

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки 03.03.02 «Физика»

Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование влияния водорода на структуру и механические свойства циркониевого сплава Zr-1Nb

УДК 669.296:669.788.001.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б52	Чжан Мэнфэй		

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	Конотопский Владимир Юрьевич	К.Э.Н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Лариса Александровна	К.Х.Н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник способен)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P1	Использовать основные этапы и закономерности исторического развития общества, основы философских, экономических, правовых знаний для формирования мировоззренческой, гражданской позиций и использования в различных сферах жизнедеятельности	Требования ФГОСЗ+ (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4)
P2	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 ФГОСЗ+ (ОК-5, ОК- 6, ОК-7, ОК-8, ОК-9)
<i>Общепрофессиональные компетенции</i>		
P3	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 ФГОСЗ+ (ОПК-1, ОПК- 2, ОПК-3, ОПК-7)
P4	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 ФГОСЗ+ (ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6)
P5	Получить организационно-управленческие навыки при работе в научных группах, критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости профиль своей профессиональной деятельности, нести ответственность	Требования ФГОСЗ+ (ОПК-8, ОПК-

	за последствия своей инженерной деятельности.	9)
<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р6	<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)
Р7	<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)
Р8	<u>Организационно-управленческая</u> Использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований, участвовать в подготовке и составлении научной документации по установленной форме, понимать и применять на практике методы управления в сфере природопользования	Требования ФГОС3+ (ПК-6, ПК-7, ПК-8)
Р9	<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
150Б52	Чжан Мэнфэй

Тема работы:

Исследование влияния водорода на структуру и механические свойства циркониевого сплава Zr-1Nb

Утверждена приказом директора (дата, номер)	
---	--

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <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>	
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <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>	– Обзор литературных источников; – Исследование свойства собственных значения и собственных функции потенциала морзе; – Исследование теории построения лестничного оператора; – Вычисление энергии молекулы HF – Анализ полученных результатов; – Заключение.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Скачкова Лариса Александровна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский Владимир Юрьевич
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
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
150Б52	Чжан Мэнфэй		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа		ФИО	
150Б52		Чжан Мэнфэй	
Институт	Инженерная школа ядерных технологий	Кафедра	Отделение экспериментальной физики
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Физика
Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:			
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>			
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>			
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>			
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:			
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>			
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>			
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>			
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):			
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>			
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику			

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б52	Чжан Мэнфэй		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
150Б52	Чжан Мэнфэй

Школа	ИЯТШ	Отделение (НОЦ)	Отделение экспериментальной физики
Уровень образования	Бакалавр	Направление	03.03.02. Физика

Тема ВКР:

Исследование влияния водорода на структурно-фазовое состояние и механические свойства циркониевого сплава Zr-1Nb	
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:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: — специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; — организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	1. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений СанПиН 2.2.4-548-96; 2. Нормы естественного и искусственного освещения предприятий, СНиП 23-05-95; 3. Допустимые уровни шумов в производственных помещениях. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и	1. Микроклимат; 2. Поражение электрическим током;

опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	3. Освещенность; 4. Электромагнитные излучения; 5. Шум.
3. Экологическая безопасность:	1. анализ воздействия объекта ВКР и области его использования на ОС; 2. разработка решений по обеспечению экологической безопасности
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Выбор и описание возможных ЧС; типичная ЧС – пожар. 1. разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; 2. разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Лариса Александровна	к.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б52	Чжан Мэнфэй		

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)
01.03.2018	Аналитический обзор литературы	15
01.09.2018	Приготовление образцов циркониевого водородного сплава	15
30.12.2018	Структурно-фазовые и механические свойства циркониевого водородного сплава	20
30.04.2019	Анализ результатов	15
25.05.2019	Социальная ответственность	15
25.05.2019	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
25.05.2019	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 83 с., 22 рис., 18 табл., 30 источника литературы.

Ключевые слова: циркониевый сплав, наводороживание, взаимодействие водорода с цирконием, структура и фазовый состав, механические свойства.

Цель работы: Изучить влияние водорода на структурно-фазовое состояние и механические свойства циркониевого сплава Zr-1Nb.

В этой дипломной работе было изучено влияние водорода на структурно-фазовое состояние и механические свойства циркониевого сплава Zr-1Nb. Были использованы методы оптической металлографии, рентгеноструктурного анализа, испытания на одноосное растяжение и измерение микротвердости методом Виккерса.

В первой главе описаны физико-химические свойства циркония и механизм его реакции с водородом.

Во второй главе описаны экспериментальные методы, которые необходимо использовать. Включая использование электронной просвечивающей микроскопии для наблюдения микроструктуры кристалла, рентгеноструктурного анализа, метода твердости по Виккерсу и метода одноосного растяжения.

В третьей главе описан анализ полученных результатов.

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

В пятой главе описана социальная ответственность проведенного исследования.

Оглавление

РЕФЕРАТ.....	12
Введение.....	16
ГЛАВА 1. Литературный обзор.....	18
1.1 Физические и химические свойства циркония.....	18
1.2 Способы получения циркония.....	19
1.3 Строение циркония.....	20
1.4 Взаимодействие водорода с цирконием.....	21
1.5 Влияние водорода на свойства циркония и его сплавов.....	23
ГЛАВА 2. Материалы и методы исследования.....	27
2.1 Материал исследования.....	27
2.2 Подготовка образцов для исследования.....	27
2.3 Оптическая металлография.....	27
2.4 Просвечивающая электронная микроскопия.....	28
2.5 Рентгеноструктурный анализ.....	31
2.5.1 Принцип рентгенографии.....	31
2.5.2 Методы получения дифракционных данных.....	31
2.6 Измерение микротвёрдости методом Виккерса.....	37
2.6.1 Метод Виккерса.....	37
2.6.2 микротвердомер.....	38
2.7 Метод одноосного растяжения.....	39
2.7.1 Экспериментальный принцип.....	39
2.7.2 Экспериментальный метод.....	42

ГЛАВА 3. Экспериментальные результаты исследования влияния водорода на структурно-фазовое состояние и механические свойства циркониевого сплава Zr-1Nb.....	44
3.1 Исследование влияния водорода на структуру и фазовый состав циркониевого сплава Zr-1Nb.....	44
3.2 Исследование влияния водорода на механические свойства циркониевого сплава Zr-1Nb.....	47
ГЛАВА 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	53
4.1 Организация и планирование работ.....	53
4.1.1 Продолжительность этапов работ.....	54
4.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта.....	60
4.2.1 Расчет затрат на материалы.....	60
4.2.2 Расчет заработной платы.....	61
4.2.3 Расчет затрат на социальный налог.....	61
4.2.4 Расчет затрат на электроэнергию.....	62
4.2.5 Расчет амортизационных расходов.....	63
4.2.6 Расчет прочих расходов.....	64
4.2.7 Стоимость всех проектов.....	64
4.2.8 Вценка экономической эффективности.....	65
ГЛАВА 5. Социальная ответственность.....	66
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	67
5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	67

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.....	68
5.2 Производственная безопасность.....	70
5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.....	70
5.2.2 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.....	72
5.3 Экологическая безопасность.....	74
5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.....	74
5.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.....	74
5.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.....	75
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	76
5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.....	76
5.4.2 Анализ причин, которые могут вызвать ЧС на производстве при внедрении объекта исследований.....	76
5.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.....	77
Заключение.....	79
Список использованных источников.....	81

Введение

В настоящее время такой материал как цирконий широко применяется в различных областях науки, техники, медицины. Цирконий и его сплавы являются отличными материалами для хранения водорода и могут использоваться в качестве геттеров, зажигательных агентов и модераторов ядерной реакции [1, 2].

С другой стороны, водород является примесью, которая вредна для металлов. К основным деградирующим явлениям с участием водорода относятся: водородное охрупчивание (хрупкость материала значительно увеличивается в процессе гидрирования, а пластичность значительно уменьшается), образование крупных массивных гидридов (гидрид представляет собой хрупкую структуру, которая часто становится источником разрушения под действием внешних сил) и замедленное гидридное растрескивание (водород, растворенный в материале, полимеризуется в молекулы водорода, вызывая концентрацию напряжений, превышающую предел прочности материала, образуя мелкие трещины внутри материала).

Гидрирование циркония производится по следующим механизмам: физическая адсорбция, химическая адсорбция, растворение водорода и его диффузия [3].

Процесс абсорбции водорода включает несколько стадий:

- водород достигает поверхности металлического циркония;
- накопление молекул водорода на поверхности и их диссоциация (физическая адсорбция, диссоциация и химическая адсорбция молекул водорода);
- атомы водорода диффундируют в металлах;
- гидрид образуется при достижении предела растворимости водорода в металле, образующем гидрид, включая цирконий.

В связи с вышесказанным, были сформулированы цель и задачи исследования.

Целью работы: изучить влияние водорода на структурно-фазовое состояние и механические свойства циркониевого сплава Zr-1Nb.

Для достижения поставленной цели были определены **следующие задачи:**

1. изучить физические и химические свойства циркония;
2. изучить такие методы исследования как рентгеноструктурный анализ, оптический микроскоп и просвечивающий электронный микроскоп (ПЭМ), измерение микротвердости по методу Виккерса и метод одноосного растяжения;
3. исследовать влияние водорода на структуру и фазовый состав циркониевого сплава Zr-1Nb;
4. исследовать влияние водорода на механические свойства циркониевого сплава Zr-1Nb

ГЛАВА 1. Литературный обзор

1.1 Физические и химические свойства циркония

Цирконий и его сплавы обладают высокой пластичностью и высокой коррозионной стойкостью, являются отличными материалами для хранения водорода и могут при нагревании поглощать большое количество газов, таких как кислород, водород и азот.

Мировые запасы циркония в основном находятся в прибрежных залежах песка, и лишь небольшая их часть распределена в рудных месторождениях и первичной руде. Около 40 минералов в природе содержат оксиды циркония или силикаты циркония, а содержащие цирконий природные силикаты (ZrSiO_4) называются цирконами или гиацинтами различных цветов от оранжевого до красного [4, 5].

Физические и химические свойства циркония представлены в таблице 1.

Таблица 1. [4]

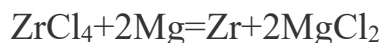
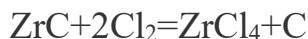
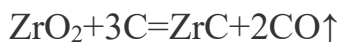
Название	цирконий
Символ	Zr
Атомный номер	40
Элемент категории	переходный металл
группа · период	4·5
Стандартная атомная масса	91.224
Электронная конфигурация	[Kr] 4d ² 5s ²
Состояние окисления	4, 3, 2, 1, -2 (амфотерный оксид)
Электроотрицательность	1,33
Энергия ионизации (первый электрон)	660,1 кДж · моль ⁻¹ (6.84 eV)

Энергия ионизации (второй электрон)	1267 кДж · моль ⁻¹ (13.2 eV)
Энергия ионизации (третий электрон)	2218 кДж · моль ⁻¹ (23.11 eV)
Плотность (около комнатной температуры)	6,52 г · см ⁻³
Точка плавления жидкости плотность	5,8 г · см ⁻³
Точка плавления	2128 К, 1855 °С, 3371 °F
Точка кипения	4650 К, 4377 °С, 7911 °F
Теплота плавления	14 кДж · моль ⁻¹
Теплота испарения	591 кДж · моль ⁻¹
Удельная теплоемкость	25,36 Дж · моль ⁻¹ · К ⁻¹
Кристаллическая структура	Шесть квадратных скоплений
Магнитные свойства	парамагнитный
удельное сопротивление	(20 ° С) 421 нΩ · м
Теплопроводность	22,6 Вт · м ⁻¹ · К ⁻¹
Коэффициент расширения	(25 ° С) 5,7 мкм · м ⁻¹ · К ⁻¹

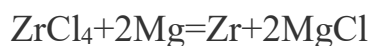
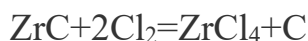
1.2 Способы получения циркония

1. циркон и углерод совместно нагревают, превращают в карбид циркония, затем хлорируют до тетрахлорида циркония и затем восстанавливают до получения магния с получением металлического циркония. Предпочтительным

способом в промышленности является электролиз расплавленной соли с $ZrCl_4$ или K_2ZrF_6 в качестве исходного материала [6].



2. циркон и углерод вместе с электрической печью могут быть получены путем нагревания карбида циркония, карбид циркония затем хлорируют при $500^\circ C$, доступном сырой тетрахлориде циркония. Для отделения гафния в нем неочищенный тетрахлорид циркония сначала растворяют в воде, а затем гафний отделяют от водного раствора. В настоящее время типичный способ экстракции и разделения растворителем основан на изогексаноне в качестве растворителя. Используя этот метод, оксид гафния можно получить, нагревая оксид гафния до $900^\circ C$ в присутствии углерода, хлорируя его с образованием тетрахлорида циркония и очищая тетрахлорид циркония сублимацией и очисткой. Восстановление магния проводят при температуре около $850^\circ C$. Хлорид магния в качестве побочного продукта можно удалить путем вакуумной перегонки при температуре около $900^\circ C$ для получения губчатого циркония [6].



1.3 Строение циркония

Цирконий имеет две кристаллические структуры: α -Zr с гексагональной решёткой типа магния, β -Zr с кубической объёмно-центрированной решёткой типа α -Fe, температура перехода $863^\circ C$ [7].

Кристаллическая структура α -Zr представляет собой гексагональную плотноупакованную (рис. 1). Гексагональная плотная упаковка является одной

из наиболее плотно упакованных симметрий: использование этого метода упаковки занимает около 74%. Координационный номер этой структуры 12 [8].

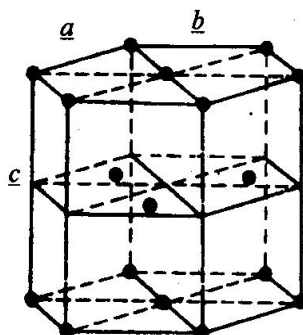


Рисунок 1 – Гексагональная плотноупакованная решетка

β -Zr является объемно-центрированной кубической структурой (рис. 2). В элементарной ячейке объемно-центрированной кубической решетки восемь атомов находятся по углам куба, а один атом находится в центре куба. Координационное число этой структуры 8 [8].

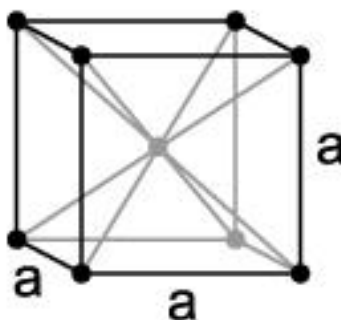


Рисунок 2 – Объемно центрированная кубическая решетка

1.4 Взаимодействие водорода с цирконием

Процесс поглощения водорода включает несколько этапов:

- молекулярный водород достигает поверхности;
- молекулы водорода сходятся на поверхности и диссоциируют

(физическая адсорбция, диссоциация и хемосорбция молекул водорода);

- атомы водорода перераспределяются по объему (диффузия);
- Гидрид образуется, когда водород достигает предела растворимости в гидридообразующем металле, включая цирконий.

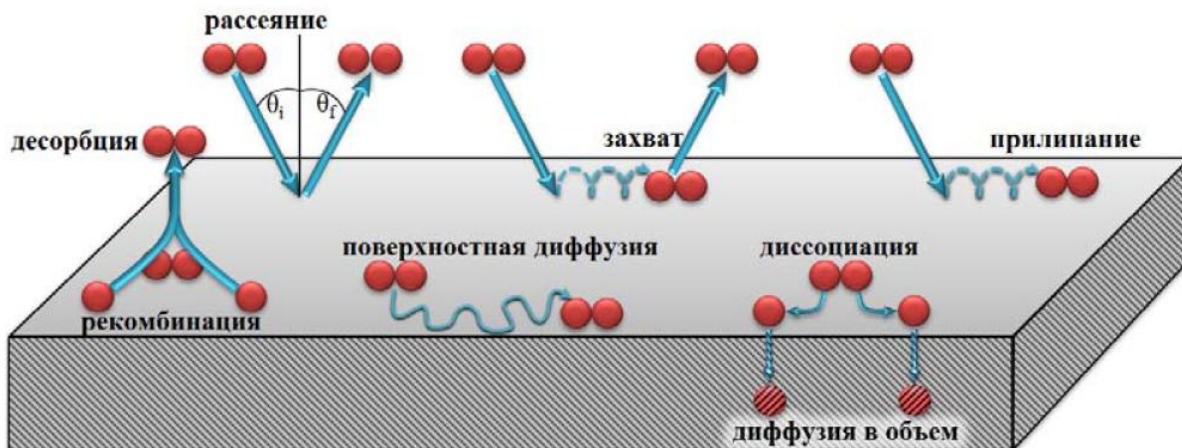


Рисунок 3 – Реакции на поверхности газ/поверхность [9]

Адсорбция молекул водорода на твердой поверхности обусловлена притяжением поверхностных атомов металла к молекулам водорода. Из-за физической и химической адсорбции молекулы газа могут адсорбироваться на поверхности.

Физическая адсорбция основана на ван-дер-ваальсовых взаимодействиях между молекулярным водородом и адсорбированными атомами. В этом процессе молекулы водорода взаимодействуют с несколькими атомами адсорбента. Для многих металлов энергия физической адсорбции близка к -5 кДж/моль Н (-0,05 эВ). Поскольку взаимодействие слабое, значительная физическая адсорбция имеет место только при низких температурах (< 273 К) [10, 11].

Следующая ступень в реакции взаимодействия металл–водород (М–Н) – молекула водорода диссоциирует, и атомарный водород преодолевает энергетический барьер. Этот процесс называется хемосорбцией, его энергия обычно отрицательная, её значение от -20 до -400 кДж/моль Н [12].

После диссоциации и преодоления энергетического барьера атомы водорода диффундируют в объем.

На рисунке 4 показана фазовая диаграмма системы Zr-H.

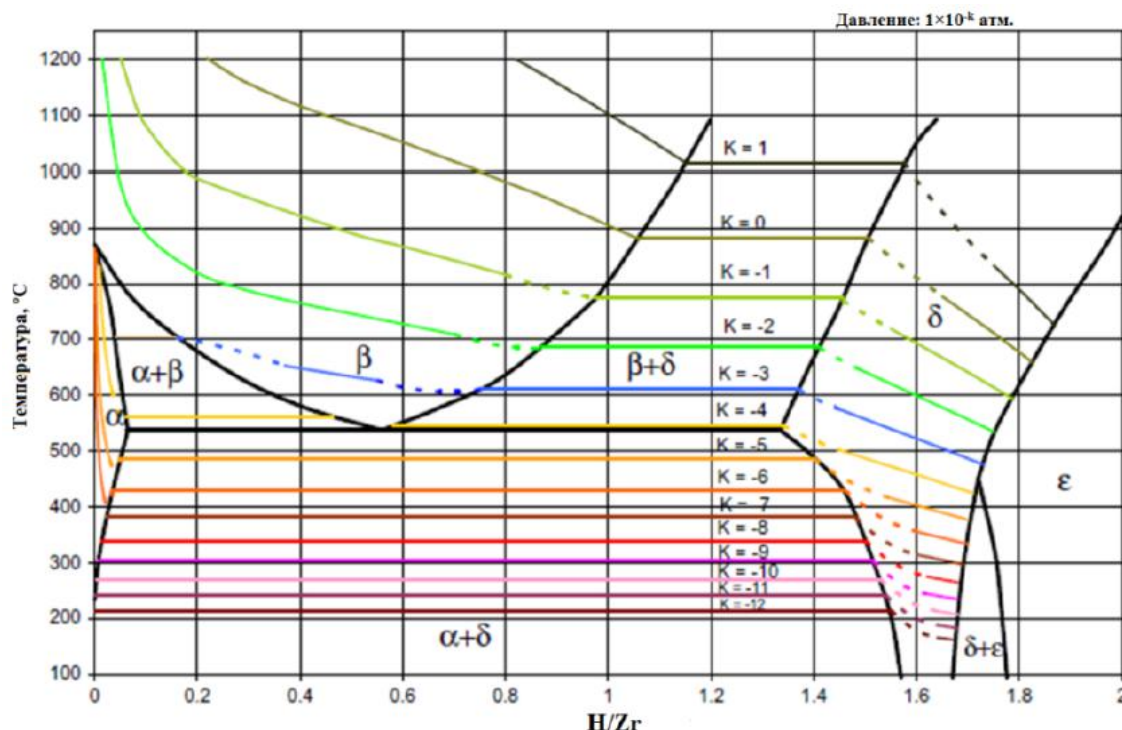


Рисунок 4 – Диаграмма фазовых состояний в системе Zr-H [13]

Четыре состояния равновесия можно найти на рисунке: твердый раствор гексагональной плотной структуры, образованный водородом и α -Zr; гранецентрированный кубический дигидрид, состоящий из δ -ZrH₂-y; тетрагональная структура дигирида ϵ -ZrH₂-x; ϵ -фаза, образованная мартенситным превращением δ -гидрида [13-17].

1.5 Влияние водорода на свойства циркония и его сплавов

Явление изменения механических свойств, таких как твердость и пластичность сплава циркония после гидрирования, называется водородным охрупчиванием.

В настоящее время основными причинами водородного охрупчивания

считаются следующие эффекты [18, 19]:

Во время затвердевания металла растворенный в нем водород не высвобождается во времени и диффундирует вблизи дефектов в металле. Когда металл охлаждается до комнатной температуры, молекулярный водород образуется на дефекте и накапливается, что приводит к огромному внутреннему давлению, в результате чего металл трескается;

Цирконий обладает высоким сродством к водороду, а перенасыщенный водород легко объединяется с атомами циркония с образованием гидрида. Гидрид представляет собой хрупкую структуру, которая часто становится источником разрушения под действием внешней силы, которая приводит к хрупкому разрушению металла;

Под действием стресса водород, растворенный в металле, может также вызвать водородное охрупчивание. Когда металлический материал подвергается воздействию внешней силы, напряжение концентрируется в переходной области формы материала или внутренние дефекты и микротрещины в материале. Под действием градиента напряжений атомы водорода перемещаются в область концентрации напряжений. Из-за взаимодействия между водородом и атомом циркония, что сила связи между атомами циркония становится слабой, так что зона высокого водорода будет инициирование трещины и расширения, в результате хрупких трещин явлений.

Водородное охрупчивание влияет на модуль Юнга сплава циркония. На рисунках 5 и 6 показано изменение модуля Юнга циркониевых сплавов Zr-1.0Nb и Zr-2.5Nb, имеющих содержание водорода C_H соответственно. Сплошные отметки показывают результаты для твердого раствора водорода в сплавах Zr-Nb, а открытые - для сплавов с частично осажденным гидридом [20].

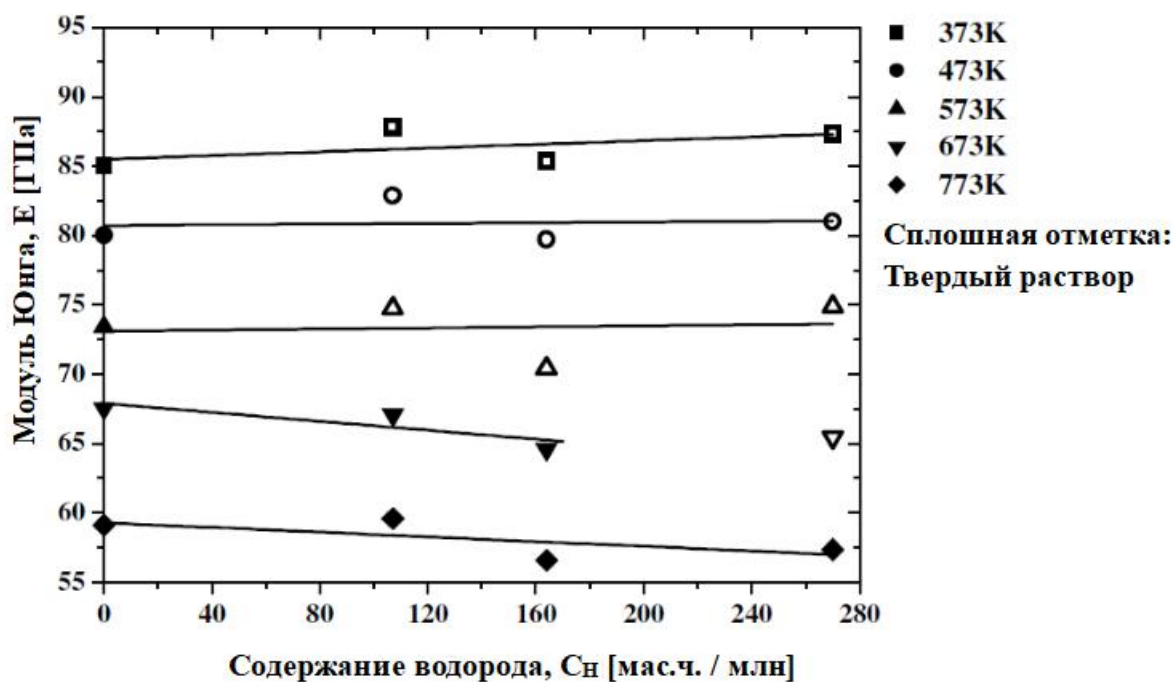


Рисунок 5 – Изменение модуля Юнга E гидрогенизированного сплава Zr-1.0Nb с различным содержанием водорода C_H [20]

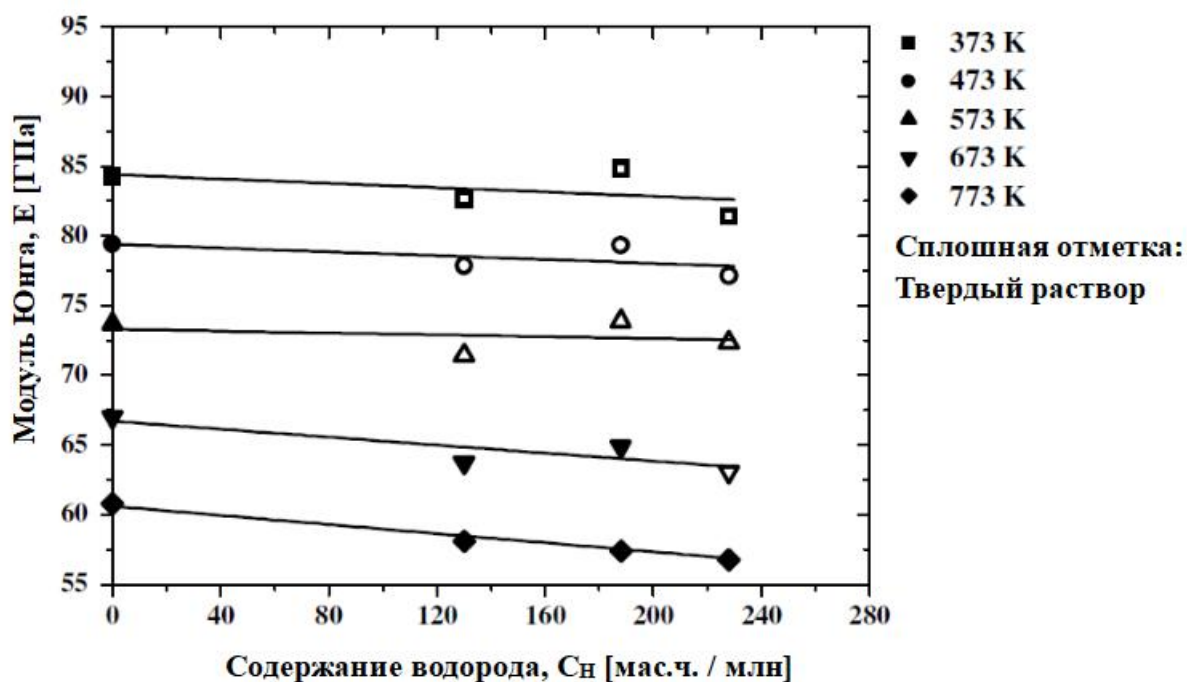


Рисунок 6 – Изменение модуля Юнга E гидрогенизированного сплава Zr-2.5Nb с различным содержанием водорода C_H [20]

Как видно из рисунка, модуль Юнга твердого раствора водорода в сплаве

Zr-Nb уменьшается с увеличением содержания водорода, в то время как модуль Юнга в сплаве с частично осажденным гидридом практически не изменяется [20]. Атомы внедрения растворенного водорода расширяют кристаллическую решетку, и некоторые электроны используются для металл-водородных связей. Следовательно, водород ослабляет основную металлическую связь. Впоследствии считается, что растворенный атом водорода уменьшает модуль Юнга сплава Zr-Nb. С другой стороны, гидридный осадок имеет более высокий модуль Юнга, но значительно меньший объем, чем α -цирконий, и почти не изменяет модуль Юнга сплава.

ГЛАВА 2. Материал и методы исследования

2.1 Материал исследования

В эксперименте использовался коммерческий сплав следующего состава: (wt%): $1\text{Nb} + \text{Fr} < 0.05 + \text{O} < 0.09$; баланс Zr.

2.2 Подготовка образцов для исследования

В качестве исходного материала для исследования использовали циркониевый сплав Zr-1 мас.% Nb

Наводороживание цилиндрических заготовок сплава до концентраций 0,07, 0,21 и 0,33 мас. % проводили путем отжига в среде водорода при давлении 1 ат. и температуре 873 К в высоковакуумной установке типа Сиверста (марка РСІМ).

Заготовки после наводороживания отжигали на воздухе при температуре 853 К в течение 15 часов.

2.3 Оптическая металлография

Оптическая металлография в основном изучает структуру и различные дефекты металлов и сплавов в различных условиях с помощью оптической микроскопии, таких как размер, морфология, распределение и ориентация фаз, размер границ между кристаллами и кристаллами, Морфология, ориентация, дислокации, пустоты, трещины и т. Д.

Металлографические микроскопы являются основными инструментами для металлографического анализа. Металлографические микроскопы - это микроскопы, предназначенные для наблюдения металлографической структуры непрозрачных объектов, таких как металлы и минералы. Эти непрозрачные объекты нельзя наблюдать в обычных микроскопах проходящего света,

поэтому основное различие между металлографическими и обычными микроскопами состоит в том, что первые отражают свет, а вторые освещают проходящим светом. В металлографическом микроскопе луч освещения направляется от линзы объектива к поверхности наблюдаемого объекта, отражается от поверхности объекта и возвращается в объектив для съемки [21].

В качестве образца в работе использовался полированный лист из циркониевого сплава Zr-1Nb, Zr-1Nb-0.085H и Zr-1Nb-0.21H, наблюдать и получать микроскопическую металлографическую структуру материала.

Структуру сплава исследовали с помощью оптического (марка AXIOVERT-200MAT) микроскопа.

2.4 Просвечивающая электронная микроскопия

Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) представляет собой крупномасштабное устройство для микроскопического анализа, которое использует высокоэнергетический электронный пучок в качестве источника освещения для увеличения изображения. Просвечивающая электронная микроскопия может выявить тонкие структуры размером менее 0,2 мкм, которые не видны под оптическим микроскопом. Эти структуры называются субмикроскопическими структурами или ультраструктурами.

В начале 20-го века ученые обсуждали проблему использования электронов для преодоления ограничений относительно длинных длин волн видимого света (400-700 нм). Согласно формуле Аббе, когда показатель преломления среды и половинный угол апертуры постоянны, чем короче длина волны источника освещения, тем выше разрешение микроскопа. Когда оптический микроскоп использует материал с максимально возможным углом диафрагмы и максимально возможным показателем преломления для погружения объектива, его предельное разрешение составляет всего 200 нм из-за ограничения длины волны видимого света. Согласно идее, что

микроскопические частицы движения, предложенные де Бройлем, имеют дуальность волны-частицы, ток электронного пучка также имеет волатильность, и длина волны электронной волны намного короче, чем у видимого света [23]. Следовательно, если в качестве источника света используется электронный луч, получающийся в результате микроскоп будет иметь гораздо более высокое разрешение, чем оптический микроскоп. В настоящее время разрешение ПЭМ может достигать 0,2 нм.

Просвечивающая электронная микроскопия работает как оптический микроскоп, но поскольку проникновение электронного пучка слабое, образец должен быть изготовлен в ультратонких срезах толщиной около 50 нм. Электроны испускаются из источника электронов и ускоряются электрическим полем с большой разностью потенциалов. Затем электронный пучок концентрируется электромагнитной линзой и проецируется на образец. После того, как падающий электронный луч облучается и проходит через образец, каждый атом или ион в образце рассеивает электроны в разных направлениях. Электронный пучок, проходящий через образец, концентрируется и увеличивается линзой объектива и, наконец, проецируется на дисплей [23],[24].

ПЭМ содержит несколько компонентов, включая вакуумную систему для транспортировки электронных пучков, источник электронной эмиссии для генерации электронных пучков и ряд электромагнитных линз, а также электростатические диски. Последние два устройства позволяют оператору управлять электронным пучком по мере необходимости. Кроме того, требуется устройство для перемещения образца на пути электронного пучка или с него и перемещения по пути. Излученный электронный пучок затем используется для изображения на устройстве визуализации [25].

- Вакуумная система: Вакуумная система имеет две функции: с одной стороны, она может подавать высокое напряжение между катодом и землей, не разрывая воздух, чтобы образовать дугу, а с другой стороны, она может значительно увеличить длину свободного пробега электрона.

Стандартные ПЭМ должны достигать очень низкого вакуума, обычно достигая 10^{-4} Па;

- Держатель образца: Конструкция ступени для образца позволяет вставлять держатель образца в вакуум, не влияя на давление воздуха в других областях микроскопа;

- Источник электронов: Электронный прожектор или электронная пушка для генерирования потока (пучка) электронов. Электронная пушка состоит из нескольких основных компонентов: нити накала, цепи смещения, катода и анода. При подключении нити накала к источнику отрицательного напряжения электроны могут накачиваться через электронную пушку к аноду и в вакуумную камеру ПЭМ;

- Источник высокого напряжения для ускорения электронов;

- Апертуры, ограничивающие расходимость электронного пучка: Это диск с отверстием посередине, отфильтровывающим электроны, которые находятся на определенном расстоянии от оптической оси. Этот элемент содержит небольшой диск, достаточно толстый, чтобы блокировать прохождение электронов, в то время как центральные электроны могут проходить через полость. Это свойство может производить два эффекта одновременно в ТЕМ. Во-первых, апертура уменьшает интенсивность электронного пучка, поэтому для некоторых образцов, чувствительных к интенсивности электронного пучка, требуется апертура. Во-вторых, апертура может удалять электроны со слишком большими углами рассеяния, что может ослабить сферическую абберацию и хроматическую абберацию и избежать нежелательных явлений, таких как дифракция;

- Набор электромагнитных линз, используемых для контроля и фокусировки электронного пучка: Влияние электронной линзы на пучок электронов аналогично влиянию оптической линзы на свет, который концентрирует параллельные электронные лучи с фиксированным фокусом. Линза может использовать электростатический эффект или магнитный эффект;

- Экран, на который проецируется увеличенное электронное изображение.

В исследовательской работе в качестве образца использовался полупрозрачный ультратонкий срез циркониевого сплава Zr-1Nb, Zr-1Nb-0.085H и Zr-1Nb-0.21H.

Структуру сплава исследовали с помощью просвечивающего электронного (марка JEM-2100) микроскопа.

2.5 Рентгеноструктурный анализ

2.5.1 Принцип рентгенографии

Анализ фазы дифракционной рентгеновской дифракции: это метод анализа кристаллической структуры материала с использованием дифракционного эффекта рентгеновских лучей в кристаллическом материале. Каждый вид кристаллического материала имеет свою специфическую кристаллическую структуру, включая тип решетки, межплоскостное расстояние и другие параметры. Образец облучается рентгеновскими лучами с достаточной энергией. Материал в образце возбуждается, и генерируется вторичная флуоресценция. Отражение поверхности кристалла следует за законом Брэгга. Качественный анализ соединения может быть выполнен путем измерения положения угла дифракции (положение пика). Количественный анализ может быть выполнен путем измерения интегральной интенсивности (пиковой интенсивности) линии, а размер и форму кристаллического зерна можно определить, измеряя зависимость интенсивности линии от угла.

Кристалл представляет собой набор параллельных плоскостей, отделенных друг от друга, а расстояние между смежными плоскостями является постоянной d . Падающая волна последовательно отражается от каждого слоя

периодической структуры. Если все отражённые волны синфазны, то происходит интерференция и возникает максимум отражения [26].

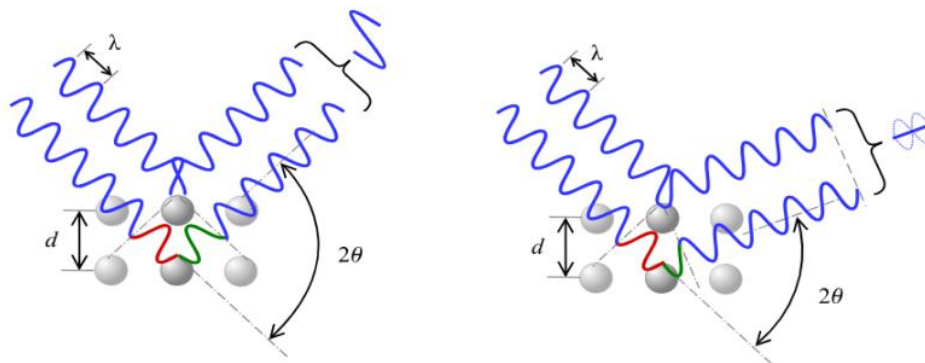


Рисунок 7 – Рассеяние рентгеновского излучения на веществе

Интенсивные пики рассеяния наблюдаются тогда, когда выполняется условие Вульфа - Брэгга

Формула Вульфа – Брэгга:

$$2d\sin\theta = n\lambda$$

где d - межплоскостное расстояние, θ - угол скольжения (брегговский угол), n - порядок дифракционного максимума, λ - длина волны.

2.5.2 Методы получения дифракционных данных

1) Монокристаллическая дифракция

Для монокристаллов основным методом рентгеноструктурного анализа является метод Лауэ.

Метод Лауэ использует непрерывную длину волны рентгеновского излучения для освещения стационарного монокристалла. Рентгеновские лучи, рассеянные разными атомами в кристалле, мешают друг другу и производят сильную дифракцию рентгеновских лучей в некоторых особых направлениях.

Луч воздействует на пленку, и тогда данные об интенсивности дифракционной линии могут быть получены путем измерения черноты дифракционного пятна на пленке.

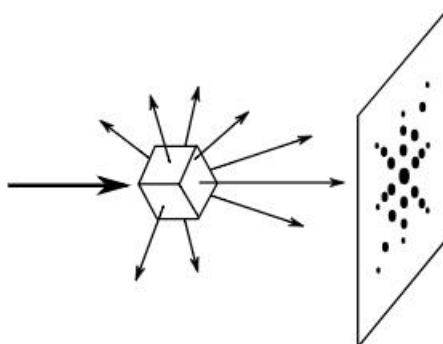


Рисунок 8 – Принципиальная схема конструкции

2) Поликристаллическая дифракция

Для поликристаллов обычно используются рентгеновский фотографический метод и метод дифрактометра.

а) Фотографический метод: поликристаллический образец облучается характеристическими рентгеновскими лучами, испускаемыми источником света, и записывается дифракционная картина с отрицательной пленкой.

В соответствии с относительным положением образца и пленки фотографический метод можно разделить на:

метод Дебая (наиболее часто используемый);

метод фокусировки;

метод обскуры.

Метод Дебая: Удлиненный задний лист имеет цилиндрическую форму, образец стержня размещен на цилиндрической оси, а рентгеновское излучение падает на образец перпендикулярно оси. Дифракционное волокно образует серию конусов, которые проецируют серию дуг на пленку [27].

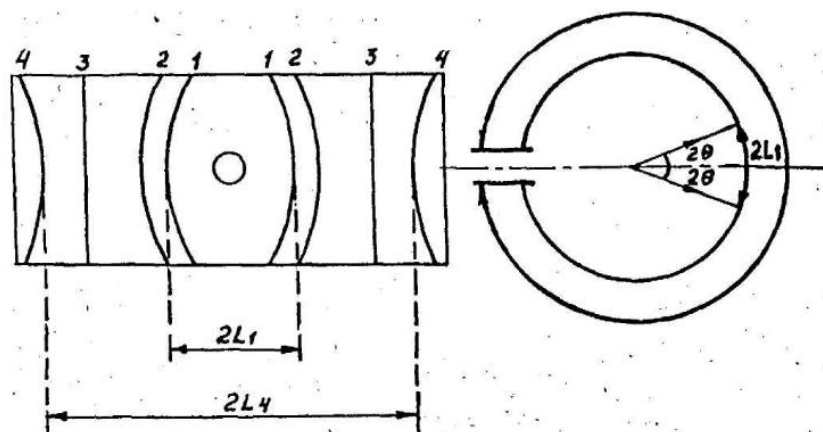


Рисунок 9 – Схема рентгенограммы, полученной прямой съемкой в цилиндрической камере

Метод фокусировки: Отрицательная пленка находится на той же окружности, что и образец, освещающая большую площадь на образце монохроматическими рентгеновскими лучами с большей расходимостью. Из-за равного кругового угла одной и той же дуги на одной и той же окружности дифракционные линии эквивалентной плоскости кристалла в поликристаллическом образце фокусируются на пленке до точки или линии. Метод фокусировки имеет короткое время экспозиции, а разрешение в два раза меньше разрешения метода Дебая, но дифракционные линии малы и широки под малым углом и не подходят для анализа неизвестных образцов.

Метод обскуры: Три однолучевых коллимированных монохроматических рентгеновских лучей являются источниками света, которые освещают плоский образец. В соответствии с различными положениями пленки метод обскуры делится на пробивающий метод обскуры и метод обратной промывки. Дифракционная картина, полученная методом обскуры, представляет собой весь круг дифракционной линии и подходит для изучения размера зерна, целостности кристалла, макроскопического остаточного напряжения, предпочтительной ориентации в поликристаллическом образце и тому подобного. Однако этот метод может записывать только несколько дифракционных колец и не подходит для других применений.

б) Рентгеновский дифрактометр - это инструмент, который использует рентгеновские лучи для количественного анализа внутренней структуры вещества. Он использует пучок рентгеновских лучей для взаимодействия с образцом и анализирует структуру материала по сгенерированной дифракционной картине.



Рисунок 10 – Рентгеновский дифрактометр

Рентгеновские дифрактометры бывают разных форм, но их основной состав очень похож, основные компоненты состоят из четырех частей:

высокостабильный рентгеновский источник: Источник рентгеновского излучения может обеспечить рентгеновские лучи, необходимые для эксперимента. Длина волны рентгеновского излучения может быть изменена путем изменения материала мишени анодной трубки, а интенсивность источника рентгеновского излучения может регулироваться путем регулировки напряжения на аноде [28].

рентгеновский гониометр: Рентгеновский гониометр является ядром рентгеновского дифрактометра и используется для измерения угла между падающим рентгеновским пучком и дифрагированным рентгеновским пучком.

детектор излучения: Роль детектора излучения заключается в преобразовании дифракционного сигнала (фотона) образца в электрический

(переходный) импульс, который может одновременно определять интенсивность дифракции и направление дифракции.

схема измерения радиации: Схема измерения излучения позволяет детектору излучения выводить эффективный и высококачественный электрический сигнал и может обрабатывать данные измерений для получения поликристаллической дифракционной картины, что позволяет экспериментатору интуитивно считывать данные дифракции.

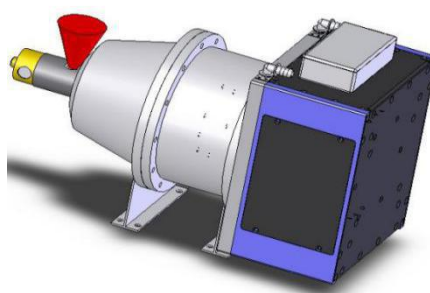


Рисунок 11 – Источник рентгеновского излучения



Рисунок 12 – Рентгеновский гониометр



Рисунок 13 – Детекторы излучения

Фазовый состав и кристаллической структуры определяли с помощью рентгеновского дифрактометра XDR-7000 в излучении Cu-K α .

2.6 Измерение микротвёрдости методом Виккерса

2.6.1 Метод Виккерса

Твердость относится к свойству твердого материала против постоянной деформации. Способность материала противостоять проникновению твердого предмета на его поверхность называется твердостью.

Согласно методике испытаний, твердость делится на три категории:

Характеризующие твердость: Материал вытягивается поверх металлического стержня, твердость которого постепенно уменьшается от одного конца к другому концу, а затем определяется твердость материала, подлежащего испытанию, в соответствии с положением, где на стержне появляется царапина.

Пресс в твердости: Указанный индентор вдавливается в испытываемый материал с определенной нагрузкой, и твердость испытуемого материала определяется в зависимости от степени локальной пластической деформации поверхности материала. Чем тверже материал, тем меньше пластическая деформация.

Твердость отскока: Молоток воздействует на образец материала с определенной скоростью, и твердость материала определяется в зависимости от высоты отскока. Чем выше высота отскока, тем выше твердость материала.

Микротвердость материала определяется тестом на твердость при вдавливании, основным экспериментальным методом является метод Виккерса.

Знак твердости по Виккерсу - HV. В тесте твердости по Виккерсу используется алмазный клин с правильной четырехугольной пирамидой с противоположным углом 136 °. Благодаря своей чрезвычайно высокой твердости алмазный индентор может использоваться для прессования практически всех материалов, а форма пирамиды делает углубление

независимым от размера самого индентора. Индентор вдавливался в поверхность материала, подлежащего испытанию, с определенной нагрузкой. После выдерживания нагрузки в течение определенного периода времени нагрузка снимается и измеряется диагональная длина квадратного вмятины на поверхности материала. Испытательная сила микротвердости по Виккерсу составляла $0,09807 \leq F < 1,961$, что приводило к чрезвычайно малому вдавливанию и почти отсутствию повреждения образца [29].

Расчет твердости по Виккерсу (HV):

$$HV = 0.1891 * F / d^2$$

d - диагональная длина ямы, мм

2.6.2 микротвердомер

Тестер микротвердости в основном используется для измерения микротвердости крошечных, тонких образцов и хрупких аппаратных средств.

Микротвердомер состоит из основного устройства, окуляра для микрометра, различных испытательных стендов, стандартного блока твердости, различных инденторов, объектива и угла выравнивания.

Окуляр микрометра используется для наблюдения металлографического или микроструктуры, определения места испытания, измерения длины диагонали, сбора данных и т. Д. ; основного устройства используется для завершения переключения окуляра и индентора и приложения нагрузки в определенном месте испытания и переместите платформу, чтобы найти пиксели.

В качестве образца в работе использовался полированный лист из циркониевого сплава Zr-1Nb, Zr-1Nb-0.07H, Zr-1Nb-0.21H и Zr-1Nb-0.33H.

Микротвердость образца измерялась с помощью микротвердомера(MICROHARDNESS TESTER MODEL HV-1000).

2.7 Метод одноосного растяжения

2.7.1 Экспериментальный принцип

Метод одноосного растяжения определяет механические свойства материала под нагрузкой путем растяжения материала. Этот метод является распространенным методом измерения механических свойств материалов.

Анализируя экспериментальные данные, можно определить следующие свойства материала: предел пропорциональности, предел текучести, предел прочности, относительное остаточное удлинение, относительное остаточное сужение, модуль Юнга [30].

Предел пропорциональности: Максимальное напряжение, при котором напряжение и деформация поддерживают пропорциональные отношения. Когда напряжение меньше или равно пропорциональному пределу, напряжение и деформация удовлетворяют закону Гука.

Предел упругости: Предел упругости означает, что когда металлический материал подвергается воздействию внешней силы до определенного предела, если внешняя сила устраняется, деформация исчезает и восстанавливается исходное состояние. Если вы продолжите увеличивать внешнюю силу, объект будет пластически деформирован. Между пределом пропорциональности и пределом упругости нет пропорциональной зависимости между напряжением и деформацией.

Предел текучести: Когда материал подвергается растягивающей нагрузке, явление, когда пластическая деформация продолжает увеличиваться, когда нагрузка не увеличивается, называется текучестью. Напряжение, при котором феномен текучести называется пределом текучести. На практике соответствующее значение напряжения обычно используется в качестве предела текучести, когда пластическая форма, создаваемая материалом, изменяется до 0,2%.

Предел прочности: Предел прочности есть пороговая величина постоянного механического напряжения. Если нагрузка превышает этот

пороговая величина, материал будет полностью разрушаться при растяжении. Если материал подвергается нагрузке, которая меньше статической прочности на растяжение, т.е. не превышает временное сопротивление, материал может выдерживать любую статическую нагрузку в течение неопределенного периода времени.

Модуль Юнга: Это физическая величина, которая описывает способность твердого материала противостоять деформации. Когда упругий материал подвергается напряжению, возникает деформация. Когда переменная деформации не превышает определенного предела упругости соответствующего материала, отношение положительного напряжения к прямой деформации определяется как модуль Юнга материала.

Относительное остаточное удлинение: Это процентное отношение общего удлинения к исходной длине после того, как образец материала разорван растягивающей нагрузкой.

Относительное остаточное сужение: Относится к процентному соотношению площади уменьшенной площади к площади исходного поперечного сечения после испытания на растяжение образца материала.

Испытуемые материалы обычно делятся на две категории: пластиковые материалы и хрупкие материалы. Это связано с тем, что пластиковые материалы вызывают значительные пластические деформации во время испытаний, а хрупкие - нет.

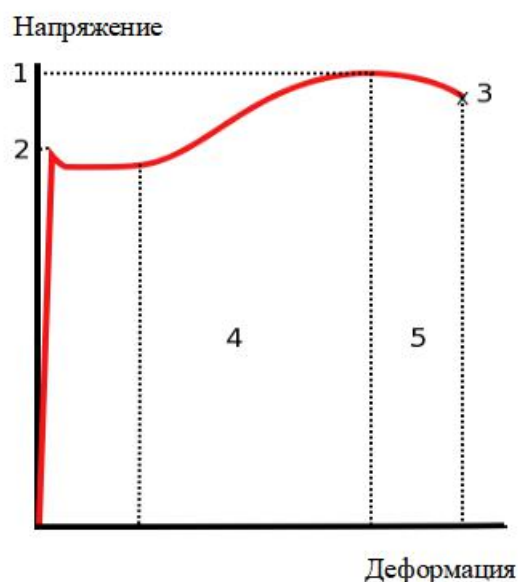


Рисунок 14 – Диаграмма растяжения пластичного материала

Рисунок 14 - это диаграмма растяжения пластичного материала. Начальная часть кривой является линейной, в которой образец подвергается упругой деформации. Значение модуля Юнга материала равно наклону этой части отрезка. Этот процесс следует закону Гука:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sigma}{\varepsilon} = E$$

Затем, когда напряжение увеличивается, отношение напряжения к деформации уменьшается, и они больше не имеют фиксированного отношения. Граница между этой частью и предыдущей частью называется пропорциональным пределом. Конечная точка нелинейной части кривой (точка 2) называется предел упругости.

На следующем этапе, когда деформация увеличивается, наклон кривой уменьшается, т.е. уменьшается величина деформации, соответствующая тому же напряжению. Так как пластическая деформация формируется по всей рабочей длине образца, мы представляем эту область как площадкой общей текучести на рисунке. Затем, когда напряжение больше не меняется, напряжение продолжает возникать, и напряжение в это время называется пределом текучести.

Когда пластическая деформация достигает примерно 2%, зернистость материала вытягивается вдоль направления максимальной деформации, и решетка деформируется, поэтому способность материала противостоять деформации усиливается и поступает на стадию деформационного упрочнения (площадь 4). На этом этапе напряжение увеличивается соответственно с увеличением деформация.

Когда напряжение достигает максимума (предел прочности, точка 1), самое слабое положение материала начинает формировать «шею». «Шея» - это область, которая концентрируется на пластической деформации. По мере того как площадь поперечного сечения области «шеи» уменьшается, напряжение также уменьшается. Наконец материал разрушается в области «шеи».

2.7.2 Экспериментальный метод

Испытание на растяжение проводили на машине для испытания материалов. Испытательная машина имеет механический, гидравлический, электрогидравлический или электронный тип сервопривода. В этом эксперименте, образцы для испытания в виде двойной лопатки с размерами рабочей части $5 \times 1,5 \times 0,7$ мм³ вырезали из заготовок электроискровым способом (рис.15).

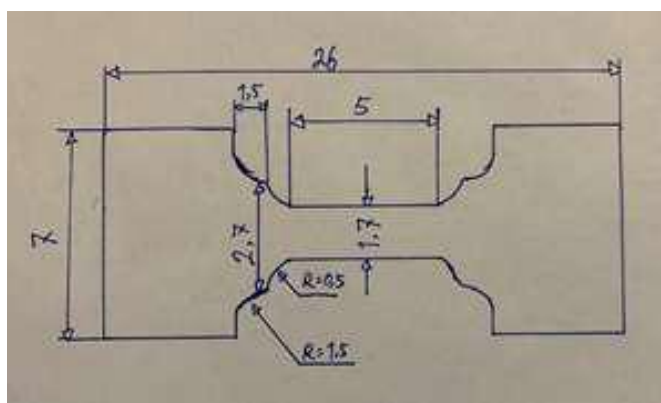


Рисунок 15 – Схема образца

При подготовке образца следует избегать воздействия холодной и горячей обработки на материал и обеспечивать определенную степень гладкости. Поэтому, поверхность образцов перед испытанием подвергали механической шлифовке и электрохимической полировке или полировке на алмазной пасте.

Испытания на растяжение проводили при температуре 293 К в установке ПВ-3012М, с автоматической записью кривой растяжения в координатах нагрузка-время. Начальная скорость растяжения составляла $6,9 \times 10^{-3} \text{ с}^{-1}$.

Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Организация и планирование работ

В процессе организации реализации конкретных проектов необходимо разумно планировать ситуацию с занятостью участников и рабочее время каждого человека. В следующей таблице 9 перечислены люди и имена, вовлеченные в работу.

Таблица 9. Участники проекта

№ раб.	Исполнители	Имя
1	Научный руководитель (НР)	Степанова Екатерина Николаевна
2	Студент-дипломник (СД)	Чжан Мэнфэй

При проведении исследований в выпускной работе необходимо строить рабочие группы для того, что достигнуть и выполнить конкретную цель. Для разных видов работ установите соответствующую должность исполнителя.

Таблица 10. Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Составление и утверждение ТЗ	НР	НР – 100%
Определите тему и обсудите фактическое применение, связанное с	НР, СД	НР – 30% СД – 100%

темой.		
Разработать экспериментальный план и график	НР, СД	НР – 100% СД – 10%
Обсуждение литературы	НР, СД	НР – 30% СД – 100%
Выбор структурной схемы устройства	НР, СД	НР – 100% СД – 50%
Выбор принципиальной схемы устройства	НР, СД	НР – 100% СД – 80%
Горячая обработка металлических материалов и сбор экспериментальных данных	НР	НР – 100% СД – 80%
Экспериментальный анализ данных	НР, СД	НР – 20% СД – 80%
Оформление расчетно-пояснительной записки	НР, СД	НР – 40% СД – 80%
Оформление графического материала	НР, СД	НР – 100% СД – 80%
Подведение итогов	НР, СД	НР – 60% СД – 100%

4.1.1 Продолжительность этапов работ

Существует два способа расчета продолжительности этапа работы.

Первый метод - это технология и экономика - этот метод применим к полностью разработанной нормативно-правовой базе для трудоемкости процесса планирования, что, в свою очередь, обусловлено их высокой воспроизводимостью в стабильной среде. Поскольку подрядчики часто не имеют соответствующих стандартов, мы отказываемся от использования этого метода.

Второй метод - опытно-статистический метод, который может быть реализован двумя способами: 1) аналоговый; 2) экспертный. Аналоговый метод возможен только при наличии устаревшего симулятора в поле зрения исполнителя. В большинстве случаев его можно применять только локально - для отдельных элементов (этап работы). Так что выбирайте экспертный метод для оценки. Экспертные методы пригодны для использования при отсутствии информационных ресурсов, а эксперты в конкретных предметных областях проводят необходимые количественные оценки на основе своего профессионального опыта.

Рассчитайте время, необходимое для каждого шага работы, по следующей формуле:

$$t_{ож} = \frac{t_{min} + 4t_{prob} + t_{max}}{6}$$

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

t_{prob} – наиболее вероятная продолжительность работы, дн.

$$T_{рд} = \frac{t_{ож}}{K_{вн}} \cdot K_{д}$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения работ, $K_{вн} = 1,2$;

$K_{д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ, $K_{д} = 1,1$

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{\text{КД}} = T_{\text{РД}} \cdot T_{\text{К}}$$

где $T_{\text{КД}}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{\text{К}}$ – коэффициент календарности, решение по формуле:

$$T_{\text{К}} = \frac{T_{\text{КАЛ}}}{T_{\text{КАЛ}} - T_{\text{ВД}} - T_{\text{ПД}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22$$

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 10, и сделайте следующие выводы:

Таблицы 11. Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
					$T_{\text{РД}} 0.917$		$T_{\text{КД}} 1.22$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{\text{ож}}$	НР	СД	НР	СД
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка целей и задач	НР	3	4	3.4	3.116	-	3.802	-
Составление и утверждение ТЗ	НР	2	3	2.4	2.2	-	2.684	-
Определите тему и обсудите фактическое применение, связанное с	НР, СД	7	10	8.2	2.255	7.516	2.751	9.170

темой.								
Разработать эксперименталь- ный план и график	НР, СД	2	4	2.8	2.566	0.256	3.131	0.313
Обсуждение литературы	НР, СД	3	6	4.2	1.155	3.85	1.4091	4.697
Выбор структурной схемы устройства	НР, СД	7	14	9.8	8.983	4.491	10.959	5.479
Выбор принципиальной схемы устройства	НР, СД	4	10	6.4	5.866	4.693	7.157	5.725
Горячая обработка металлических материалов и сбор эксперименталь- ных данных	НР	30	40	34	31.16	24.93	38.02	30.41
Эксперименталь- ный анализ данных	НР, СД	15	20	17	3.116	12.46	3.802	15.209
Оформление расчетнопоясни- тельной записки	НР, СД	5	6	5.4	1.98	3.96	2.4156	4.8312
Оформление графического материала	НР, СД	10	15	12	11	8.8	13.42	10.736
Подведение итогов	НР, СД	4	6	4.8	2.64	4.4	3.2208	5.368
Итого:				110.4	76.04	75.36	92.77	91.94

Этап	НР	СД	Март			Апрель			Май			Июнь		
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
1	3.80 2	-												
2	2.68 4	-												
3	2.75 1	9.17 0		 										
4	3.13 1	0.31 3			 									
5	1.41	4.69 7			 									
6	10.9 6	5.47 9			 									
7	7.15 7	5.72 5				 								
8	38.0 2	30.4 1					 							
9	3.80 2	15.2 1								 				
10	2.41 5	4.83 1										 		
11	13.4 2	10.7 3										 		
12	3.22 1	5.36 8											 	58

HP – ; CD – 

4.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

Стоимость создания проекта включает в себя все затраты, необходимые для реализации каждой из задач, которые составляют эту разработку. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат: материалы и покупные изделия; заработная плата; социальный налог; расходы на электроэнергию (без освещения); амортизационные отчисления; командировочные расходы; оплата услуг связи.

4.2.1 Расчет затрат на материалы

Во-первых, расходы включают материальные затраты, приобретенные продукты, полуфабрикаты и другие материальные ценности, которые непосредственно потребляются при работе объекта проектирования. Для покупки большого количества предметов, например цены листа сплава Э110, мы используем метод взвешивания. Цена за единицу товара принимается за среднюю рыночную цену. Хотя цена на оптовую торговлю будет намного ниже, чем средняя рыночная цена, мало влияет на небольшое количество протестированных образцов.

Таблицы 12. Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Единица измерения	Цена за ед., руб.	Колво	Сумма, руб.
Наждчная бумага (А4)	штук	150	8	1200
Бумага (А4)	штук	2	240	480
Сплав Э110(10см*10см)	штук	20	2	40
Защитные перчатки	штук	25	8	200
Итого:				1920

4.2.2 Расчет заработной платы

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

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \frac{МО}{\frac{298}{12}} = \frac{МО}{24,83}$$

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

$$К_{\text{ПР}} = 1,1; К_{\text{доп.ЗП}} = 1,188; К_{\text{р}} = 1,3.$$

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

$$К_{\text{и}} = К_{\text{ПР}} * К_{\text{доп.ЗП}} * К_{\text{р}} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699.$$

Таблицы 13. Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	26300	876,7	76,04	1,699	140014,25
СД	15450	515	75,36	1,62	68412,6
Итого:					20842 6,85

4.2.3 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 % от полной заработной платы по проекту.

$$C_{\text{соц.}} = C_{\text{зп}} * 0,3 = 208426,85 * 0,3 = 62528,055 \text{ руб}$$

4.2.4 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:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot C_{\text{э}}$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность кВт;

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

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

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном.}} * K_{\text{с}}$$

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

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

Результаты расчета стоимости электроэнергии следующие таблице

Таблице 14.

№ п/п	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.
1.	Дифрактометр	40	2	5,748	459,84
2.	Источник питания	225	0,3		387.99
3.	Компьютер	225	0,2		258,66
4.	Монитор	225	0,09		116,4

	Итого				1222,89
--	-------	--	--	--	---------

4.2.5 Расчет амортизационных расходов

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

$$C_{AM} = \frac{H_A * C_{OB} * t_{pф} * n}{F_D}$$

где H_A – годовая норма амортизации($H_A=12,5\%$).

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

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования.($301*24=7224$ ч)

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

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Результаты расчета нормы амортизации в таблице 15.

Таблицы 15.

№ п/п	Наименование оборудования	Количество (n).	Цена единицы оборудования, руб (C_{OB})	Общая стоимость оборудования, руб.	Время работы, $t_{pф}$ (ч)	Амортизация, руб
1.	Дифрактометр	1	8200000	8200000	40	5675,53
2.	Источник питания	1	5700	5700	225	22,1
3.	Компьютер	1	30000	30000	225	116,8

4.	Монитор	1	5000	5000	225	19,47
	Итого			8235700		5833,9

4.2.6 Расчет прочих расходов

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{нп}}) \cdot 0,1 = 27993,17 \text{ руб}$$

4.2.7 Стоимость всех проектов

Консолидировать и суммировать расходы по вышеуказанным разделам. Все затраты на этот эксперимент представлены в таблице 16 ниже.

Таблицы 16. Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	1920
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	208426,85
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	62528,055
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	1222,89
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	5833,9
прочих расход	$C_{\text{проч.}}$	27993,17
Итого:		307924,87

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 307924,87$ руб.

4.2.8 Оценка экономической эффективности

Этот эксперимент не имеет производственного значения, его результаты имеют только научную ценность, следовательно оценка его экономической эффективности невозможна.

Глава 5. Социальная ответственность

Введение

Данная научно-исследовательская работа выполнялась в помещении кафедры общая физика третьего корпуса Томского Политехнического университета в кабинете Н2. Помещение оснащено рентгеновским дифрактометром XDR-7000, видео-дисплейными терминалами(ВДТ), персональными электронно-вычислительными машинами(ПЭВМ), компьютерными столами, стульями, и противопожарной сигнализацией.

Актуальности: Социальная ответственность или корпоративная социальная ответственность (как морально-этический принцип) это ответственность перед людьми и данными им обещаниями, когда организация учитывает интересы коллектива и общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на заказчиков, поставщиков, работников, акционеров (IC CSR 26000:2011).

Целью работы является исследованию факторов безопасности в лаборатории.

Для достижения поставленной цели были определены следующие **задачи**:

- 1.Исследование правовых и организационных вопросов обеспечения безопасности.
- 2.Исследование производственной безопасности.
- 3.Исследование экологической безопасности.
- 4.Исследование безопасности в чрезвычайных ситуациях.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства.

Нормы трудового права – это правила трудовых отношений, установленные или санкционированные государством посредством законодательных актов.

Нормы трудового права регулируют любые отношения, связанные с использованием личного труда.

- Формы их реализации разнообразны:
- собственно, трудовые отношения;
- организация труда и управление им;
- трудоустройство работников;
- социальное партнерство, коллективные отношения;
- содействие занятости безработных лиц;
- организация профессиональной подготовки и повышения квалификации;
- обеспечение мер по охране труда граждан;
- осуществление контроля и надзора за соблюдением законодательства;
- социальная и правовая защита работников, решение трудовых споров;
- деятельность профессиональных союзов;
- отношения взаимной материальной ответственности работника и работодателя;
- защита прав и интересов работодателей.

Требования по охране труда и обязательная аттестация рабочих мест регламентируются гл. 34 ТК РФ.

Государственные нормативные требования охраны труда, содержащиеся в федеральных законах и иных нормативных правовых актах Российской Федерации, устанавливают правила, процедуры и критерии, направленные на сохранение жизни и здоровья работников в процессе их работы. Эти требования являются обязательными для юридических и физических лиц при осуществлении ими какой-либо деятельности. Обязательство по обеспечению безопасных условий и охраны труда возлагается на работодателя.

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.

Эргономическими аспектами проектирования рабочих мест видеотерминала, в частности, являются: высота рабочей поверхности, размеры пространства для ног, требования к расположению документов на рабочем месте (наличие и размер держателя документов, возможность различных размещение документов, расстояние от глаз пользователя до экрана, документа, клавиатуры и т. д.), характеристики рабочего стула, требования к поверхности рабочего стола, возможность настройки рабочего места и его элементов

Организация рабочего места программиста или оператора ПК регламентируется следующими нормативными документами:

- ССБТ;
- ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ;
- СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 и рядом других.

Высота рабочей поверхности рекомендуется в пределах 680-760 мм. Высота рабочей поверхности, на которой установлена клавиатура, должна составлять 650 мм.

Схема рабочей зоны представлена на рисунке 22.

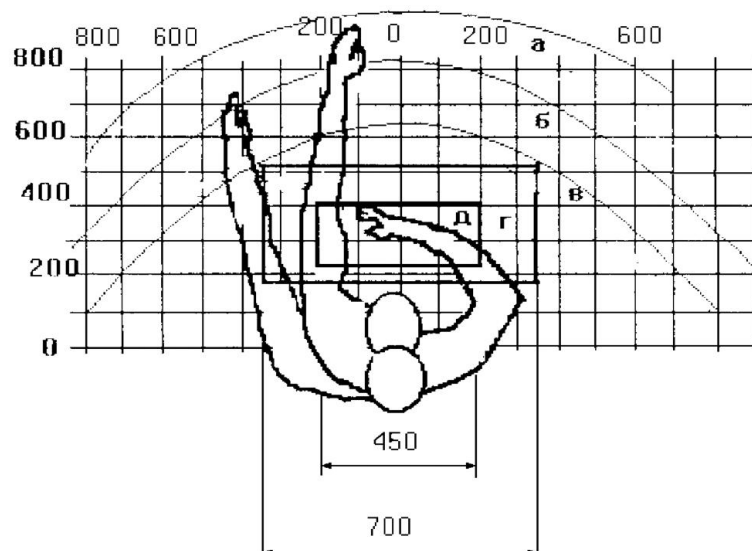


Рисунок 22 – Схема рабочей зоны с зонами досягаемости. а - зона максимальной досягаемости; б - зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в - зона легкой досягаемости ладони; г - оптимальное пространство для грубой ручной работы; д - оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

Максимальный радиус действия руки - это часть моторного поля рабочего места, ограниченная дугами, которые описываются максимальными растянутыми руками при движении в плечевом суставе.

Оптимальная зона - это часть двигательного поля рабочего места, ограниченная дугами, описываемыми предплечьями при движении в локтевых суставах с опорой в точке локтя и с относительно неподвижным плечом.

Большое значение также придается правильной рабочей позе пользователя. При неудобной рабочей позе могут появиться боли в мышцах, суставах и сухожилиях.

5.2 Производственная безопасность.

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

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 опасные и вредные факторы по их воздействию на организм можно разделить на следующие группы:

- физические;
- химические;
- психофизиологические;
- биологические.

Опасные и вредные факторы, которые присутствуют в данной работе представлены в таблице 17.

Таблица 17. Перечень опасных и вредных факторов технологии производства

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработ ка	Изготовлен ие	Эксплуатаци я	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБГ. Шум. Общие требования безопасности [1], СанПин 2.2.4.548- 96. Гигиенические
2.Превышение уровня шума	+	+		
3.Электромагнитн ые излучения	+	+	+	

4.Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	требования к микроклимату производственных помещений [2],
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* [3], ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление [4].

Перечисленные факторы могут оказывать влияние на здоровье, а также приводить к аварийным и опасным ситуациям, в связи с этим их необходимо контролировать в соответствии с перечисленными в таблице нормами и требованиями.

5.2.2 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.

1. Микроклимат производственных помещений определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха. Высокая температура приводит к быстрой утомляемости работника, может привести к перегреву организма, тепловому удару. А низкая температура может вызвать местное или общее охлаждение организма, и привести к простудному заболеванию либо обморожению. Низкая влажность вызывает неприятные ощущения в виде сухости слизистых оболочек дыхательных путей работающего.

2. Научно-исследовательская работа выполнялась с помощью персональных компьютеров (ПЭВМ). При этом основным вредным фактором для инженера-исследователя является электромагнитное излучение. Электромагнитное излучение может повредить зрение, повысить утомляемость, а также привести к ухудшению памяти и раку.

Таблица 18. Временные допустимые уровни (ВДУ) электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах.

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц-2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц-400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц-2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот	25 нТл

	2 кГц-400 кГц	
Напряженность электрического поля		5 В/см

Безопасные уровни излучений регламентируются нормами СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 и представлены в табл. 18.

3. Опасным фактором при работе на ПК является электрический ток. Степень опасного воздействия на человека электрического тока зависит от:

- тип и величина напряжения и тока;
- частота электрического тока;
- текущие пути через организм человека;
- продолжительность воздействия на организм человека;
- условия окружающей среды.

Согласно ПУЭ пост управления №8 по степени опасности поражения электрическим током можно отнести к классу помещений без повышенной опасности.

Основными мероприятиями по защите от электропоражения являются:

- обеспечение недоступности токоведущих частей путем использования изоляции в корпусах оборудования;
- применение средств коллективной защиты от поражения электрическим током;
 - защитного заземления;
 - защитного зануления;
 - защитного отключения;
 - использование устройств бесперебойного питания.

Технические способы и средства применяют отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита.

Контроль выполнения требований электробезопасности должен проходить на следующих этапах:

- проектирование;
- реализация;
- эксплуатация.

5.3 Экологическая безопасность

5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Разработанный макет лаборатории предполагает использование компьютера. Использование этих устройств напрямую связано с использованием электричества. Развитие энергетики оказывает существенное влияние на окружающую среду, являясь источником различных видов загрязнения воздуха, воды, земной поверхности и ее недр, а также основным потребителем топливных ресурсов, определяющих уровень его производства.

5.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.

Наш компьютер отвечает высоким требованиям безопасности работы. Эти устройства соответствуют требованиям следующих международных стандартов безопасности для электрооборудования, применяемого для измерения, контроля и лабораторных исследований:

- IEC 61010-1, EN 61010-1;
- UL 61010-1, CSA 61010-1.

Основное влияние на окружающую среду заключается в образовании и поступлении твердых отходов в виде отработанных ПК, их компонентов и содержащихся в них вредных веществ.

5.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Охрана окружающей среды от загрязнений – не только важнейшая задача улучшения здоровья людей и сохранения природы, но и серьезный фактор увеличения эффективности производства. Загрязнение атмосферы и водных источников приводит к снижению отдачи всех видов производственных ресурсов народного хозяйства: уменьшению производительности труда, эффективности работы оборудования, снижению качества продукции, увеличения расходов здравоохранения, коммунально-бытовое обслуживание. Возникает экономический ущерб от загрязнения окружающей среды в следствие роста заболеваемости населения, ускорения износа машин, зданий, личного имущества граждан, падения продуктивности земельных, водных лесных ресурсов.

Воздействие компьютеров на окружающую среду при эксплуатации регламентировано рядом стандартов. Выделяют две группы стандартов и рекомендаций – по безопасности и эргономике.

При утилизации старых компьютеров происходит их разработка на фракции: металлы, пластмассы, стекло, провода, штекеры. Из одной тонны компьютерного лома получают до 200 кг меди, 480 кг железа и нержавеющей стали, 32 кг алюминия, 3 кг серебра, 1 кг золота и 300 г палладия.

Переработку промышленных отходов производят на специальных полигонах, создаваемых в соответствии с требованиями СНиП 2.01.28-85 и предназначенных для централизованного сбора обезвреживания и захоронения токсичных отходов промышленных предприятий, НИИ и учреждений

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Аварийная ситуация, которая может возникнуть во время работы, —это пожар. Поскольку в компьютере имеются компоненты и провода электронной схемы очень высокой плотности, при протекании большого тока образуется большое количество тепла, и провод может расплавиться и затем воспламениться. Участок ПЭВМ по пожарной опасности относится к категории пожароопасных "В". Технический регламент по ПБ и норм пожарной безопасности (НПБ 105-03) и удовлетворять требованиям по предотвращению и тушению пожара по ГОСТ 12.1.004-91 и СНиП 21-01-97.

Помещение, где установлен ПК, относится ко второму классу - помещение с повышенной опасностью, из-за опасности прикосновения человека, не изолированного от земли, к корпусу ПК, оказавшемуся под напряжением. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновений и тока даются в ГОСТ 12.1.038-82.

5.4.2 Анализ причин, которые могут вызвать ЧС на производстве при внедрении объекта исследований

Пожар в помещении может возникнуть вследствие причин неэлектрического и электрического характера. К причинам неэлектрического характера относятся:

- неисправность оборудования и нарушение процесса эксплуатации устройств;
- халатное и неосторожное обращение с огнем (курение, оставление без присмотра нагревательных приборов);
- неисправность устройства или вентиляционной системы;
- самовоспламенение или самовозгорание веществ.

К причинам электрического характера относятся:

- короткое замыкание;
- перегрузка проводов;
- большое переходное сопротивление;
- искрение;
- статическое электричество.

Возникновение других видов ЧС – маловероятно.

5.4.3 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. 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 на участке производства необходимо применять 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.

Предполагаются следующие действия при возникновении чрезвычайных и аварийных ситуаций:

- каждый работник, обнаруживший нарушения настоящей инструкции и правил по охране труда или заметивший неисправности оборудования, представляющую опасность для людей, обязан сообщить об этом непосредственному руководителю;
- в тех случаях, когда неисправность оборудования представляет угрожающую опасность для людей или самого оборудования, работник, её обнаруживший, обязан принять меры по прекращению действия оборудования, а затем известить об этом непосредственного руководителя. Устранение неисправности производится при соблюдении требований безопасности.

Вывод

В данной работе были исследованы правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. А также были изучена производственная безопасность. Перечисленные факторы могут оказывать влияние на здоровье, а также приводить к аварийным и опасным ситуациям. Кроме этого экологическая безопасность тоже была исследована. Развитие энергетики оказывает существенное влияние на природную среду. Наконец была изучена безопасность в чрезвычайных ситуациях. И был сделан план в чрезвычайных ситуациях.

Заключение

Таким образом, в данной дипломной работе было исследовано влияние водорода на структуру и механические свойства циркониевого сплава Zr-1Nb.

Были изучены основные свойства циркония, механизм реакции водорода и циркония и необходимые экспериментальные методы. Экспериментальные методы включают оптическую металлографию, рентгеноструктурный анализ, твердость по Виккерсу и одноосное растяжение.

Было обнаружено, что наводороживание сплава Zr-1Nb до 0,33 мас. % не изменяет средний размер зерен сплава и объемную долю частиц фазы β -Nb. При этом, согласно данным рентгеноструктурных исследований, после наводороживания до концентраций 0,21 и 0,33 мас.% в сплаве появляются гидриды ZrH и ZrH₂. Было показано, что микротвердость циркониевого сплава положительно коррелирует с содержанием водорода. Кроме того, легирование водородом приводит к значительному увеличению предела текучести и предела прочности материала. Деформация до разрушения и однородная деформация значительно уменьшаются с увеличением содержания водорода из-за наличия гидридов. При увеличении содержания водорода с 0,02 до 0,33, предел текучести материала в 2,12 раза, а предел прочности – в 1,82 раза превышают соответствующие значения для исходного состояния. При этом величина однородной деформации уменьшается в 3,8 раз, а деформация разрушения – в 3,4 раза по сравнению с исходным состоянием.

Этот эксперимент не имеет производственного значения, его результаты имеют только научную ценность, следовательно, оценка его экономической эффективности невозможна.

В данной работе были исследованы правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. А также были изучена производственная безопасность. Перечисленные факторы могут оказывать влияние на здоровье, а также приводить к аварийным и опасным ситуациям. Кроме этого

экологическая безопасность тоже была исследована. Развитие энергетики оказывает существенное влияние на природную среду. Наконец была изучена безопасность в чрезвычайных ситуациях. И был сделан план в чрезвычайных ситуациях.

Список использованных источников

- [1] Карабасов Ю.С. Новые материалы — М.: МИСИС, 2002 — С. 340.
- [2] Wang Xufeng, Li Zhongkui. Применение и прогресс исследований циркониевого сплава в атомной промышленности // Термическая обработка. 2011, С. 83-88.
- [3] Y. Fukai. The metal-hydrogen system. Basic bulk properties. — Berlin: Springer, 2005 — p. 497.
- [4] Зефирова Н.С. Химическая энциклопедия: в 5 т. — М.: Большая Российская энциклопедия, 1999 — Т. 5. — С. 384.
- [5] Венецкий С.И. Рассказы о металлах. — М.: Металлургия, 1979 — С. 240.
- [6] Guo chunfang, Dong Yunhui. Прогресс исследований в области подготовки металлического циркония. // Редкие металлы и твердые сплавы. 2008, С.63-67.
- [7] Бланк В.Д., Эстрин Э.И. Фазовые превращения в твердых телах при высоком давлении — М.: Физматлит, 2011 — С.235.
- [8] Блюменталь У. Б. Химия циркония — М.: Изд-во иностранной литературы, 1963 — С. 13.
- [9] Черняева Т.П., Остапов А.В. Водород в цирконии // Ядерный топливный цикл. 2013, С.21-22.
- [10] A. Zuttel. Materials for hydrogen storage // Materials Today. 2003, vol. 6, №9, p. 24-33.
- [11] M. Dornheim. Thermodynamics of metal hydrides: Tailoring reaction enthalpies of hydrogen storage materials / chapter in Handbook of hydrogen storage. — Weinheim: Wiley-VCH, 2010 — p. 891.
- [12] A. Zuttel, A. Borgschulte, and L. Schlapbach. Hydrogen as a future energy carrier. — Weinheim: Wiley-VCH, 2008.
- [13] K.A. Terrani, M. Balooch, D. Wongsawaeng, S. Jaiyen, and D.R. Olander. The kinetics of hydrogen desorption from and adsorption on zirconium hydride // Journal of Nuclear Materials. 2010, vol. 397, №1-3, p. 61-68.

- [14] E. Tulk, M. Kerr, and M. R. Daymond. Study on the effects of matrix yield strength on hydride phase stability in zircaloy-2 and Zr 2.5 wt% Nb // Journal of Nuclear Materials. 2012, vol. 425, №1-3, p. 93-104.
- [15] E. Zuzek, J.P. Abriata, A. San-Martin, and F.D. Manchester. The H-Zr (Hydrogen-Zirconium) system // Bulletin of Alloy Phase Diagrams. 1990, vol. 11, №4, p. 385-395.
- [16] E. Zuzek. On equilibrium in the Zr-H system // Surface and Coatings Technology. 1986, vol. 28, №3-4, p. 323-338.
- [17] И.О. Башкин, М.Ф. Нефедова и В.Г. Тиссен. Сверхпроводимость в системе Zr-D под давлением // Физика твердого тела. 2000, т. 42, №1, с. 12-15.
- [18] ASM Handbook Volume 13B, Corrosion: Materials. — ASM International, 1987.
- [19] Anna-Maria Alvarez Holston. In-pile and out-of pile methods to predict fuel cladding failures. // SCIP Property Information. Studsvik. 2011, p.108-113.
- [20] Shunichiro Nishioka, Masato Ito, Hiroaki Muta, Masayoshi Uno, and Shinsuke Yamanaka. Effects of hydrogen absorption on the mechanical properties of Zr-Nb alloys. // Materials Research Society Symposium Proceedings. 2008, Vol. 1043, T09-08.
- [21] Оптическая микроскопия и металлография. Измерение твердости, пористости, шероховатости поверхности и толщины покрытий. // [Электронный ресурс]. — 2010. — Режим доступа: http://www.nanoedu.malinkin.info/Home/docs/up/up_ucheb techno 1 72.pdf
- [22] Ernst Ruska. The early development of electron lenses and electron microscopy. — L: S. Hirzel, 1980 — p.43.
- [23] Чабина Е. Б., Алексеев А. А., Филонова Е. В., Лукина Е. А. Применение методов аналитической микроскопии и рентгеноструктурного анализа для исследования структурно-фазового состояния материалов. // Труды ВИАМ. 2013, №5.

- [24] Д. В.Штанский. Просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения в нанотехнологических исследованиях. // Рос. хим. ж. 2002, С.81-84.
- [25] Yao Junen. Современное состояние и перспективы электронной микроскопии. // Журнал электронной микроскопии. 1998, С.767-770.
- [26] Н.Р. Myers. Introductory Solid State Physics. — Taylor & Francis. 1997 — p.343-360.
- [27] Цыбуля С.В., Яценко Д.А. Рентгеноструктурный анализ ультрадисперсных систем: формула Дебая // Журнал структурной химии. 2012, С.155-170.
- [28] Горелик С.С., Расторгуев Л.Н., Скаков Ю.А. Рентгенографический и электроннооптический анализ. — М.: Металлургия, 1970 — С.60.
- [29] J.M. Antunesa, A. Cavaleirob, L.F. Menezesc, M.I. Simõesd, J.V. Fernandes. Ultra-microhardness testing procedure with Vickers indenter. // Surface and Coatings Technology. 2002, Volume 149, Issue 1, p.27-35.
- [30] Czichos, Horst. Springer Handbook of Materials Measurement Methods. — Berlin: Springer, 2006 — p.303.