и освоенных профильных дисциплин.	Требования ФГОС3+ (ПК-1, ПК-2)
<b>Р7</b>	<u>Научно-инновационная деятельность</u> Применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований, а также профессиональные знания и умения в результате освоения профильных дисциплин для проведения физических исследований в инновационных областях науки, используя современные методы обработки, анализа и синтеза информации.	Требования ФГОС3+ (ПК-3, ПК-4, ПК-5)
<b>Р8</b>	<u>Организационно-управленческая</u> Использовать на практике теоретические основы организации и	Требования ФГОС3+

	планирования физических исследований, участвовать в подготовке и составлении научной документации по установленной форме, понимать и применять на практике методы управления в сфере природопользования	(ПК-6, ПК-7, ПК-8)
<b>Р9</b>	<u>Педагогически-просветительская</u> Проектировать, организовывать, анализировать педагогическую деятельность, владеть последовательностью изложения материала с использованием междисциплинарных связей физики с другими дисциплинами, участвовать в информационно-образовательных мероприятиях по пропаганде и распространению научных знаний	Требования ФГОС3+ (ПК-9)

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки 03.03.02 «Физика»

Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_ Лидер А.М.

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
150Б61	Ян Фань

Тема работы:

Структурно-фазовое состояние и свойства циркониевого сплава Zr-2,5Nb

Утверждена приказом директора (дата, номер) 26.05.2020 г., №147-52/с

Срок сдачи студентом выполненной работы: 08.06.2020 г.

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p align="center"><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p align="center">Сплав циркония Zr-2,5Nb в мелко- и ультрамелкозернистом состояниях. Испытания на одноосное растяжение.</p>
--	--

<p align="center"><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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Обзор литературных источников;</li> <li>– Подготовка образцов;</li> <li>– Исследование структуры и фазового состава сплава Zr-2,5Nb в мелкозернистом состоянии;</li> <li>– Исследование структуры и фазового состава сплава Zr-2,5Nb в ультрамелкозернистом состоянии;</li> <li>– Сравнительное исследование механических свойств сплава Zr-2,5Nb в мелко- и ультрамелкозернистом состояниях;</li> <li>– Анализ полученных результатов;</li> <li>– Заключение.</li> </ul>
---	--

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Киселева Елена Станиславовна

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

Глава 1. Литературный обзор. Глава 2. Материал и методы исследования. Глава 3. Экспериментальные результаты. Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Глава 5. Социальная ответственность

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Степанова Екатерина Николаевна	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б61	Ян Фань		

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

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
150Б61		Ян Фань	
<b>Институт</b>	Инженерная школа ядерных технологий	<b>Кафедра</b>	Отделение экспериментальной физики
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	Физика
<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>			
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>		<i>Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ</i>	
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>		<i>30% премии; 20% надбавки; 16% накладные расходы; 30% районный коэффициент.</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>		<i>Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 30,2 %</i>	
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>			
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>		<i>Анализ и оценка конкурентоспособности НИ; SWOT-анализ.</i>	
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>		<i>Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет.</i>	
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>		<i>Определение эффективности проекта (оценка результатов)</i>	
<b>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):</b>			
1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>			
2. <i>Альтернативы проведения НИ</i>			
3. <i>График проведения и бюджет НИ</i>			
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>			
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>			

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Киселева Елена Станиславовна	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
150Б61	Ян Фань		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

### «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
150Б61	Ян Фань

<b>Школа</b>	ИЯТШ	<b>Отделение (НОЦ)</b>	Отделение экспериментальной физики
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление</b>	03.03.02. Физика

Тема ВКР:

Структурно-фазовое состояние и свойства циркониевого сплава Zr-2,5Nb

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

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Дифракционный анализ циркониевого сплава на рентгеновском дифрактометре. Циркониевый сплав можно наносить на материалы корпуса ядерного реактора.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <p>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p><b>1.</b> Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений СанПиН 2.2.4-548-96;</p> <p><b>2.</b> Нормы естественного и искусственного освещения предприятий, СНиП 23-05-95;</p> <p><b>3.</b> Допустимые уровни шумов в производственных помещениях. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ.</p>
<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p><b>1.</b> Микроклимат;</p> <p><b>2.</b> Поражение электрическим током;</p> <p><b>3.</b> Освещенность;</p> <p><b>4.</b> Электромагнитные излучения;</p> <p><b>5.</b> Шум.</p>
<p><b>3. Экологическая безопасность:</b></p>	<p><b>1.</b> анализ воздействия объекта ВКР и области его использования на ОС;</p> <p><b>2.</b> разработка решений по обеспечению экологической безопасности</p>
<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p>	<p>Выбор и описание возможных ЧС; типичная ЧС – пожар.</p> <p><b>1.</b> разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</p> <p><b>2.</b> разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</p>

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева Ирина Леонидовна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б61	Ян Фань		

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Уровень образования бакалавриат

Направление подготовки 03.03.02 «Физика»

Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

Период выполнения \_\_\_\_\_

Форма представления работы:

бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН

#### выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы: \_\_\_\_\_

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.2020	Аналитический обзор литературы	15
01.09.2020	Приготовление образцов циркониевого водородного сплава	15
30.12.2020	Структурно-фазовые и механические свойства циркониевого сплава	20
30.04.2020	Анализ результатов	15
25.05.2020	Социальная ответственность	15
25.05.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
25.05.2020	Заключение	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Доцент	Степанова Екатерина Николаевна	к.т.н.		
--------	-----------------------------------	--------	--	--

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОЭФ	Лидер А.М.	Д.Т.Н.		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа Страница 77, Рисунок 10, Ссылка 20.

Ключевые слова: циркониевый сплав, структура и фазовый состав, механические свойства.

Цель работы: Сравнительное исследование структурно-фазового состояния и механических свойств циркониевого сплава Zr-2.5Nb в мелкозернистом (размер зерен изменяется в интервале 3-5 мкм) и ультрамелкозернистом (УМЗ) состояниях.

В этой дипломной работе было изучено структурно-фазовое состояние и механические свойства циркониевого сплава Zr-2,5Nb. Были использованы методы оптической металлографии, просвечивающей микроскопии, рентгеноструктурного анализа, испытания на одноосное растяжение.

В первой главе описаны физико-химические свойства циркония, свойства и области применения.

Во второй главе описаны используемые в работе экспериментальные методы. Включая использование электронной просвечивающей микроскопии для наблюдения микроструктуры кристалла, рентгеноструктурного анализа и метода одноосного растяжения.

В третьей главе приведены полученные экспериментальные результаты и их анализ.

В четвертой главе описан финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение данной работы.

В пятой главе описана социальная ответственность проведенного исследования.

## Оглавление

Введение.....	15
Глава 1. Литературный обзор.....	18
1.1. Общая информация о цирконии .....	18
1.2. Механические свойства циркония и его сплавов .....	20
1.3. Использование циркония и циркониевых сплавов.....	22
1.3.1. Цирконий металл.....	22
1.3.2. Свойства циркониевого сплава.....	24
Глава 2. Материал и методы исследования.....	27
2.1. Подготовка образцов .....	27
2.1.1. Шлифование .....	27
2.1.2. Травление .....	27
2.1.3. Процесс и способ химической полировки .....	31
2.2. Оптическая металлография .....	32
2.3. Просвечивающий электронный микроскоп JEM-2100 .....	33
2.4. Рентгеноструктурный анализ.....	35
2.4.1. Исследование рентгеновского анализа .....	35
2.4.2. Дифрактометр XRD-7000 .....	36
2.5. Испытания на одноосное растяжение .....	37
2.5.1. Общее описание метода.....	37
2.5.2. Описание методики.....	40
Глава 3. Экспериментальные результаты .....	41

3.1. Исследование структуры и фазового состава циркониевого сплава Zr-2,5Nb .....	41
3.2. Исследование механических свойств циркониевого сплава Zr-2,5Nb ..	43
Выводы .....	45
Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	46
4.1. Структура работ в рамках научного исследования .....	46
4.2 SWOT.....	49
4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	55
4.4.1 Расчет материальных затрат НТИ .....	55
4.4.2 Расчет заработной платы .....	57
4.4.3 Расчет затрат на социальный налог .....	57
4.4.4 Расчет затрат на электроэнергию.....	57
4.4.5 Расчет амортизационных расходов .....	58
4.4.6 Непосредственно учитываемые расходы.....	59
4.4.7 Стоимость всего проекта .....	59
Глава 5. Социальная ответственность.....	62
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	62
5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	62
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя .....	62
5.2 Производственная безопасность .....	64
5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования .....	64
5.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований .....	66

5.2.2.1	Вредные и вредные производственные факторы, связанные со звуковой вибрацией ....	66
5.2.2.2	Опасности, вызванные использованием компьютера в течение длительного времени ..	66
5.2.2.3	опасные и вредные производственные факторы, связанные со световой средой.....	67
5.2.2.4	повышенный уровень ионизирующего излучения.....	68
5.2.3	Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.....	69
5.3	Экологическая безопасность.....	70
5.3.1	Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду .....	70
5.3.2	Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду .....	71
5.3.3	Обоснование мероприятий по защите окружающей среды .....	71
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	72
5.4.1	Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований .....	72
5.4.2	Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС .....	73
	Список использованных источников .....	77

## Введение

Циркониевые сплавы используются в ядерных энергетических реакторах, имеет низкое сечение захвата нейтронов, высокую температуру плавления, высокую и стабильную коррозионную стойкость, хорошую пластичность и высокие прочностные характеристики в воде, паре и других агрессивных средах. Также изделия из этих материалов широко применяются в медицине. Однако при эксплуатации в условиях радиационного воздействия прочностные характеристики этих сплавов недостаточны. Повысить их можно путем формирования ультрамелкозернистой структуры.

Механические свойства и сопротивление водородному охрупчиванию циркония и его сплавов могут быть значительно улучшены за счет образования в этих материалах ультрамелкозернистых кристаллов. В настоящее время все наиболее распространенные методы формирования ультрамелкозернистых структур в металлических материалах основаны на методах усиленной пластической деформации (ИПД). Использование метода IPD уменьшает размер структурных элементов в материале до наноразмеров, что приводит к увеличению прочностных свойств в 1,5-2 раза.

Мелкое зерно очень важно и имеет важное инженерное применение.

(1) В высокопрочных сталях рафинирование зерна повышает вязкость, помогает предотвратить хрупкое разрушение, снижает температуру хрупкого перехода и улучшает ассортимент используемых материалов.

(2) В низкопрочных сталях (например, низкоуглеродистых конструкционных сталях) для повышения предела текучести эффективно используется измельчение зерна. В частности, ультрамелкодисперсные кристаллические ткани оказывают более заметное влияние на повышение прочности и жесткости.

(3) В случае сверхпластической деформации можно получить мелкое зерно с требуемой сверхпластической деформацией. Так как механизм управления сверхпластичной деформацией является межкристаллитным скольжением, изометрическая мелкая зернистость более благоприятна для межкристаллитного скольжения.

Измельчение зерна может быть достигнуто следующими способами.

С другой стороны, состав сплава может быть отрегулирован для увеличения способности жидкого металла к переохлаждению и скорости зарождения для получения мелких первичных кристаллов.

2) Заблокировать пластическую деформацию и строго контролировать последующий процесс реверсирования и рекристаллизации для получения мелкозернистой ткани. Использование низкотемпературной прокатки и последующего контролируемого охлаждения является эффективным процессом получения мелкокристаллических тканей.

(3) Путем перенасыщения и разложения твердого раствора или спекания порошка в сплаве получается вторая фаза с дисперсионным распределением для контроля роста зерен матричной ткани.

4) Зерно рафинируется путем многократного быстрого нагрева и охлаждения с помощью термической цикличности для изотопного превращения.

**Цель работы:** провести сравнительное исследование структурно-фазового состояния и механических свойств циркониевого сплава Zr-2.5Nb в мелкозернистом и ультрамелкозернистом состояниях..

Для достижения этой цели следующие задачи должны быть решены:

1. исследование литературные данные, касающиеся исследований циркония и его сплавов;
2. познакомиться с методами исследования;

3. провести сравнительные исследования структурно-фазового состояния циркониевого сплава в мелкозернистом и ультрамелкозернистом состояниях;
4. провести сравнительные исследования механических свойств циркониевого сплава в мелкозернистом и ультрамелкозернистом состояниях

## Глава 1. Литературный обзор

### 1.1. Общая информация о цирконии

Цирконий является химическим элементом с атомным номером 40. Он относится к группе 4 периодической таблицы химических элементов (в соответствии с устаревшим сокращением периодической таблицы элементов, он относится к боковым группам группы IV или группы IVB) в пятом периоде таблицы. Он представлен символом Zr (из циркона), а атомная масса элемента составляет 91,224 (2) а. е. м. [1]. Цирконий - это блестящий серебристо-серый металл. Обладает коррозионной стойкостью и высокой пластичностью.

Основными фазами изученного нами сплава Zr-2,5% Nb являются  $\alpha$ -Zr с ГПУ-решеткой и  $\beta$ -Zr ( $\beta$ -Nb) с ОЦК-решеткой. Относительное содержание сплава при деформации при высокой температуре в значительной степени определяет свойства получаемого полуфабриката и характеристики процесса деформации.

#### Физические свойства

Металлический цирконий, атомный номер 40, атомный вес 91,224, серебристо-серый металл, похож на сталь, блестящий, температура плавления 1852 ° С, температура кипения 4377 ° С, плотность 6,49 г/см<sup>3</sup>

Атомный номер 40

Количество протонов 40

Твердость по Моосу 4,5

Температура плавления 1852 ° С

Температура кипения 4377 ° С

Плотность 6,49 г / см<sup>3</sup>

Удельный вес 6,49

Атомная масса 91,224

Объем 14,1 см<sup>3</sup>/ моль

Кристаллическая структура: элементарная ячейка представляет собой плотно упакованную шестиугольную элементарную ячейку.

Параметры элементарной ячейки:

$$a = 323,2 \text{ пм } \alpha = 90^\circ$$

$$b = 323,2 \text{ пм } \beta = 90^\circ$$

$$c = 514,7 \text{ пм } \gamma = 120^\circ$$

### **Химические свойства**

Цирконий легко поглощает водород, азот и кислород, цирконий обладает сильным сродством к кислороду, и его растворимость в цирконии при 1000 ° С может значительно увеличить его объем. Поверхность циркония легко образует оксидную пленку с блеском, поэтому внешний вид похож на стальной. Он устойчив к коррозии, но растворим в плавиковой кислоте и царской водке. При высоких температурах он вступает в реакцию с неметаллическими элементами и многими металлическими элементами с образованием твердого раствора. Цирконий обладает хорошей пластичностью и легко перерабатывается в листы и провода. При нагревании цирконий может поглощать большое количество газов, таких как кислород, водород и азот, и может использоваться в качестве материала для хранения водорода. Цирконий обладает лучшей коррозионной стойкостью, чем титан, и близок к танталу и ниобию. Цирконий и стронций являются двумя химически сходными и симбиотическими металлами и содержат радиоактивные материалы [3]

## 1.2. Механические свойства циркония и его сплавов

Циркониевый сплав широко используются в ядерной промышленности для оболочек топлива. Эти сплавы представляют значительный интерес как перспективные материалы для медицинской науки.

Улучшение комплекса механических и функциональных свойств бинарных сплавов Nb-Zr важно для медицины благодаря их превосходной биосовместимости. Также известно, что циркониевые сплавы в ультрамелкозернистом состоянии, полученные в результате сильной пластической деформации (SPD), обладают высоким комплексом механических и коррозионных свойств, которые могут конкурировать с титановыми сплавами. Наиболее перспективным методом получения ультрамелкозернистой структуры в объемных образцах является равное канальное угловое прессование (ECAP). Представляет интерес усовершенствование режимов СПД для обработки циркониевых сплавов с целью создания наиболее предпочтительной ультрамелкозернистой структуры, улучшения ее термостойкости и улучшения комплекс свойств материала. В данной работе было проведено исследование структуры, фазового состава и механических свойств промышленного циркониевого сплава Zr-2,5% Nb после ECAP с различной конечной температурой.

Благодаря своим благоприятным механическим свойствам, коррозионной стойкости, низкому сечению захвата тепловых нейтронов и критичности циркониевые сплавы широко используются в качестве материалов оболочки топлива в ядерно-легководных реакторах. Поскольку основными функциями этих конструкционных материалов является поддержание целостности UO<sub>2</sub> топливные стержни и предотвращают выброс продуктов деления в биосферу, 2 детальное знание их структурной стабильности имеет решающее значение для обеспечения безопасной эксплуатации ядерных реакторов, а также безопасности хранения, транспортировки или утилизации использованных ядерных топливных сборок.

Циркониевый сплав с большей вероятностью вступает в реакцию с кислородом, образуя пассивирующий слой толщиной в нанометры. При наличии некоторых примесей коррозионная стойкость сплава будет значительно снижена. (например, более 40 ч / млн углерода или более 300 ч / млн азота). Коррозионная стойкость циркония Сплавы усиливаются за счет преднамеренного создания более толстого пассивирующего слоя из черного блестящего оксида циркония. Также могут быть использованы нитридные покрытия.

Хотя нет единого мнения о том, имеют ли цирконий и циркониевые сплавы одинаковую скорость окисления, рабочие характеристики циркония 2 и циркония 4 очень похожи. Оба могут окисляться с одинаковой скоростью в воздухе или воде, и это явление происходит в окружающей среде или в высоком вакууме. Затем на поверхности быстро образовывался тонкий слой субмикронного диоксида циркония, чтобы предотвратить диффузию кислорода в объем и его окисление. Зависимость скорости окисления  $R$  от температуры и давления можно выразить как

$$R = 13,9 \cdot P1 / 6 \cdot \exp(-1,47 / kBT)$$

Здесь скорость окисления  $R$  выражается в граммах / (см<sup>2</sup> · с),  $P$  - давление в атмосфере, то есть коэффициент  $P1 / 6 = 1$  при атмосферном давлении, энергия активации составляет 1,47 эВ,  $kB$  - постоянная Больцмана ( $8,617 \cdot 10^{-5}$  эВ / К) и  $T$  - абсолютная температура в кельвинах.

Таким образом, скорость окисления  $R$  составляет 10-20 г на 1 м<sup>2</sup> площади в секунду при 0 ° С,  $6 \times 10^{-8}$  мгхм<sup>-2</sup>с<sup>-1</sup> при 300 ° С, 5,4 мгхм<sup>-2</sup>с<sup>-1</sup> при 700 ° С и 300 мгхм<sup>-2</sup>с<sup>-1</sup> при 1000 ° С. В то время как нет четкого порога окисления, оно становится заметным в макроскопических масштабах при температурах в несколько сотен ° С.

В присутствии воды сплавы циркония окисляются по реакции  $Zr (s) + 2H_2O \rightarrow ZrO_2 (s) + 2H_2 (г)$ , т. е. образуя поверхностный оксидный слой и газообразный  $H_2$ . По оценкам, 5-20% этого водорода продукт поглощается

этим плакирующими материалами из сплавов Zr и дополнительно диффундирует вверх по градиентам гидростатических напряжений, а также к градиентам термических и концентрационных концентраций, что приводит к сложным гетерогенным распределениям водорода в этих материалах. 1 Поскольку предел растворимости водорода низкий (около 3 ат.% при типичные рабочие условия реактора), осаждение гидрида Zr при перезарядке происходит, когда достигается предельная растворимость в твердом состоянии (TSS) водорода в сплавах Zr. 3 Хотя фазовая диаграмма Zr-H известна с 1950-х годов и остается в основном неизменной 4, В течение последних нескольких десятилетий структуры, механизмы формирования и стабильность фаз Zr-гидрида в чистых матрицах из сплавов  $\alpha$ -Zr или Zr были предметом многочисленных дискуссий. 1,6 Это связано с запутанной взаимосвязью, существующей между термомеханическая история материалов из Zr или Zr-сплавов и полученные в результате морфологии, макроскопические распределения и ориентации ансамбля микромасштабных осадков гидрида Zr, часто связанные с последовательным растворением и повторным осаждением гидридов Zr со значительным гистерезисом между водородом TSS при растворении и осаждении [4].

### **1.3. Использование циркония и циркониевых сплавов**

#### **1.3.1. Цирконий металл**

С 1930-х годов цирконий используется в промышленности. Из-за высокой стоимости циркония использование металлического циркония подвержено многим ограничениям.

Единственной российской компанией, специализирующейся на производстве циркония, является Чепецкий машиностроительный завод.

Цирконий и его соединения широко используются. Большая часть циркония используется в качестве концентрированных концентратов, а

примеси могут быть удалены без или почти без химической обработки. В то время как диоксид циркония потребляется в больших количествах, количество потребляемого металла намного меньше по сравнению с ним.

Температура плавления тепловых нейтронов циркония очень высока, но сечение захвата очень мало. Поэтому металл без циркония и его сплавы используются в ядерной энергетике для изготовления тепловыделяющих сборок, топливных элементов и других конструкций ядерных реакторов.

В металлургии он используется в качестве вязальной проволоки. Это хороший раскислитель и денитрификатор, его эффективность лучше, чем у Mn, Si, Ti. Легированная сталь циркония (до 0,8%) может улучшить свои механические свойства и обрабатываемость. Это также делает медный сплав более долговечным и термостойким, в то же время проводимость слегка снижается.

Цирконий обладает очень хорошей способностью сжигать кислород (температура самовоспламенения  $-250^{\circ}\text{C}$ ), не курить, а скорость горения очень высокая. Поэтому самая высокая температура металлического топлива ( $4650^{\circ}\text{C}$ ) появилась. Из-за высокой температуры генерируемый оксид циркония излучает много света, поэтому цирконий очень широко используется в пиротехнике, химических источниках света, используемых в различных областях человеческой деятельности, таких как бомбы и т. Д. В то же время он широко используется в фотографии как часть вспышки, Пока не заменена электронная вспышка. Для применения в этой области интерес представляет не только металлический цирконий, но и его сплав с церием. Порошок циркония смешивают с окислителем (солью Беттолетова) в качестве пиротехнической

сигнальной лампы и предохранителя. Запрещается курить инструмент, который может заменить взрывоопасную ртуть и азид свинца. Успешные эксперименты были проведены с использованием сжигания циркония в качестве источника лазера накачки.

Цирконий является заменителем драгоценных металлов. Он используется в виде конструкционных материалов для изготовления кислотостойких химических реакторов, клапанов и насосов. В атомной энергии цирконий является основным материалом топливного элемента.

### **1.3.2 Свойства циркониевого сплава**

Циркониевые сплавы в настоящее время часто используются в ядерной энергетике и медицине. Доля других отраслей относительно невелика. Хотя различные сплавы из этого сырья приобрели популярность, сам цирконий не стал популярным материалом, поскольку его качество намного хуже, чем у сплавов того же металла.

Есть много областей, где циркониевые сплавы наиболее активны, такие как оболочка топливных элементов, топливных труб и тепловыделяющих сборок. Характеристики самого циркония зависят от очень низкого сечения поглощения нейтронов, которое уступает только таким веществам, как магний и бериллий. Температура плавления циркония все еще очень высока. Циркониевые сплавы имеют разные характеристики в разных местах, имеют высокую коррозионную стойкость в воде, пароводяных смесях и насыщенном и перегретом паре (максимальная температура составляет около 350-360 градусов по Цельсию). В то же время ожидается, что температурный предел увеличится до более высоких значений через несколько лет. Характеристики циркониевого

сплава по механической устойчивости очень высоки, и благодаря легированию может быть достигнута высокая прочность материала.

Если для изменения состава циркониевого сплава с целью увеличения содержания циркония до 2,5% используется ниобий, прочность при этом увеличивается до 280, 220, 200 и 180 МПа при той же температуре. Однако этот материал имеет много недостатков: когда температура достигает 320-350 градусов Цельсия или выше, сплав, содержащий цирконий, будет ползти. Следовательно, образуются гидрид циркония и другие вещества, что значительно снижает пластичность сырья, и металл становится более хрупким

### **Применение циркония в медицине**

Циркониевые сплавы широко используются в медицине. Ученые обнаружили, что ношение браслета из диоксида циркония может помочь в лечении определенных заболеваний и улучшить здоровье человека.

Сегодня имплантаты (фиксаторы) часто используются в таких областях медицины, как травматология и челюстно-лицевая хирургия. Фиксатор используется для разрушения костей и фиксации кости, чтобы она не двигалась. В этих случаях можно выделить преимущества использования циркониевых сплавов, такие как: высокая биосовместимость (что означает, что у тела нет аллергических реакций или реакций отторжения к этому сплаву) и высокие прочностные характеристики сплава, которые очень важны для крепежителей. Также стоит отметить, что если организм человека внезапно начнет отказываться от имплантата, отторжение или аллергия на это вещество не приведут к тому, что для удаления фиксатора не требуется повторных процедур.

### **Применение циркония в ядерной энергетике**

До 1950-х годов цирконий считался непригодным для этой области. Однако только в 1950-х годах был произведен материал, полностью свободный от примесей, таких как гафний. После очистки сечение поглощения исходного чистого циркониевого теплового нейтрона очень мало.

Необходимо добавить, что чистый очищенный цирконий не может быть использован, поскольку коррозионная стойкость в горячей воде слишком низкая. Позже было решено использовать сплавы на основе циркония. Оказывается, они очень подходят для паровых и водяных реакторов и других подобных агрессивных сред.

### **Общее назначение сплава**

Цирконий очень широко используется в качестве легирующего элемента. Это связано с тем, что металл, к которому добавляется вещество, становится более теплостойким, кислотостойким и т. Д. То есть характеристики сплава металла и циркония значительно превышают исходное сырье. Железный цирконий широко используется. Это сплав циркония и железа. Легирующий элемент Zr достигает 20% от общей массы. Это вещество используется в качестве раскислителя и деаэрата для стали в металлургии.

В черной металлургии, помимо ферро-циркония, часто используются сплавы Zr и кремния. Примените это к стальной дегазации. Медные и циркониевые сплавы широко используются при изготовлении токопроводящих компонентов для электрооборудования.

## **Глава 2. Материал и методы исследования**

Сплав Zr-2,5Nb был использован в качестве материала исследования.

### **2.1. Подготовка образцов**

#### **2.1.1. Шлифование**

Независимо от используемого метода, процесс шлифования включает в себя механическое удаление тонкого металлического поверхностного слоя. В этом случае уменьшение шероховатости в основном связано с использованием абразивных частиц для уменьшения высоты микропроекции. Его можно полировать на плоском основании или на вращающемся круге, на который наклеивается кожа или фиксируется зажимным кольцом.

Чтобы получить высококачественные микроразрезанные поверхности, в процессе шлифования они будут последовательно проникать в другую оболочку из одной оболочки с уменьшением размера абразивных частиц. При ручном шлифовании движение образца происходит под углом  $90^\circ$  по отношению к направлению предварительно обработанной царапины. По мере уменьшения размера абразивных частиц и глубины отметки на поверхности, а также толщину деформированного поверхностного слоя за счет шлифования.

Толщина этого слоя обычно считается в 10-15 раз больше размера абразивных частиц. Деформация поверхностного слоя при низкой твердости образца более очевидна, поэтому необходимо уменьшить усилие, прижимающее образец к поверхности кожи. Постоянно шлифуйте, пока все царапины предыдущей операции не будут удалены, а затем снова удалите алмазную пыль, прикрепленную к образцу, и используйте более тонкий абразив для полировки. После измельчения образец промывают.

После шлифования поверхность образца полируется, целью которой является устранение риска воздействия абразивных частиц.

Применяют механический, химико-механический и электрохимический способы полировки.

#### **2.1.2. Травление**

В большинстве случаев идентификация микроструктур сводится к образованию низкого рельефа на полированной поверхности, где нерегулярная структура повторяет положение и форму отдельного кристаллита. Такой рельеф можно создать методами химического и электрохимического травления, слабого окисления при нагреве, осаждения магнитного порошка на Полированные поверхности из-за изменения объема сплава образуют рельефы на полированной поверхности.

В процессе химического или электролитического травления, во-первых, на границе между зернами образуется канавка, а во-вторых, образуется неровная шероховатость поверхности зерен разных фаз или даже одной фазы (если появятся разные зерна одной и той же фазы Последнее) Различные плоскости решетки совпадают с плоскостью тонкого сечения). Поскольку атомы в этих областях имеют повышенную энергию, на границе образуются бороздки, что облегчает реакцию химического растворения. Неравномерная шероховатость на поверхности кристаллических зерен разных фаз или даже одной и той же фазы обусловлена одной и той же причиной - из-за природы разных фаз или плотности упаковки атомов в разных плоскостях кристаллической решетки зерен одной и той же фазы химическая активность не равны. Поскольку атомы в ядре зерна имеют меньшую энергию, чем на границе, рельеф на поверхности глубже, чем на границе. При наблюдении отраженного света максимальный оптический контраст будет создаваться между рельефными участками различной глубины, то есть на максимальной глубине. Между границей зерна и основным телом. Из-за небольшой разницы в глубине неровностей на его поверхности контраст между различными зернами намного слабее.

При воздействии травителя однофазные зернистые структуры с различной кристаллографической ориентацией имеют разную степень растворения или окрашивания. На стыке кристаллических зерен (межзеренных границ) накопление примесей является наибольшим, а искажение решетки концентрируется, поэтому травление улучшается. При просмотре под

микроскопом эта структура будет представлять частицы разных цветов с четко различимыми границами.

Когда травленные микросрезы фотографируются с помощью металлографического микроскопа, свет будет отражать свет, отличающийся от разных компонентов фазы травления.

Слегка корродированные компоненты фазы будут отражать больше света и казаться яркими. Компоненты с сильно протравленной фазой отражают меньше света из-за рассеяния света и выглядят темнее.

В таблице приведены наиболее часто используемые реагенты для травления сплавов.

№	Реагент состав	фактор ограничения
1	3-5 кубических сантиметров азотной кислоты, 100 кубических сантиметров этанола (или воды)	Подходит для всех видов обработанной стали и чугуна
2	Насыщенный водный раствор винной кислоты	Феррит становится черным
3	5 – 10 г хлорного железа, 15 – 30 см <sup>3</sup> соляной кислоты, 100 см <sup>3</sup> воды	Используется для легированной стали, содержащей хром и вольфрам. Для сплавов латуни, бронзы, нержавеющей стали и никеля
4	20 кубических сантиметров азотной кислоты, плавиковой кислоты, 60 кубических сантиметров глицерина	Титановый сплав
5	Азотная кислота 2-3 см <sup>3</sup> , плавиковая кислота 1,5-3 см <sup>3</sup> , вода 95 см <sup>3</sup>	Титановый сплав
6	10 мл азотной кислоты, 20-30 мл	Используйте попеременное

	соляной кислоты, 30 мл глицерина	травление и полировку для определения структуры высокохромистой, быстрорежущей и аустенитной марганцевой стали в закаленном состоянии.
7	1-5 мл азотной кислоты, 100 мл этанола или метанола	Перлит окрашивается в темный цвет, раскрывая, таким образом, границы зерен феррита, структуру мартенсита и закаленных изделий.
8	5 г хлорного железа, 50 мл соляной кислоты, 100 мл воды	Изучить структуру аустенитной стали с высоким содержанием никеля из нержавеющей стали.
9	40 мл соляной кислоты, 5 г перхлората меди, 30 мл воды, 25 мл этанола	Используется для обнаружения стального напряжения и отвердения. Время травления 10с

Явление после травления - изменение цвета поверхности тонкой части. После травления микросрезы промывали хлопчатобумажной тканью, пропитанной спиртом, а затем сушили фильтровальной бумагой. Определите микроструктуру. Если структура слишком темная, тонкие детали подвергают травлению, и их необходимо полировать и травить снова, чтобы уменьшить время выдержки или потерять травитель. При выявлении структуры металла с высокой химической стойкостью не всегда возможно идентифицировать структуру во время химического травления. В этом случае следует использовать электролитическое травление. Электролитическое травление производится на специальном оборудовании. Эта часть помещается в электролит. Анод это та же часть. Нержавеющая сталь используется в качестве протравленного катода. Напряжение во время электролитического травления составляет от 2 до 6 В. Ключом к успешной идентификации микроструктуры

является правильный выбор состава электролита, электрического рисунка и времени травления.

Для травления предварительно протрите макросекцию спиртом или другим составом для удаления поверхностных загрязнений, а затем погрузите ее в ванну с реагентом, чтобы она не соприкасалась со стенкой ванны, имеющей полированную поверхность. Для отопления водяная ванна устанавливается в водяной бане или под действием другого источника тепла. Травление производится в вытяжке. Используйте пинцет или резиновые перчатки, чтобы удалить макросекцию из реагента.

### **2.1.3. Процесс и способ химической полировки**

Химическая полировка - это погружение инструмента в контейнер с химически активным раствором, в котором металл растворяется в результате химических и локальных электрохимических процессов. Шероховатость поверхности уменьшается или полностью устраняется, и обрабатываемая поверхность становится блестящей. Процесс химического полирования сопровождается быстрым высвобождением кислот или щелочных газов и паров.

В процессе полировки устраняется накопление пузырьков воздуха в одной детали, так как они снижают качество полировки. Основным преимуществом химической полировки является то, что этот метод очень прост и удобен. Всего несколько минут, чтобы погрузить заготовку в соответствующее решение, без необходимости использования сложного оборудования.

Недостатки этой полироли включают в себя сложность регулировки количества раствора и короткий срок службы. А используемые растворы настолько опасны для здоровья человека, что такая полировка не может быть проведена без соответствующей подготовки. Блеск поверхности меньше, чем при электрохимической полировке. Химическое полирование в основном производится на сложных конструкциях и мелкогабаритных латунных или алюминиевых деталях.

## 2.2. Оптическая металлография

Изучение результатов сплавов является очень важной частью. Оптическая металлография является методом, который мы часто используем. С помощью металлографического микроскопа, вы можете изучить структурные детали металлических материалов, таких как поры и трещины, зерна и неметаллические включения. Эти детали определяют уровень механических свойств материала. В то же время в текущем эксперименте металлургические исследования не могут проводиться без оптической микроскопии. Наиболее часто используемый метод в оптической микроскопии состоит в том, чтобы сначала определить размер зерна однофазных материалов (например, размер зерен феррита или аустенита в стали), определить тип и содержание неметаллических включений в металлах и сплавах и определить два Объемная доля фаз в фазовых и многофазных системах. После определения этих данных нам необходимо выполнить следующие задачи: поместить специально подготовленную деталь, перпендикулярную оптической оси микроскопа, на плоскость, перекрывающую переднюю главную фокальную плоскость линзы. Поперечное сечение освещается световым пучком, который почти параллелен световому пучку, проходящему через линзу, и формируется системой освещения. Свет, отраженный от тонкой части поверхности плоской части, попадает в объектив. Свет, отраженный от небольшого столкновения, не попадет в объектив. Окончательное изображение формируется окуляром. Гладкая часть тонкой части, перпендикулярной оптической оси микроскопа, на конечном изображении выглядит ярче, а часть, наклонная к этой оси, темнее. Следовательно, показаны границы зерен материала, частиц второй фазы, пор и других структурных элементов. В качестве объектов исследования использовались образцы, полученные различными методами (сварка, пайка, нанесение покрытия, литье). В то же время, чтобы изучить структуру образца, мы решили использовать наждачную бумагу, алмазную резку и последующее шлифование в соответствии со стандартными методами для подготовки металлографических ломтиков. И использовать специальный травитель. Микроскоп Axiovert 40 MAT использовался для металлографических

исследований. Используйте метод выделения поля яркости, чтобы проверить структуру при увеличении от  $\times 250$  до  $\times 950$ . С помощью этого метода можно детектировать топографические детали исследуемой структуры за счет рассеяния света за пределами линзы. Используя рентгеновский микроанализатор JXA-5A (JEOL) при ускорении напряжения 20 кВ и диаметре зонда 10 мкм, в России Институт геологии Сибирской академии наук изучал распределение химических элементов. Образцы, использованные для исследования, были подготовлены в соответствии со стандартными методами, включая механическое измельчение и затем механическое измельчение. Используйте регистратор для записи кривой концентрации химических элементов.

### **2.3. Просвечивающий электронный микроскоп JEM-2100**

Трансмиссионная электронная микроскопия играет важную роль в изучении новых материалов и наноматериалов. Электронный микроскоп JEM-2100 является новейшей моделью микроскопа 200 кВ производства компании JEOL, которая сочетает в себе высокие электронно-оптические параметры, многочисленные методологические возможности получения и вывода информации, эффективность и простоту использования. Микроскоп оснащен осветленным катодом LaB<sub>6</sub>, цифровым сканирующим оборудованием, оборудованием для изменения угла сходимости электронного пучка для исследований методом пучковой конвергенции и гониометром с пьезоэлектрическим управлением положением объектов атомного уровня. Конструкция микроскопа улучшает виброустойчивость. С помощью CCD-камеры высокого разрешения вы можете выводить изображения на флуоресцентный экран и монитор. Операционная система WINDOWS используется для управления многофункциональной фотоэлектрической системой и отображения изображений устройства.

#### **Тип проведенного анализа:**

Светлые и темные изображения тонких объектов «под светом»;

Прямое разрешение изображения решетки;

Изображение в растровом режиме;

Сходим изображение в луче.

**Технические характеристики:**

Ускоряющее напряжение	80, 100, 120, 160, 200 кВ	
Разрешение по точкам	0.19 нм	
Разрешение по решетке	0.14 нм	
Коэффициент сферической аберрации	1.1 мм	
Диаметр пятна	в просвечивающем режиме	20 – 200 нм
	в режиме сходящегося пучка	0.5 – 25 нм
Увеличение	в режиме низкого увеличения	×50 – 6 000
	в режиме увеличения	×2 000 – 1 500 000
	в растровом режиме	×8 000 – 800 000
Углы наклона образца X/Y	±25°/±25°	
Размеры матрицы CCD камеры	24 мм × 36 мм (4032 × 2688 pixel)	

**Объекты исследования:**

Целью микроскопии является изучение истинного строения блоков, порошков, пленок и других объектов в физике твердого тела, материаловедении и биологии. К ним относятся углеродные наноматериалы (нанотрубки, фуллерены), высокотемпературные сверхпроводники, неорганические нанопорошки и тонкие пленки, оптоэлектронные материалы и др.

**Примеры изображений, полученных с помощью JEM-2100:**

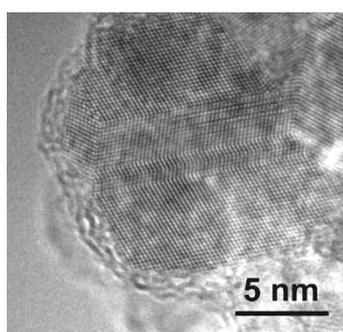


Рисунок 1 – Двойники в кристаллической решетке наночастицы алмаза



Рисунок 2 – Дислокации несоответствия в эпитаксиальной пленке AlN на кремниевой подложке

## 2.4. Рентгеноструктурный анализ

### 2.4.1. Исследование рентгеновского анализа

Рентгеновский дифракционный анализ - метод, используемый для изучения структуры вещества по пространственному распределению и интенсивности рентгеновских лучей, рассеянных аналитом. (рентгеновское электромагнитное ионизационное излучение занимает спектральную область между гамма-излучением и ультрафиолетовым светом в диапазоне длин волн от  $10^{-12}$  до  $10^{-5}$  см).

Рентгеновский дифракционный анализ основан на взаимодействии рентгеновских лучей с электронами материалов, а также на дифракции нейтронов и электронов, приводящей к рентгеновской дифракции, которые являются методами дифракционной структуры.

Рентгеновская дифракция - рассеяние рентгеновских лучей кристаллами (или молекулами жидкости и газа) через структуру рассеянного объекта, второе отклонение пучка той же длины волны происходит при взаимодействии первичного рентгеновского излучения и первичного рентгеновского излучения с электронами материала, направления и интенсивности вторичного пучка.

Дифракционная картина зависит от длины волны используемых рентгеновских лучей и строения объекта. Для исследования атомной структуры применяют излучение с длиной волны  $\sim 1 \text{ \AA}$ , т. е. порядка размеров атомов.

Методы рентгеновского анализа могут быть использованы для установления атомной структуры кристаллов благодаря их строгой структурной периодичности, и, таким образом, могут быть использованы для

изучения металлов, сплавов, минералов, неорганических и органических соединений, полимеров, аморфных материалов, жидкостей и газов, белковых молекул, нуклеиновых кислот и др.

#### **2.4.2. Дифрактометр XRD-7000**

Рентгеновский дифрактометр XRD-7000

##### **ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ:**

- Огнеупорный и керамический анализ
- Анализ объектов окружающей среды
- Раскопки и анализ природных ресурсов
- Химический катализатор
- Анализ цветных металлов
- Машиностроение, например, производство автомобилей
- препарат, средство, медикамент

##### **Особенности:**

- Мультикапиллярная оптическая система может обеспечить параллельное рентгеновское излучение и существенно улучшить соотношение пик / фон.

- Целевой монохроматор для уменьшения фона.
- 5-значный автосэмплер.
- Высокотемпературный (до 23000С) и низкотемпературный бокс.
- Аксессуары для анализа напряжений, пленок, волокон, микро

образцов с использованием цифровых камер и анализа текстуры с положительным и отрицательным рисунком.

- Рентгеновская трубка 2 и 3 кВт, анод Mo, Cu, Co, Fe, Cr, W.
- Автономная система водяного охлаждения.
- Точное определение параметров решетки, определение остаточного аустенита, расчет кристалличности, определение размера зерна, анализ напряжений, анализ текстуры, программное обеспечение.

- Отображение напряжения (XRD-7000)
- Используйте последнюю версию базы данных PDF-4 для

качественного и количественного анализа.

## **2.5. Испытания на одноосное растяжение**

### **2.5.1. Общее описание метода**

Метод испытания - прикрепление стальной пластины определенной толщины к концу призматического или цилиндрического образца бетона с последующим приложением нагрузки вдоль центральной оси.

Будь то осевое сжатие или осевое растяжение, на испытание неизбежно влияет эксцентриситет, особенно при испытании на растяжение, эксцентриситет образца является более серьезным после растрескивания. Поскольку испытуемый образец оснащен шаровыми шарнирами на обоих концах, размер скрепленной стальной пластины точно такой же, как у испытываемого образца, а центр имеет установочное отверстие, и его легко центрировать при установке на испытательном устройстве, поэтому метод испытания может использоваться в максимальной степени. Избегайте эксцентricности.

При осевом испытании на растяжение испытательные образцы на растяжение загружаются в верхний и нижний патроны испытательной машины, и различные методы нагружения и формы испытательного образца оказывают большое влияние на результаты испытаний. Идеальная форма образца и метод зажима для испытания на осевое натяжение должны соответствовать:

(1) Нагрузка должна обеспечиваться осевым приложением для создания равномерного растягивающего напряжения в поперечном сечении испытательного образца, равномерного участка распределения напряжений по длине испытательного образца и высокой вероятности разрушения в однородном напряженном участке;

(2) Форма испытательного образца должна быть легко сделана

(3) Приспособление и крепление испытательного образца просты и удобны в использовании и могут быть использованы повторно.

Особенно важно использовать относительно простой метод при испытании на растяжение, чтобы обеспечить равномерное распределение осевого усилия испытательного образца и напряжения. Напротив, более

равномерное распределение напряжений может быть получено в испытательном образце методом клеевого зажима. Простейший тип связанного испытательного образца на растяжение состоит в том, чтобы прикрепить стальную пластину определенной толщины к концу призматического или цилиндрического бетонного испытательного образца, а затем приложить нагрузку вдоль центральной оси, но этот метод испытания все еще имеет передачу напряжения в конце испытательного образца. Неровная проблема. В ходе испытания мы усовершенствовали обычно используемый образец для склеивания, применив зажимную конструкцию «двойная стальная пластина» и соединив другую зажимную стальную пластину с 8 болтами на стальной пластине, приклеенной к испытательному образцу. Напряжение не только делает передачу напряжения в испытательном образце более равномерной, но также делает подготовку и закрепление испытательного образца более простой и удобной. Образец может быть сформирован горизонтально или вертикально в процессе производства (цилиндрический испытательный образец может быть только вертикальным) Литье), чтобы избежать большого влияния направления формования образца для испытаний.

Принципиальная схема устройства для испытания на прямое растяжение показана на рисунке 2. Бетонный испытательный образец представляет собой призматическое тело с размером сечения 100 мм × 100 мм, и длина испытательного образца может быть произвольно отрегулирована в диапазоне от 150 мм до 750 мм в соответствии с используемой испытательной машиной. Две торцевые поверхности бетонного испытательного образца сначала связывают высокопрочным клеем на основе эпоксидной смолы с кусочком стальной пластины толщиной 40 мм с таким же поперечным сечением и бетонным испытательным образцом.

Стальные пластины крепятся болтами и соединяются с испытательной машиной или датчиком силы с помощью шариковых прядей. Чтобы максимально избежать влияния эксцентриситета при испытании на растяжение, правило калибровки можно использовать для калибровки образца для

испытаний на растяжение (концевая пластина прикреплена к стальной пластине), и образец для испытаний загружают в испытательную машину.

При проведении испытания на прямую прочность на растяжение нагрузка на повреждение может быть непосредственно считана с использованием универсальной испытательной машины для обычных материалов, и можно рассчитать значение прочности. В этом испытании испытание прочности на растяжение трех испытательных образцов проводилось на одном и том же бетоне, и среднее арифметическое значение прочности на растяжение трех испытательных образцов принималось за значение прочности бетона на растяжение испытательного образца. После того, как испытательный образец сломан, положение и форма трещины записываются. Когда трещина происходит на адгезивной поверхности, данные должны считаться недействительными. Среднее арифметическое двух других испытательных образцов принимается как значение прочности бетона на разрыв испытательного образца. После испытания испытательное устройство извлекается, и поврежденный испытательный образец помещается в печь при температуре около  $140^{\circ}\text{C}$  на один час, и прикрепленная стальная пластина может быть легко удалена для повторного использования.

1) Устройство для испытания на растяжение может избежать эксцентрического натяжения конкретного образца. Распределение растягивающих напряжений в образце является равномерным, а сила - простой. Положение разрушения является совершенно случайным и равномерно распределено по всему образцу. Образец демонстрирует типичное чистое растяжение. разрушение.

2) Испытательный образец, используемый в этом методе, относительно прост в изготовлении, и испытательный образец может быть сформирован как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях. Если цилиндрический испытательный образец используется в испытании, этот метод также может быть использован для извлечения конкретного образца керна для испытания на растяжение.

3) Данные об интенсивности испытаний для той же группы конкретных образцов менее дискретны, а метод испытаний является точным и достоверным.

4) Влияние размера образца для испытаний с использованием метода испытаний невелико, но его еще предстоит изучить.

### **2.5.2. Описание методики**

Испытание на растяжение проводили на машине для испытания материалов. Испытательная машина имеет механический, гидравлический, электрогидравлический или электронный тип сервопривода. В этом эксперименте испытуемый образец в форме двойного лезвия размером  $5 \times 1,5 \times 0,7$  мм<sup>3</sup> был вырезан из заготовки методом электрической искры. При приготовлении образцов следует избегать влияния холодной и горячей обработки на материал и обеспечить определенную степень гладкости. Поэтому поверхность образца перед испытанием подвергается механическому шлифованию и электрохимической полировке или полировке на алмазной суспензии.

В приборе PV-3012M испытание на растяжение проводилось при температуре 293 К, и кривая растяжения автоматически записывалась в координате времени нагрузки. Начальная скорость растяжения составляла  $6,9 \times 10^{-3}$  с<sup>-1</sup>.

## **Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

В процессе поиска источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов, оценка коммерческой ценности работы является необходимым условием. При этом разработчики должны представить настоящее состояние и перспективы проводимых ими научных исследований.

Помимо превышения технических параметров над предыдущими разработками необходимо понимать коммерческую привлекательность научного исследования. Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является доказательство целесообразности разработки и создания технического проекта, являющегося частью окончательной идентификационной работы, с учетом плана эксперимента, временных и материальных затрат.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научных исследований;
- провести SWOT-анализ для выявления сильных и слабых сторон проекта;
- произвести планирование научно-исследовательских работ;
- определить бюджет научного проекта;
- определить ресурсоэффективность проекта.

На данный момент этот раздел считается один из значимых в современном проектировании каких либо отраслях, т.к. оборудование рассматривается не только исходя из их рабочих характеристик, но и по экономической оценки, выбирается наиболее выгодный вариант.

### **4.1. Структура работ в рамках научного исследования**

В процессе научных исследований четкое разделение труда требуется для каждой отдельной ситуации. Это позволяет проекту эффективно работать. Разделение труда должно основываться на индивидуальном уровне и сложности проекта. В следующей таблице 4.1 перечислены люди и имена, вовлеченные в работу.

Таблица 4.1 Участники проекта

№ раб.	Исполнители	Имя
1	Научный руководитель (НР)	Степанова Екатерина Николаевна
2	Исполнитель (И)	Ян Фань

Целесообразно проводить анализ конкурентных технических решений с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 3.1. Для этого необходимо отобрать не менее трех-четырех конкурентных товаров и разработок. Оценка будет происходить по 5-ти бальной шкале, где 5 – наиболее сильная, а 1 – наиболее слабая позиция. Вес показателей в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i$$

Где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Таблица 3.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$B_{\phi}$	$B_{K1}$	$B_{K2}$	$K_{\phi}$	$K_{K1}$	$K_{K2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
3. Помехоустойчивость	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,2
4. Энергоэкономичность	0,05	5	4	5	0,25	0,2	0,25
5. Надежность	0,1	4	5	3	0,4	0,5	0,3
6. Уровень шума	0,05	4	3	4	0,2	0,15	0,2

7. Безопасность	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
8. Потребность в ресурсах памяти	0,05	5	2	5	0,25	0,1	0,25
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
10. Простота эксплуатации	0,05	3	4	5	0,15	0,2	0,25
11. Качество интеллектуального интерфейса	0	4	4	4	0	0	0
12. Ремонтопригодность	0,05	3	4	4	0,15	0,2	0,2
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0	4	5	4	0	0	0
2. Уровень проникновения на рынок	0	4	4	4	0	0	0
3. Цена	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	3	4	5	0,3	0,4	0,5
5. Послепродажное обслуживание	0	1	1	1	0	0	0
6. Финансирование научной разработки	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
7. Срок выхода на рынок	0	1	4	4	0	0	0
8. Наличие сертификации разработки	0,05	3	4	2	0,15	0,2	0,1

На основании результатов оценки качества и перспектив, делается вывод о текущей разрабатываемой сумме инвестиций и направлении дальнейшего совершенствования.

Результаты анализа сравнительных конкурентных технических решений (разработок) в оценочной карточке показывают, что исследование металлического циркония с помощью рентгеновского дифрактометра превзошло конкурентов во многих аспектах, особенно с точки зрения простоты использования, энергоэффективности, безопасности и простоты использования. С точки зрения работоспособности стандарты экономических показателей также превосходят конкурентов во многих отношениях.

## 4.2 SWOT

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. С помощью SWOT-анализа возможно определить внутренние сильные и слабые стороны проекта, что позволяет оптимальным образом оценить его преимущества и недостатки. Кроме того, по своей структуре, SWOT-анализ позволяет сформулировать внешние факторы, влияющие на развитие проекта.

Возможности представляют собой предпочтительные ситуации в настоящем и в будущем, возникающие в окружающей среде проекта. В противовес возможностям определяются угрозы, представляющие нежелательную ситуацию в окружающей среде проекта, способствующую его разрушению или препятствующую развитию.

Пересечения внутренних и внешних факторов позволяют определить основные исходы их сочетания, а также продемонстрировать корреляцию тех или иных внутренних факторов с различными условиями внешней, для проекта, среды. В таблице 3.2 представлены основные факторы, которые целесообразно учитывать в SWOT-анализе данного исследования:

Таблица 4.2 – Матрица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно исследовательского проекта:</b></p> <p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С2. Быстрый анализ полученных данных.</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С4. Легкий интерфейс управления.</p> <p>С5. Безопасность проведения исследований.</p>	<p><b>Слабые стороны научно исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1. Проведение исследований исключительно при комнатной температуре.</p> <p>Сл2. Предварительная подготовка экспериментальных образцов перед исследованием.</p> <p>Сл3. Низкий уровень проникновения на рынок.</p> <p>Сл4. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.</p> <p>Сл5. Длительный срок поставок материалов (образцов) для проведения научного исследования.</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Быстрая оценка защитных покрытий для дальнейшего</p>	<p>Заявленная повышенная экономичность, энергоэффективность и безопасность проекта</p>	<p>Проведение исследований исключительно при комнатных температурах способствует повышению стоимости</p>

<p>исследования.  В2. Решение фундаментальных задач исследования.  В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт.  В4. Исследования коррозионных свойств металлов.  В5. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>способствует появлению дополнительного спроса на данный продукт. Также быстрый анализ полученных экспериментальных данных повлечет дополнительное решение фундаментальных задач исследования.</p>	<p>конкурентных разработок.</p>
<p><b>Угрозы:</b>  У1. Несвоевременное финансирование научного исследования при дальнейшем развитии проекта.  У2. Развитая конкуренция технологий производства.  У3. Ограничения на экспорт технологии.  У4. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции.  У5. Изменение спецификаций и стандартов на поставку экспериментальных металлических образцов запрещенного типа.</p>	<p>Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями повлечет изменение спецификаций и стандартов на поставку экспериментальных металлических образцов запрещенного типа.</p>	<p>Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца будет являться неотъемлемым фактором, представляющим собой барьер для экспорта технологии. Также низкий уровень проникновения на рынок способствует несвоевременному финансированию научного исследования при дальнейшем развитии проекта.</p>

Из таблицы, Поле СИВ показывает, необходимо использовать заявленную экономичность и энергоэффективность технологии, чтобы получить отдачу от возможностей во внешней среде. Поле СЛВ показывает, за счет проведения исследований исключительно при комнатных температурах, внешней среды организация сможет преодолеть имеющиеся слабости. Поле СИУ показывает, необходимо использовать более низкую стоимости производства по сравнению с другими технологиями организации для устранения угроз. Поле СЛУ показывает, необходимо избавиться от отсутствия оборудования для проведения

испытания опытного образца, чтобы попытаться предотвратить нависшую угрозу.

### 4.3. Разработка графика проведения научного исследования

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

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используем следующую формулу:

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

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

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяем продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

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

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

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

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным 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 из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot K_{\text{кал}} \quad (4.3)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$K_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности, решение по формуле:

$$K_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{КАЛ}}}{T_{\text{КАЛ}} - T_{\text{ВД}} - T_{\text{ПД}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22 \quad (4.4)$$

где  $T_{\text{КАЛ}}$  – календарные дни ( $T_{\text{КАЛ}} = 365$ );

$T_{\text{ВД}}$  – выходные дни по кадровым вопросам. Вопросы применения ст. 111 ТК РФ, ( $T_{\text{ВД}} = 52$ );

$T_{\text{ПД}}$  – праздничные дни по кадровым вопросам. Вопросы применения ст. 112 ТК РФ, ( $T_{\text{ПД}} = 14$ ).

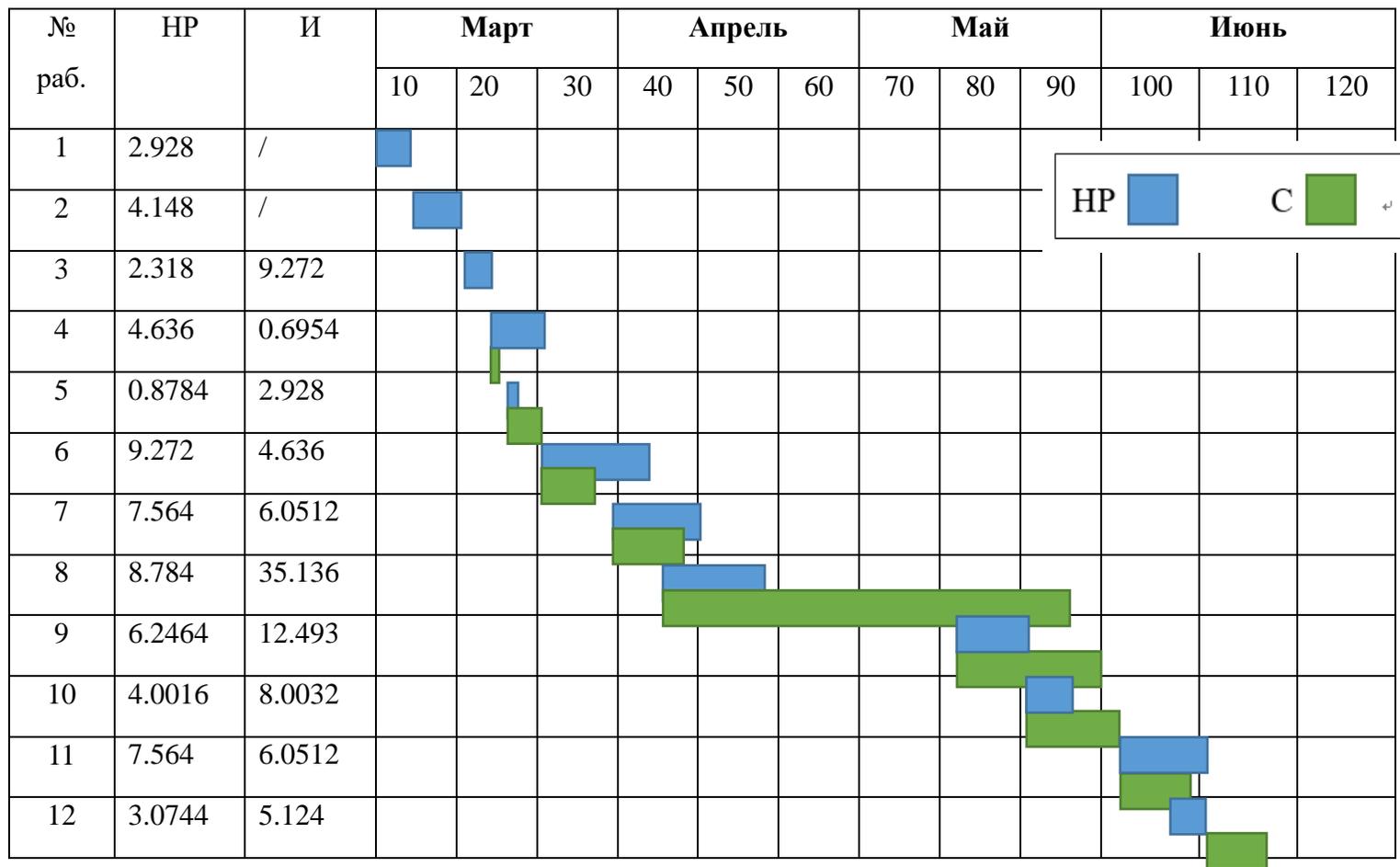
Рассчитайте время, необходимое для работы на каждом этапе из таблицы 4.2, и сделайте следующие выводы:

Таблицы 4.3 Трудозатраты на выполнение проекта

Название работы	Трудоёмкость работ	И	Длитель	Длительность
-----------------	--------------------	---	---------	--------------

	$t_{\min}$ , чел-дни		$t_{\max}$ , чел-дни		$t_{\text{ОЖИ}}$ , чел-дни		сп ол ни те ли	тельность работ в рабочих днях $T_{pi}$		работ в календарных днях $T_{ki}$	
	НР	И	НР	И	НР	И		НР	И	НР	И
Постановка целей и задач	2	/	3	/	2.4	/	1	2.4	/	2.928	/
Составление и утверждение ТЗ	3	/	4	/	3.4	/	1	3.4	/	4.148	/
Определите тему и обсудите фактическое применение, связанное с темой.	6	6	10	10	7.6	7.6	2	1.9	7.6	2.318	9.272
Разработать экспериментальный план и график	3	3	5	5	3.8	3.8	2	3.8	0.57	4.636	0.6954
Обсуждение литературы	2	2	3	3	2.4	2.4	2	0.72	2.4	0.8784	2.928
Выбор структурной схемы устройства	6	6	10	10	7.6	7.6	2	7.6	3.8	9.272	4.636
Демонстрационная процедура осуществимости	5	5	8	8	6.2	6.2	2	6.2	4.96	7.564	6.0512
Построение модели для выполнения численных расчетов	30	30	45	45	36	36	2	7.2	28.8	8.784	35.136
Теоретическая проверка	10	10	17	17	12.8	12.8	2	5.12	10.24	6.2464	12.493
Сводный теоретический расчет	7	7	10	10	8.2	8.2	2	3.28	6.56	4.0016	8.0032
Анализ результатов	5	5	8	8	6.2	6.2	2	6.2	4.96	7.564	6.0512
Оведение итогов	3	3	6	6	4.2	4.2	/	2.52	4.2	3.0744	5.124
<b>Итого:</b>	82	77	129	122	100.8	95	/	47.94	74.09	58.487	90.39

Таблица 4.4 – Календарный план-график



#### **4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)**

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

материальные затраты НТИ;

затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;

основная заработная плата исполнителей темы;

дополнительная заработная плата исполнителей темы;

отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);

затраты научные и производственные командировки;

контрагентные расходы;

накладные расходы.

##### **4.4.1 Расчет материальных затрат НТИ**

Во-первых, расходы включают материальные затраты, приобретенные продукты, полуфабрикаты и другие материальные ценности, которые непосредственно потребляются при работе объекта проектирования. Поскольку эта работа является теоретическим расчетом, она не предполагает закупку конкретных материалов. Однако это необходимо для расчета вспомогательных материалов. Например, черновая бумага, ручки, программное обеспечение и мобильные устройства хранения данных требуются в процессе расчета. Необходимые материалы, их количество и цены указаны в таблице 4.5.

Таблица 4.5. Материальные затраты

Наименование матери- алов	Единица из- мерения	Цена за ед., руб.	Количество	Сумма, руб.
Бумага	Лис.	150	1	150
Ручка	Шт.	50	3	150
Тетрадь	Шт.	100	1	100
USB диск “TOSHIBA”	Шт.	1500	1	1500
Программное обеспечение “Matlab”	Шт.	3545	0.1	354.5
<b>Итого:</b>				2254.5

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \sum_{i=1}^m C_i N_i, \quad (4.5)$$

где  $N_{расх}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> ит.д.);

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

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

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

Величина коэффициента ( $k_T$ ), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 10-25% от стоимости материалов.

Расчет стоимости материала приведен ниже:

$$S_m = (1 + 0.1) * (150 + 150 + 100 + 1500 + 354,5) = 2479,95$$

#### 4.4.2 Расчет заработной платы

Среднедневная тарифная заработная плата ( $ЗП_{дн-т}$ ) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{дн-т} = \frac{МО}{\frac{298}{12}} = \frac{МО}{24,83} \quad (4.6)$$

Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов:

$$К_{ПР} = 1,1; К_{доп.ЗП} = 1,188; К_{р} = 1,3 \quad (4.7)$$

Поэтому необходимо добавить тарифы к базовой зарплате и оценить соответствующий коэффициент. Формула для расчета коэффициента выглядит следующим образом

$$К_i = К_{ПР} * К_{доп.ЗП} * К_{р} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699 \quad (4.8)$$

Таблица 4.7 Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад,руб./мес.	Среднедневная ставка,руб./раб.день	Затратывремени,р	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	33664	1343	76	1.699	173 413.53
И	15470	617	75	1.62	74965.5
<b>Итого:</b>					248379.53

#### 4.4.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30,2% от полной заработной платы по проекту.

$$S_t = S_{wage} * 0.302 = 248379.53 * 0.302 = 75010.6 \quad (5.9)$$

#### 4.4.4 Расчет затрат на электроэнергию

Рассчитайте счет за электроэнергию, необходимый для теста. Вам нужно знать местную цену на электроэнергию, мощность устройства и сколько времени использовать, рассчитываемые по формуле:

$$\text{Эл. об.} = P_{\text{об}} \times t_{\text{об}} \times C_{\text{э}} \quad (5.10)$$

где  $P_{\text{об}}$  – мощность кВт;

$t_{\text{об}}$  – время работы оборудования, час.

$C_{\text{э}}$  – цена на 1 кВт·час;  $C_{\text{э}} = 5,748$  руб./кВт.час (в ТПУ).

Поскольку спектральные данные были записаны, экспериментальное оборудование работало 24 часа, и данные были получены в режиме реального времени с помощью удаленного компьютера. Поскольку экспериментальный метод имеет излучение частиц высокой энергии, он минимизирует контакт между людьми и оборудованием. Эта операция приведет к тому, что рабочее время экспериментального оборудования будет больше рабочего времени человека.

В таких случаях  $t_{\text{об}}$  определяется путем прямого учета, особенно если использование соответствующего оборудования ограничено.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном.}} * K_{\text{с}} \quad (4.11)$$

где  $P_{\text{ном.}}$  – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_{\text{с}} = 1$  (оборудование малой мощности).

Результаты расчета стоимости электроэнергии, следующие таблице

Таблица 4.8 Результаты расчета стоимости электроэнергии

Наименование оборудования	Время работы $t_{\text{об}}$ (ч)	Потребляемая Мощность $P_{\text{об}}$ (кВт)	Цена единицы оборудования, $C_{\text{э}}$ (кВт/ч);	Затраты на электроэнергию, руб.
Компьютер New Surface pro	474,4	0.2	5.748	545,4
Монитор Samsung	474,4	0.09		245,4
Итого				790,8

#### 4.4.5 Расчет амортизационных расходов

В учете затрат учитывается не только счет за электроэнергию оборудования, но и амортизация оборудования. Используется формула.

$$C_{AM} = \frac{N_A * C_{OB} * t_{pф} * n}{F_D}, \quad (4.12)$$

где  $N_A$  – годовая норма амортизации; ( $N_A=12,5\%$ )

$C_{OB}$  – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР.

$F_D$  – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования ( $301*8=2408$  ч).

$t_{pф}$  – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, задается исполнителем проекта;

$n$  – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Таблица 4.9 Результаты расчета нормы амортизации

Наименование оборудования	Количество (n).	Цена единицы оборудования, руб ( $C_{OB}$ )	Общая стоимость оборудования, руб.	Время работы $t_{pф}$ (ч)	Амортизация руб
New Surface Pro	1	99999	99999	474,4	2462,6
Монитор Samsung	1	13000	13000	474,4	320,1
USB диск "TOSHIBA"	1	1500	1500	50	3,9
Итого					2786,6

#### 4.4.6 Непосредственно учитываемые расходы

Регистрационный взнос для участия в ПРФН 2019 составляет 1000 рублей.

#### 4.4.7 Стоимость всего проекта

Консолидировать и суммировать расходы по вышеуказанным разделам. Все затраты на этот эксперимент представлены в таблице 5.10 ниже.

Таблицы 4.10 Смета затрат на разработку проекта

Наименование	Затрат, руб
Материальные затраты НТИ	2479.95
Заработные платы	248379.53
Затраты на социальный налог	75010,6
затратна электроэнергию	790.8
Расчет амортизационных расходов	2786.6
Непосредственно учитываемые расходы	1000

Итого	330447,48
-------	-----------

**Расчёт прибыли**

$330447,48 * 0.2 = 66089,50$  руб.

**Расчёт НДС**

$(330447,48 + 66089,50) * 0.2 = 79307,39$  руб.

**Цена разработки НИР**

$330447,48 + 66089,50 + 79307,39$  руб = 475 844,37 руб

**Оценка экономической эффективности**

Поскольку это теоретическая работа, то её экономическая эффективность не может быть определена.

Выводы по главе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

1. Проведён SWOT-анализ проекта, в ходе которого были выявлены потенциальные внутренние и внешние сильные и слабые стороны, возможности и угрозы. Из анализа выяснили, что потенциальных сильных сторон у проекта больше, чем слабостей, что свидетельствует об перспективности разработок проекта.

2. В разделе «Финансовый менеджмент» был выполнен анализ конкурентоспособности. В ходе проведения данного анализа было выявлено, что сотрудничество с кёльнским университетом и другими университетами и институтами имеет преимущество над аналогами, в связи с чем проектирование защиты с использованием шкафа данного типа является эффективным.

3. В результате формирования сметы, была рассчитана продолжительность выполнения технического проекта, которая составляет 90 раб. дней для инженера и 6 для руководителя. Составлен календарный график выполнения работ. Смета затрат на разработку технического проекта составляет 142184,63 руб, из которых более половины (83.5 %) составляют затраты на оплату труда. Все результаты проекта оказались ожидаемы и могут быть реализованы.

4. Также были определены показатели ресурсоэффективности, значения которых свидетельствуют о достаточно высокой эффективности реализации технического проекта.

## **Глава 5. Социальная ответственность**

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

#### **5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства**

Специальные нормы трудового права отражают начало дифференциации правового регулирования трудовых отношений. Критериями дифференциации могут служить объективные и субъективные обстоятельства, например такие как:

Отрасль деятельности работодателей: использование рентгеновских приборов

После обучения и тестирования, с возможностью использования рентгеновского дифрактометра, прибор может работать стандартным образом

Для обеспечения безопасности перед началом работы необходимо правильно надеть защитную одежду, подготовить инструменты и аксессуары, необходимые для работы, и подготовить рабочее место. Рентгеновский дифрактометр также необходимо проверить на наличие внешних повреждений.

В случае неудачи самообслуживание не допускается и должно быть сообщено ответственному лицу лаборатории. Регулировка и обслуживание оборудования могут выполняться только сервисными инженерами.

Если какое-либо используемое оборудование признано неисправным, и персонал не проходит обучение и проверку знаний по охране труда в установленном порядке, запрещается начинать работу.

#### **5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя**

Конструкция рабочего стола обеспечивает оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования. Высота рабочей поверхности стола составляет 725 мм. Модульными размерами рабочей поверхности стола для ПЭВМ, на основании которых должны

рассчитываться конструктивные размеры, следует считать: ширину 800, 1000, 1200 и 1400 мм, глубину 800 и 1000 мм при нерегулируемой его высоте. Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм. Конструкция рабочего стола поддерживает рациональную рабочую позу при работе с ПЭВМ, позволяет изменить позу с целью снижения статистического направления мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения утомления. Конструкция рабочего стула должна обеспечивать:

ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм;

поверхность сиденья с закруглённым передним краем;

регулировку высоты поверхности сиденья в пределах 400-550 мм и углам наклона вперёд до 15° и назад до 5°;

высоту опорной поверхности спинки  $30\pm 20$  мм, ширину – не менее

380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости – 400 мм;

угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах  $\pm 30^\circ$ ;

стационарные или съёмные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной – 45-70 мм;

регулировку подлокотников по высоте над сиденьем в пределах  $230\pm 30$  мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах 350-500 мм.

Рабочее место пользователя ПЭВМ следует оборудовать подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20°. Поверхность подставки должна быть рифлёной и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм.

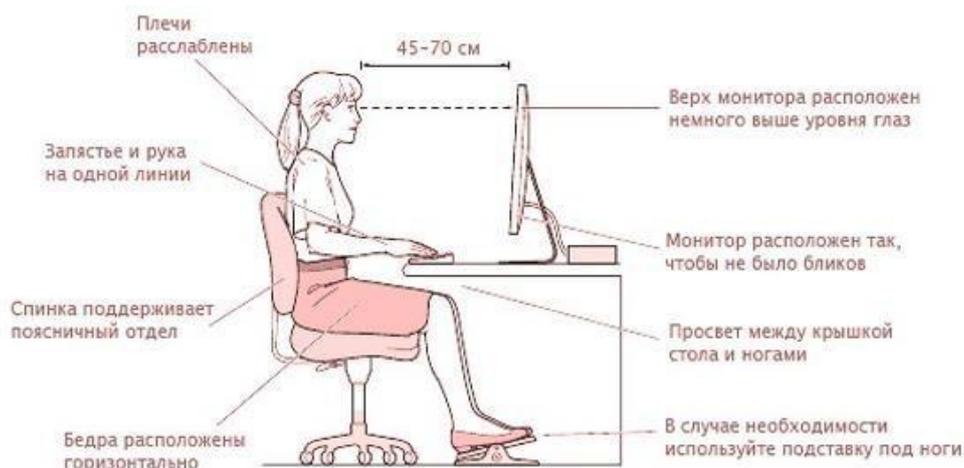


Рисунок 5.1 Основные требования к организации рабочего места

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края, обращённого к пользователю, или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделённой от основной столешницы.

К работе с ПЭВМ допускаются лица, прошедшие предварительный и периодический медицинский осмотр, проверку знаний на третью группу допуска по электробезопасности, изучившие инструкцию и расписавшиеся в «Журнале инструктажа по правилам охраны труда на рабочем месте». Для обеспечения оптимальной работоспособности, сохранения здоровья пользователей ЭВМ на протяжении смены устанавливается следующий регламент работ: для преподавателей, сотрудников, студентов (старших курсов) непосредственная работа не более двух часов с обязательным перерывом не менее 20 минут, общая продолжительность работы – не более 4-х часов в день.

## 5.2 Производственная безопасность

### 5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

Для идентификации опасных и вредных производственных факторов определим работы и операции, связанные с выполнением ВКР. Основная

работа велась на рабочем месте с использованием ПК и периферийного оборудования. Работа на ПЭВМ относится к категории работ, связанных с опасными и вредными условиями труда. Выделим опасные и вредные производственные факторы, в соответствии с и приведенными работами. Для приведенных работ вредными являются следующие факторы:

Таблица 5.1 Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка планов и поиск литературы.	Алгоритм м записи	Обсуждение результатов	
Повышенная напряженность зрения;	+	+	+	Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений СанПиН 2.2.4-548-96[28]; Параметры микроклимата устанавливаются СанПиН 2.2.4-548-96. Требования к освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* [30].
Превышение уровня шума	+	+	+	
Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	
.Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+		
Повышенная напряженность труда в течение смены	+	+	+	
повышенный уровень ионизирующего излучения	+	+	+	

## **5.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований**

### **5.2.2.1 Вредные и вредные производственные факторы, связанные со звуковой вибрацией**

Рентгеновский дифрактометр будет создавать много шума во время использования. Согласно гигиеническим нормам допустимый уровень шума считается приемлемым. 55 дБ, в течение дня и 40 дБ ночью. Уровень шума генератора сигналов составляет 15-20дБА.

Длительное воздействие шума может привести к следующим последствиям:

а) снижение производительности труда;

(б) потеря памяти, внимания, остроты зрения и чувствительности к предупреждающим знакам;

(в) снижение чувствительности слуха;

Чтобы шум достиг гигиенического стандарта, при работе в помещении организации должны соблюдаться следующие правила.

1. Чтобы контролировать или уменьшать шум от источника звука, промышленность может выбрать производственное оборудование с низким уровнем шума и усовершенствовать производственные технологии для снижения уровня шума.

2. Уменьшить шум на пути передачи шума, например, принять такие меры, как поглощение звука, звукоизоляция, звукоизоляция, виброизоляция и т. Д.

3. Чтобы предотвратить проникновение шума в местах приема шума, надевайте защитные наушники, такие как затычки для ушей, наушники или шлемы.

### **5.2.2.2 Опасности, вызванные использованием компьютера в течение**

### **длительного времени**

При использовании рентгеновского дифрактометра на компьютере будет одновременно выполняться много операций, и длительное использование компьютера принесет много вреда, поэтому необходимо использовать компьютер разумным и стандартизированным образом.

Длительное использование компьютера может привести к следующим травмам

Излучение света вызывает потерю зрения

Разумное использование компьютеров должно соответствовать следующим условиям

(1) Правильный отдых, снять усталость

(2) При искусственном освещении люминесцентные лампы LB должны использоваться главным образом в качестве источников света. Освещение должно осуществляться в виде ламп непрерывного или автономного освещения, расположенных на стороне рабочего места параллельно линии прямой видимости пользователя параллельно персональному электронному компьютеру (ПК). Когда компьютер расположен вдоль периферии комнаты, линии светильников и фонарей должны быть установлены на рабочем столе над площадкой, близко к передней части рабочего стола, лицом к оператору.

#### **5.2.2.3 опасные и вредные производственные факторы, связанные со световой средой**

Рациональное освещение рабочего места позволяет предупредить травматизм и многие профессиональные заболевания. Правильно организованное освещение создает благоприятные условия труда, повышает работоспособность и увеличивает производительность труда. Освещение на рабочем месте должно быть таким, чтобы человек мог без напряжения выполнять свою работу.

В производственных и административно-общественных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, разрешено применение системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно

устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов)[21].

Зрительная работа (лаборант) – характеризуется как работа очень высокой степени точности. Что требует освещенности в 300 – 500 лк [29]. Допускается установка светильников местного освещения для подсветки документов, но с таким условием, чтобы оно не создавало бликов на поверхности экрана и не увеличивало освещенность экрана более чем на 300 лк. Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель с защитным углом не менее 40 градусов.

В качестве источников света при искусственном освещении должны применяться преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ. Освещение следует выполнять в виде сплошных или прерывистых линий светильников, расположенных сбоку от рабочих мест, параллельно линии зрения пользователя при рядном расположении персональных электронно-

вычислительных машин (ПЭВМ). При расположении компьютеров по периметру помещения линии светильников должны располагаться локализовано над рабочим столом, ближе к его переднему краю, обращенному к оператору.

#### **5.2.2.4 повышенный уровень ионизирующего излучения**

Основная опасность рентгеновского дифрактометра заключается в том, что он будет генерировать много излучения при работе, это излучение причинит огромный вред человеческому организму, убьет большое количество клеток в организме человека, а повреждение человеческого тела под воздействием низковольтных электромагнитных полей обратимо. Под воздействием поля, где напряжение превышает максимально допустимый уровень, некоторые биологические параметры в нервной и сердечно-сосудистой системе, органах пищеварения и крови будут нарушены

Для этого мы должны использовать рентгеновские дифрактометры в соответствии с лабораторными требованиями:

(1) Рентгеновский дифрактометр не должен использоваться слишком долго. После использования в течение некоторого времени рентгеновский дифрактометр должен быть выключен для отдыха

(2) При использовании рентгеновского дифрактометра необходимо носить рентгенозащитную одежду и перчатки в соответствии с лабораторными требованиями.

### **5.2.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов**

Для анализа результатов работы необходимо работать с компьютером. Источниками электромагнитного излучения являются электрические сигналы цепей при работе компьютера. Нарушения в организме человека при воздействии электромагнитных полей незначительных напряжений носят обратимый характер. При воздействии полей, имеющих напряженность выше предельно допустимого уровня, развиваются нарушения со стороны нервной и сердечно-сосудистой систем, органов пищеварения и некоторых биологических показателей крови. Наиболее мощным источником электромагнитных полей в помещении являются катушки отклоняющих систем, находящихся около цокольных частей электронно-лучевых трубок мониторов.

Нормы напряженности электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг монитора по электрической составляющей, соответствующие, приведены в таблице.5.2.3 [22].

Таблице. 5.2.3. Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Наименование параметров	Допустимые значения
-------------------------	---------------------

<p>Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см. Вокруг ВДТ по электрической составляющей должна быть не более:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц</li> <li>– в диапазоне частот 2—400 кГц</li> </ul>	<p>25 В/м</p> <p>2,5 В/м</p>
<p>Плотность магнитного потока должна быть не более:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц</li> <li>– в диапазоне частот 2 – 400 кГц</li> </ul>	<p>250 нТл</p> <p>25 нТл</p>
<p>Поверхностный электростатический потенциал</p> <p>не должен превышать</p>	<p>500 В</p>

Для выполнения норм предельно допустимой напряженности электромагнитного поля расстояние от глаз до монитора должно быть 60-70 см, но не менее 50 см. Увеличение расстояния в 2 раза приводит к 32-кратному уменьшению плотности мощности на низких частотах на оператора.

### 5.3 Экологическая безопасность

#### 5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Объектом исследования данной работы являются молекулы SO<sub>2</sub>. Из-за образования в больших количествах в качестве отходов диоксид серы считается одним из основных газов, загрязняющих атмосферу.

Наибольшую угрозу представляет собой загрязнение соединениями серы, которые выбрасываются в атмосферу при сжигании угольного топлива, нефти и природного газа, а также при выплавке металлов и производстве серной кислоты.

SO<sub>2</sub>(Д.с.), бесцветный газ с резким запахом, один из главных загрязнителей атмосферы. Д.с. образуется при сжигании ископаемого

топлива на предприятиях топливно-энергетического комплекса и в двигателях внутреннего сгорания, а также на предприятиях нефтехимического комплекса. Д.с. пагубно влияет на растения, так как проникает в лист и вступает в реакцию с железом, входящим в состав хлорофилла, вызывает распад хлорофилла и гибель растения. Загрязнение атмосферы Д.с. — главная причина кислотных дождей. Во всем мире идет поиск возможностей уменьшения выбросов Д.с. в атмосферу.

### **5.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду**

Рентгеновский дифрактометр будет выделять много электромагнитного излучения, электромагнитное излучение будет вызывать много загрязнений, что будет оказывать большое влияние на окружающую среду.

Рентгеновский дифрактометр будет испускать много электромагнитного излучения, и эти радиоактивные материалы будут рассеиваться вокруг Земли. Первоначальный естественный дисперсионный баланс будет нарушен. В определенной степени электромагнитное излучение будет серьезным, что серьезно повредит местному экологическому кругу и локальной зоне. Выживание животных и растений в конечном итоге сделает местную среду необитаемой

Другие факторы, влияющие на окружающую природную среду, в процессе создания НИР отсутствуют.

### **5.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды**

С каждым годом экологическое состояние в нашей стране становится все хуже. Именно поэтому государством предпринимаются все возможные меры для решения данной проблемы. Одной из самых эффективных мер на сегодняшний день принято считать такой вид деятельности, как охрана окружающей среды.

Охрана окружающей среды является по-настоящему важным и значимым процессом. Именно поэтому этим вопросам уделяют достаточно много времени и внимания. Охраной окружающей среды называется комплекс мер, направленных на предупреждение отрицательного влияния

человеческой деятельности на природу, обеспечение благоприятных и безопасных условий жизнедеятельности человека.

В условиях научно-технического прогресса важнейшей задачей человечества является охрана важнейших элементов окружающей среды (воздух, вода, почва), которые из-за вредных промышленных выбросов и отходов подвергаются сильнейшему загрязнению. Результатом чего является закисление почвы и воды, изменение климата и разрушение озонового слоя. В последние годы, в связи с необратимыми процессами и изменениями окружающей среды, вопросы охраны среды выросли в общемировую проблему. Поэтому разработка долгосрочной экологической политики по созданию благоприятных условий (пдв) стала необходима.

## **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

### **5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований**

В принципе, перечень возможных ЧС, которые может вызвать объект исследования может быть достаточно широк. Если ограничиться местоположением и условиями эксплуатации объекта, его можно представить следующим (ориентировочным) вариантом:

пожар на объекте;

взрыв;

В этом разделе наиболее актуальным будет рассмотрение вида ЧС – пожар, определение категории помещения по пожар взрывобезопасности, регламентирование мер противопожарной безопасности, в котором происходит исследование, а также место эксплуатации объекта исследования, то есть лаборатории и нефтедобывающих объектах.

Категория пожарной опасности ВЗ характеризуется обращающимися (находящимися) веществами и материалами в помещении:

Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с

другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б. Помещения категории ВЗ надлежит оборудовать системами автоматической противопожарной защиты, в соответствии с требованиями СП 5.13130.2009 "Системы противопожарной защиты.

Основным поражающим фактором пожара в лаборатории является наличие открытого огня и отравление ядовитыми продуктами сгорания оборудования.

#### **5.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС**

Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Для снижения рисков возникновения пожаров и аварийных ситуаций на объектах нефтяной промышленности необходимо придерживаться правил проектирования зданий, сооружений, оборудования.

Чтобы предотвратить пожар, мы провели специальные семинары с персоналом и ответственным лицом, чтобы познакомить их с базовыми знаниями пожарной безопасности и научиться использовать основное противопожарное оборудование.

Также должны присутствовать системы сигнализации, зачастую не связанные с другими системами, газоанализаторы, сеть пожарных водопроводов, насосы и станции. При любых изменениях в работе такого оборудования уполномоченные лица обязаны уведомить органы , Государственного пожарного надзора.

На этих предприятиях необходимо вести документацию по пожарной безопасности. Зачастую возле таких объектов располагается отделение пожарной охраны, чтобы в минимальные сроки ликвидировать возгорание. Возможна организация добровольной пожарной дружины на конкретном предприятии.

В лаборатории, пожарная защита должна обеспечиваться применением средств пожаротушения, а также применением автоматических установок пожарной сигнализации.

Должны быть приняты следующие меры противопожарной безопасности:

обеспечение эффективного удаления дыма, т.к. в помещениях, имеющих оргтехнику, содержится большое количество пластиковых веществ, выделяющих при горении летучие ядовитые вещества и едкий дым;

обеспечение правильных путей эвакуации;

наличие огнетушителей и пожарной сигнализации;

соблюдение всех противопожарных требований к системам отопления и кондиционирования воздуха.

Для тушения пожаров могут использоваться следующие огнетушители:

углекислотные (ОУ-5 или ОУ-10) и порошковые огнетушители (например, типа ОП-10), которые обладают высокой скоростью тушения, большим временем действия, возможностью тушения электроустановок, высокой эффективностью борьбы с огнем.

Помещение, в котором производилось исследование (лаборатория), оборудовано пожарной сигнализацией, которая позволяет

оповестить дежурный персонал о пожаре, а также дает сигнал об эвакуации. В качестве

пожарных извещателей в помещении устанавливаются

дымовые фотоэлектрические извещатели типа ИДФ-1 или ДИП-1.

Выведение людей из зоны пожара должно производиться по плану эвакуации.

План эвакуации представляет собой заранее разработанный план (схему), в которой указаны пути эвакуации, эвакуационные и аварийные выходы, установлены правила поведения людей, порядок и последовательность действий в условиях чрезвычайной ситуации по п. 3.14 ГОСТ Р 12.2.143-2002.

Согласно Правилам пожарной безопасности, в Российской Федерации N 390 в зданиях и сооружениях (кроме жилых домов) при

единовременном нахождении на этаже более 10 человек должны быть разработаны и на видных местах вывешены планы (схемы) эвакуации людей в случае пожара.

План эвакуации людей при пожаре из помещения, где расположен диспетчерский пункт (пост управления), представлен на рис. 5.1

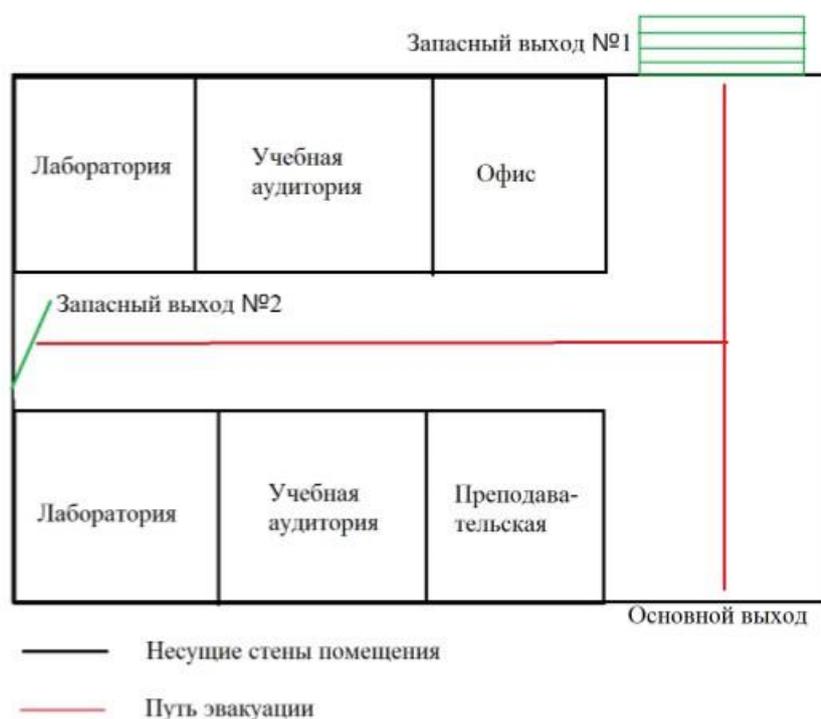


Рисунок 5.1 План эвакуации из лаборатории

### Выводы по разделу

Проанализировав условия труда на объекте исследования и рабочем месте, где была разработана бакалаврская работа, можно сделать вывод, что объект исследования и рабочее место удовлетворяет необходимым нормам и в случае соблюдения техники безопасности и правил пользования компьютером работа в данном помещении не приведет к ухудшению здоровья работника.

Во избежание негативного влияния на здоровье объекта исследования необходимо использовать индивидуальные средства защиты, а при работе с ЭВМ делать перерывы и проводить специальные комплексы упражнений для глаз.

## Список использованных источников

1. Периодическая таблица химических элементов
2. Структура, текстура и деформационное поведение сплава Zr-2.5%Nb при высокотемпературном одноосном сжатии по данным рентгеновского исследования, Москва – 2007  
[https://newdisser.ru/\\_avtoreferats/01003315259.pdf](https://newdisser.ru/_avtoreferats/01003315259.pdf)
3. <https://baike.baidu.com/item/%E9%94%86/716654?fr=aladdin&fromtitle=Zr&fromid=7323581>
4. John A. Mitchell. Mechanical properties of zirconium alloys and zirconium hydrides predicted from density functional perturbation theory
5. <http://www.chg.ru/cgual/e-microscope>
6. Nuclear Applications: Zirconium Alloys S. Banerjee, M.K. Banerjee, in Reference Module in Materials Science and Materials Engineering, 2016
7. Nikulin S.A., Rozhnov A.B., Rogachev S.O., Khatkevich V.M., Turchenko V.A., Khotulev E.S. Investigation of structure, phase composition, and mechanical properties of Zr 2.5% Nb alloy after ECAP //
8. Carolina Vazquez, Ana María Fortis, Patricia B.Bozzano. Comparison of Mechanical Properties of Zr-1%Nb and Zr-2.5%Nb Alloys
9. Ли Сянцзюнь. Обзор циркония и циркониевых сплавов - «Прогресс титановой промышленности» 2011
10. Т.П. Черняева, В.М. Грицина, Е.А. Михайлов, Р.Л. Василенко, Е.А. Слабоспицкая. Особенности структуры закаленных сплавов Zr-Nb
11. Чжоу Бангсинь Чжао Вэньцин. Исследование нового циркониевого сплава
12. Чжоу Бангсинь. Разработка высокоэффективного циркониевого сплава в Китае Чжао Вэньцин,
13. Чжоу Яо. Применение циркония и циркониевого сплава в химическом оборудовании

14. Н. П. Бродниковский, Н. А. Крапивка, Ю. Е. Зубец, Г. Ф. Саржан, Д. Н. Бродниковский, А. В. Самелюк. Влияние легирования и термической обработки на упрочнение сплавов на основе Zr—Nb
15. Determination of the Hydrogen Concentration in Zr<sub>2.5</sub>Nb Alloy by a Resonant Ultrasound Spectroscopy Yong Moo Cheong
16. [https://en.wikipedia.org/wiki/Zirconium\\_alloy](https://en.wikipedia.org/wiki/Zirconium_alloy)
17. <https://baike.baidu.com/item/%E9%94%86%E9%93%8C%E5%90%88%E9%87%91/8401609?fr=aladdin>
18. Ю Лецин. Исследование взаимосвязи между микроструктурой и свойствами цирконий-ниобиевого сплава
19. У Хуа, Фан ХонЮань, Ин Шихао. Влияние содержания ниобия на микроструктуру и свойства циркониевого сплава
20. Qingshan Dong HongQin Zhongwen Yao. Irradiation damage and hardening in pure Zr and Zr-Nb alloys at 573 K from self-ion irradiation
- 21 Пашков Е.Н. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ/Сост. Е.Н. Пашков, А.И. Сечин, И.Л. Мезенцева – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2019. – 24 с.
- 22 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901865498>.
- 23 ГОСТ Р 50948-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200028904>.
- 24 ГОСТ Р 50949-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-50949-2001>.

- 25 ГОСТ Р 50923-96. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-50923-96>.
- 26 ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные помещения. Параметры микроклимата в помещении. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-30494-2011>.
- 27 ГОСТ 12.1.005 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200003608>.
- 28 СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901704046>.
- 29 ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200105707>
- 30 СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*