

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

Институт Физико-технический
Направление подготовки 16.04.01 «Техническая физика»
Кафедра Экспериментальная физика

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПЛАВА СИСТЕМЫ ЦИРКОНИЙ – НИОБИЙ ПОСЛЕ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ
УДК 669.296+669.293:539.374

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОДМ51	Ахметова Несибели Косайкызы		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Научный сотрудник ЛФНБ ИФПМ СО РАН	Ерошенко А.Ю.	к.т.н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф.менед. ИСГТ	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ПФ ФТИ	Гоголева Т.С.	к.ф.-м.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Экспериментальная физика	Кривобоков В.П.	д.ф.-м.н.		

Томск – 2017 г.

**Результаты обучения магистров
направления 16.04.01 «Техническая физика»
(профиль «Пучковые и плазменные технологии»)**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Демонстрировать и использовать теоретические и практические знания фундаментальных и прикладных наук, составляющих основу современной технической физики, вскрывать физическую сущность проблем, возникающих при проектировании и реализации радиационных и плазменных технологий.	Требования ФГОС (ОПК-2). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P2	Профессионально эксплуатировать современное научное и технологическое оборудование и приборы в процессе создания и реализации радиационных и плазменных технологий	Требования ФГОС (ОПК-1). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P3	Заниматься научно-исследовательской деятельностью в различных отраслях технической физики, связанных с современными радиационными и пучково-плазменными технологиями, критически анализировать современные проблемы, ставить задачи и разрабатывать программу исследований, выбирать адекватные методы решения задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты	Требования ФГОС (ОПК-5, ПК-5, ПК- 8). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P4	Самостоятельно выполнять физико-технические научные исследования для прогнозирования результатов воздействия различных радиационных и плазменных потоков на вещество, а также оптимизации параметров радиационных и пучково-плазменных технологий, с использованием современных физико-математических методов, стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств.	Требования ФГОС (ПК-6, 7). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P5	Разрабатывать и оптимизировать современные пучковые и плазменные технологии с учетом экономических и экологических требований, проводить наладку и испытания технологических установок и аналитического оборудования, решать прикладные инженерно-технические и технико-экономические задачи с помощью пакетов прикладных программ.	Требования ФГОС (ПК-12,13,14). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P6	Участвовать в проектно-конструкторской деятельности, формулировать технические задания, составлять техническую документацию, разрабатывать и использовать средства автоматизации, анализировать варианты проектных, конструкторских и технологических решений, разрабатывать проекты и проектную документацию для создания оборудования, реализующего пучковые и плазменные технологии.	Требования ФГОС (ПК-15, 16). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
P7	Заниматься научно-педагогической деятельностью в области технической физики, участвовать в разработке программ учебных дисциплин, проводить учебные занятия, обеспечивать практическую и научно-исследовательскую работу обучающихся, применять и разрабатывать новые образовательные технологии	Требования ФГОС (ПК-9, 10, 11). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P8	Заниматься организационно-управленческой деятельностью, владеть приемами и методами работы с персоналом, находить оптимальные решения при реализации технологий и создании продукции, управлять программами освоения новой продукции и технологий.	Требования ФГОС (ПК-17, 18, 19). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P9	Осуществлять научно-инновационную деятельность, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области радиационных и пучково-плазменных технологий, внедрять новые наукоемкие технологии, готовить документы по защите интеллектуальной собственности, разрабатывать планы и программы организации инновационной деятельности, осуществлять технико-экономическое обоснование инновационных проектов.	Требования ФГОС (ПК-1, 2, 3, 4). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
<i>Универсальные компетенции</i>		
P10	Развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, в течение всей жизни самостоятельно обучаться новым методам исследований, пополнять свои знания в области современной технической физики и смежных наук, расширять и углублять свое научное мировоззрение.	Требования ФГОС (ОК-1, 2, 6). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P11	Активно общаться в научной, производственной и социально-общественной сферах деятельности, свободно и грамотно пользоваться русским и иностранными языками как средством делового общения	Требования ФГОС (ОК-3, ОПК - 4). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P12	Участвовать в организации научно-исследовательских и научно-производственных работ, проявлять инициативу, брать на себя всю полноту ответственности, уметь находить творческие, нестандартные решения профессиональных и социальных задач.	Требования ФГОС (ОК-4, 5, ОПК-3). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

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

Институт Физико-технический
Направление подготовки (специальность) 16.04.01 «Техническая физика»
Кафедра Экспериментальная физика

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ Кривобоков В.П.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
ОДМ51	Ахметовой Несибели Косайкызы

Тема работы:

Исследование микроструктуры и механических свойств сплава системы цирконий – ниобий после интенсивной пластической деформации
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<ol style="list-style-type: none">1. Просвечивающий электронный микроскоп JEM-2100;2. Микротвердомер Duramin 5;3. Испытательная машина для растяжения образцов Instron 3369;4. Дифрактометр ADVANCED8 Bruker и Shimadzu XRD-6000;5. Shimadzu ES-SX механический испытательная машина;6. Компьютерные программы Origin Pro8 и Adobe Photoshop CS3.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none">1. Исследовать микроструктуру сплава Zr1Nb в УМЗ состоянии, сформированного комбинированным методом интенсивной пластической деформации (abc – прессованием и прокаткой).

	<p>2. Экспериментально определить интервалы термостабильности структуры и механических свойств сплава Zr1Nb в УМЗ состоянии, включая долговременное термическое воздействие.</p> <p>3. Определить основные характеристики механического поведения сплава Zr1Nb в УМЗ состоянии.</p>
Перечень графического материала	<p>Актуальность</p> <p>Цель и задачи</p> <p>Объект исследований</p> <p>Получение УМЗ сплава Zr1Nb</p> <p>Методы исследования</p> <p>Электронно-микроскопические изображения</p> <p>Средний размер структурных элементов</p> <p>Термическая стабильность от длительности отжигов</p> <p>Испытание на растяжение</p> <p>Средний размер и электронно-микроскопические изображения сплава Zr1Nb после растяжения</p> <p>Рентгеноструктурный анализ</p> <p>Модуль упругости</p> <p>Выводы</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	доцент каф.менед. ИСГТ Рыжакина Татьяна Гавриловна
«Социальная ответственность»	ассистент каф. ПФ ФТИ Гоголева Татьяна Сергеевна
По иностранному языку	ст.преподаватель каф. ИЯФТ Зяблова Наталия Николаевна

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

Методы интенсивной пластической деформации для получения ультрамелкозернистого сплава

Материалы и методы исследования

Постановка задач исследований

Материал исследования

Комбинированный метод интенсивной пластической деформации, включающий abc – прессования и прокатку

Методика исследования

Исследования микроструктуры на просвечивающем электронном микроскопе

Методика расчета среднего размера зерна

Измерение микротвёрдости на «Duramin 5»

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Научный сотрудник ЛФНБ ИФПМ СО РАН	Ерошенко А.Ю.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОДМ51	Ахметова Н.К.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
ОДМ51	Ахметова Н.К.

Институт	ФТИ	Кафедра	Экспериментальной физики
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	16.04.01 «Техническая физика»

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость сырья и материалов Размер окладов и выплат исполнителям проекта
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Согласно проектной документации
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке

<i>1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Разработка анализа конкурентоспособности
<i>2. Разработка устава научно-технического проекта</i>	Планирование работ; построение иерархической структуры ВКР
<i>3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	График проведения ВКР – диаграмма Ганта
<i>4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Оценка сравнительной и финансовой эффективности

Перечень графического материала

<i>1. Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
<i>2. Матрица SWOT</i>
<i>3. График проведения и бюджет НТИ</i>
<i>4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф.менед. ИСГТ	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОДМ51	Ахметова Н.К.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
ОДМ51	Ахметовой Несибели Косайкызы

Институт	ФТИ	Кафедра	Экспериментальной физики
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	16.04.01 «Техническая физика»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<i>1. Описание рабочего места (рабочей зоны,) на предмет возникновения:</i>	<ul style="list-style-type: none"> – возможных вредных факторов: вредные вещества, шумы, электромагнитные поля и ионизирующее излучение от ЭВМ; – опасные факторов: вероятность поражения электрическим током, вероятность возникновения пожара и взрыва.
<i>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i>	<ul style="list-style-type: none"> – электробезопасность; – пожаровзрывобезопасность; – требования охраны труда при работе на ПЭВМ; – химическая безопасность.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i>	<ul style="list-style-type: none"> – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых; – предлагаемые средства защиты .
<i>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i>	<ul style="list-style-type: none"> – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф.ПФ ФТИ	Гоголева Т.С.	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОДМ51	Ахметова Несибели Косайкызы		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 141 с., включает 45 рисунка, 42 таблиц, 45 источника, 1 приложение.

Ключевые слова: сплав системы Zr1Nb, интенсивная пластическая деформация, рентгеноструктурный анализ, модуль упругости.

Объектом исследования является сплав системы Zr1Nb полученный комбинированным методом интенсивной пластической деформации abc – прессованием.

Цель работы – исследование структуры, механических свойств и термостабильности сплава системы Zr - 1 масс.% Nb (Zr1Nb) в УМЗ состоянии, сформированного комбинированным методом интенсивной пластической деформации.

В процессе исследования решались следующие задачи:

1) исследовать микроструктуру сплава Zr1Nb в УМЗ состоянии, сформированного комбинированным методом интенсивной пластической деформации (abc – прессованием и прокаткой);

2) экспериментально определить интервалы термостабильности структуры и механических свойств сплава Zr1Nb в УМЗ состоянии, включая долговременное термическое воздействия;

3) определить основные характеристики механического поведения сплава Zr1Nb в УМЗ состоянии.

В первой главе представлен литературный обзор и рассмотрены вопросы, связанные с применением циркониевых сплавов в медицине, формированием УМЗ структуры в сплавах методами деформационной обработки. Вторая глава посвящена методам исследования. В третьей главе приведены экспериментально полученные данные и основные выводы. В четвертой и пятой главе описаны разделы финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, социальная ответственность.

Область применения: медицинское материаловедение, стоматология.

Обозначения и сокращения

ИПД – интенсивная пластическая деформация;

УМЗ – ультрамелкозернистый (сплав);

ГПУ – гексогонально плотно упакованная решетка;

РСА – рентгеноструктурный анализ;

Zr1Nb – Zr легированный 1 мас. % Nb;

ПЭМ – просвечивающая электронная микроскопия;

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	14
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	17
1.1 Применение циркония и его сплавов в медицине	17
1.1.1 Зубные имплантаты на основе циркония	20
1.1.2. Коррозионные свойства сплавов системы Zr – Nb.....	21
1.2 Структурно-фазовые превращения сплавов на основе циркония.....	23
1.2.1 Типы кристаллических фаз циркония.....	26
1.2.2 Диаграмма – состояния Zr-Nb.....	29
1.3 Методы интенсивной пластической деформации для получения ультрамелкозернистого сплава.....	32
2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	36
2.1 Постановка задач исследований.....	36
2.2 Материал исследования.....	36
2.3 Комбинированный метод интенсивной пластической деформации, включающий abc – прессования и прокатку	38
2.4 Методика исследования.....	39
2.5 Исследования микроструктуры на просвечивающем электронном микроскопе.....	41
2.6 Методика расчета среднего размера зерна.....	44
2.7 Измерение микротвёрдости на «Duramin 5»	45
2.8 Механические испытания на «Instron 3369»	47
2.9 Рентгеноструктурный анализ на дифрактомере ADVANCED8 Bruker и Shimadzu XRD-6000	49
2.10 Испытания на изгиб для определения модуля Юнга	52
3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	55
3.1 Микроструктура ультрамелкозернистого сплава системы Zr1Nb после интенсивной пластической деформации.....	55
3.2 Термостабильность микроструктуры и механических свойств сплава Zr1Nb.....	57

3.3 Влияние высокотемпературных отжигов на микроструктуру и механические характеристики сплава Zr1Nb.....	65
3.4 Результаты рентгеноструктурного анализа.....	70
3.5 Измерения модуля упругости.....	71
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	74
4.1 Предпроектный анализ	74
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	74
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	74
4.1.3 SWOT - анализ.....	76
4.2 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	81
4.3 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	82
4.4 Инициация проекта	84
4.4.1 Ограничения и допущения проекта.....	87
4.5 Планирование управления научно-техническим проектом.....	87
4.5.1 Иерархическая структура работ проекта.....	87
4.5.2 Контрольные события проекта	88
4.6 План проекта.....	89
4.7 Бюджет научно-исследовательского проекта	91
4.7.1 Организационная структура проекта	94
4.8 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	95
4.9 Индекс доходности (рентабельности) инвестиций (PI).....	100
4.9.1 Оценка сравнительной эффективности исследования	100
5 СОЦИАЛЬНОСТЬ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	105
5.1 Анализ вредных и опасных факторов, создаваемые объектом исследования	105
5.2 Обоснование мероприятий по защите исследования от действия опасных и вредных факторов	107
5.2.1 Организационные мероприятия.....	107
5.2.2 Технические мероприятия.....	107

5.3 Условия безопасной работы.....	110
5.3.1 Темпеатура.....	110
5.3.2 Воздействие излучения.....	111
5.3.3 Вредные вещества	112
5.3.4 Шум	113
5.3.5 Освещение.....	113
5.4 Химическая безопасность	114
5.5 Электробезопасность	116
5.6 Пожарная безопасность	118
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	121
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ	122
СПИСОК ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ	123
Приложение А	126

ВВЕДЕНИЕ

В современной науке и технике в последние годы все более широко применяют наноструктурные материалы, которые отличаются уникальными свойствами и могут найти широкое применение в медицине в качестве имплантатов.

Переходные металлы IV группы, такие как титан, цирконий и их сплавы имеют огромное технологическое значение в аэрокосмической, ядерной и медицинской промышленности [1]. В большинстве случаев материалом для изготовления медицинских имплантатов являются титановые сплавы, которые имеют высокий уровень механических свойств. Однако они содержат некоторые токсичные для организма легирующие элементы, такие как ванадий и алюминий. Содержание таких элементов могут вызвать аллергические и воспалительные реакции. В качестве альтернативы можно предложить сплавы на основе циркония, обладающие достаточно высокими механическими свойствами, которые имеют хорошую сопротивляемость к разрушению, высокую прочность и коррозионную стойкость. Благодаря таким качествам они находят широкое применение:

- ✓ металлургия (используется для легирования сталей и улучшения качества сплавов);
- ✓ ядерная энергетика (для изготовления тепловыделяющих элементов, сборок и других конструкций ядерных реакторов);
- ✓ медицина (для создания костных, суставных и зубных протезов, а также хирургического инструмента);
- ✓ ювелирной промышленности;
- ✓ быту (для изготовления разнообразной посуды, обладающей отличными гигиеническими свойствами благодаря высокой химической стойкости).



Рисунок 1.1 – Применение циркониевых сплавов

Например, цирконий легированный ниобием, является биосовместимым, что позволяет изготавливать не только имплантаты из них, но и инструменты для медицинского применения. Однако ряд некоторых медицинских сплавов обладают недостаточно высокими прочностными характеристиками, и в связи с этим вопрос о повышении их механических свойств остается актуальным.

Для повышения прочностных характеристик предлагают применение специальных деформационных обработок, к которым можно отнести методы интенсивной пластической деформации (ИПД). Изделия на основе циркония с более высокими механическими свойствами можно получить, прежде всего, за счет формирования ультрамелкозернистого и наноструктурного состояния по всему объему заготовки. Переход в ультрамелкозернистое и наноструктурное состояния значительно повышает прочностные свойства. Также весьма актуальной задачей является изучение новых методов, которые способствовали бы повышению усталостных и прочностных характеристик. Решение данной задачи является также важным для медицинского материаловедения, так как циркониевые сплавы имеют хорошую биологическую совместимость с живой тканью.

Однако к настоящему времени имеется недостаточно информации об особенностях формирования микроструктуры циркониевых сплавов в условиях интенсивной пластической деформации, а так же мало экспериментальных данных о их физических и механических свойствах циркониевых сплавов, полученных такими методами. В связи с этим актуальными являются задачи,

посвященные поиску путей создания ультрамелкозернистых (нанокристаллических и субмикрокристаллических) материалов, а также исследование процессов формирования структуры и механических свойств, включая и циркониевые сплавы.

Перспективными материалами для медицинского применения является биоинертный сплав системы Zr-Nb. Сплав Э110 (цирконий легированный 1 масс.% ниобия), который не содержит токсичные элементы и обладает достаточно высокими механическими свойствами, например циклической выносливости. Сочетание высокой коррозионной стойкости, высокой технологичности и усталостной выносливости делает сплав циркония, легированный ниобием весьма перспективным материалом в медицине в качестве имплантата. Также авторы в работе [4] отметили, что данный сплав имеет склонность к самозалечиванию и высокую стойкость к образованию трещин.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Применение циркония и его сплавов в медицине

Чистый цирконий - один из самых твердых материалов, имеет белый и непрозрачный цвет [3]. Используется как замена костей и часто для изготовления более мелких частей, которые могут выдерживать более высокие нагрузки. Он обладает рядом перспективных физико-механических свойств, включая низкую теплопроводность, высокую прочность при изгибе (900-1200 МПа), хорошую сопротивляемость к разрушению, а также износостойкость и коррозионную стойкость.

Известна сравнительная характеристика материалов группы титана, используемых в производстве современных дентальных имплантатов [2].

При определении «лучшего материала для изготовления дентальных имплантатов с точки зрения соотношения механических свойств и биосовместимости» автор [2] использовал научные статьи, методические и презентационные публикации зарубежных компаний, стандарты ASTM, ISO, ГОСТ. За основу исследования авторы взяли обще - признанное положение «о недопустимости содержания токсических элементов в имплантируемых материалах» Приняв во внимание только материалы на основе титана, авторы детально рассмотрел наиболее применяемые.

В работе отмечается, что хотя содержащиеся в сплаве Ti-6Al-4V (отечественный аналог ВТ-6) алюминий и ванадий увеличивают прочность сплава, однако ванадий «должен вызывать опасения, так как этот металл оказывает токсическое действие на биологические объекты». С этой же точки зрения, «отечественные сплавы ВТ1-0 и ВТ1-00 не могут считаться оптимальными, так как существующие стандарты допускают в них содержание алюминия, который хоть и не является токсичным элементом, как ванадий, но приводит к образованию соединительной ткани (прослойки) вокруг имплантата и к значительному «загрязнению» тканей. Содержащееся же в сплавах железо (как отечественных, так и зарубежных) ведет себя аналогично алюминию, что,

по мнению авторов статьи, «является признаком недостаточной биоинертности металла». Таким образом «использование отечественных сплавов ВТ1-0 и ВТ1-00 менее предпочтительно, чем использование титана Grade 4 по стандарту ASTM, но лучше, чем использование сплава Ti-6Al-4V.

В восьмидесятые годы прошлого столетия появилась возможность использовать новый материал – циркония, который также относится к группе биоинертных металлов. До этого времени он был закрыт для общего применения.

В настоящее время находят широкое применение находят циркониевые сплавы легированные ниобием, сплав Э110 (цирконий, легированный 1масс.% ниобия) и сплав Э125 (цирконий, легированный 2,5масс.% ниобия). В чистом виде цирконий, также как и титан в имплантологии не используется. Наряду с ранними сообщениями о биологической совместимости титана и циркония [2], можно сказать, что легирующие вещества по химическому составу, которые обуславливают уровень механических свойств, способствуют развитию воспалительных реакции в сплавах титана, содержат десятками долями, в то время как в циркониевых сплавах ванадий отсутствует, а алюминий числится тысячными долями процента.

В данной статье авторами рассмотрены сравнительные характеристики титана и циркония (Э125 сплава), таблица 1.1.

Особо обратим внимание на количество в сплавах ванадия, алюминия и железа. То есть содержание всех легирующих элементов (ванадий, железо, алюминий и т.д.) в циркониевом сплаве на два порядка ниже. Исключение составляет ниобий, который был введен в сплав для увеличения твердости. В результате проведенных токсикологических испытаний, было установлено инертное поведение материалов в тканях организма.

Таблица 1.1 - Химический состав циркониевого сплава Э125 (ТУ 95.167-83) в сравнении с титановыми сплавами (по ISO 58321 II и ASTM F 67-89), мас. %.

Элемент	Титановый сплав Grade 4	Титановый Сплав ВТ 1	Титановый Сплав ВТ-6	Циркониевый сплав Э125
Азот	0,05	0,04	0,05	0,003
Водород	0,015	0,01	0,015	0,0035
Железо	0,5	0,25	0,6	
Алюминий	-	-*	5,3-6,8	0,003
Ванадий	-	-	3,5-4,5	-
Титан	остальное	остальное	остальное	0,003 2,6
Ниобий	-	-	-	
Цирконий	-	-	0,3	остальное
Другие примеси		0,3	0,3	0,0319
*- допускается массовая доля алюминия не более 0,7 %				

Химический состав сплава Э125 обуславливает его механические свойства. По химическим свойствам циркониевых сплавов можно сказать, что примечательными в них является сопротивляемость к коррозии и довольно высокая устойчивость к различным химическим воздействиям [4].

Сплавы системы цирконий – ниобий (Э110 и Э125) можно относить к группе с твердорастворным упрочнением, которые отличаются от интерметаллидных, так как имеют склонность к намагничиванию. Также сплавы на основе циркония имеют склонность к самозалечиванию поверхностных дефектов и высокую стойкость к образованию микротрещин. От титановых эти сплавы выгодно отличает отсутствие поглощения водорода и склонности к водородному охрупчиванию при температуре выше 50-70°C на воздухе в процессе технологической обработки [4].

Также сравнивая значения электродных потенциалов для Ti (-1,63 мВ) и Zr (-1,4мВ), можно сделать предположение о том что, имплантаты на основе циркония более предпочтительные, это обусловлено их меньшим негативным

влиянием на окружающие ткани отрицательного потенциала поверхности материала.

В то же время данные, приведенные в статье [2], свидетельствуют тому что, керамические имплантаты (например, диоксид циркония ZrO_2), по сравнению титановым имплантатами, обладают сравнимо лучшими показателям, превосходя по прочности и износостойкости, термической и коррозионной стойкостью, гарантируя предел прочности до 750 МПа прочности при четырехточечном изгибе [2].

Также известно, что добавление стабилизирующих элементов, таких как ниобий например в чистый Zr оказывает существенное изменение на фазовый состав. Легирование циркония 2,5 вес.% Nb оказывает следующие эффекты: уменьшение давления перехода; уменьшение размера зерен модифицированных фаз; уменьшение внутренних уровней напряжений, необходимых для удержания фаз или фаз в условиях окружающей среды; повышение термической стабильности модифицированных фаз в условиях окружающей среды; увеличение и удлинение до разрушения модифицированных фаз при комнатной температуре [3].

1.1.1 Зубные имплантаты на основе циркония

Сплавы на основе циркония зарекомендовали себя и в стоматологии, в качестве зубных имплантатов. Титановые дентальные имплантаты демонстрируют отличную биосовместимость и предлагают многочисленные возможности лечения для улучшения качества жизни пациентов. Тем не менее, в последние годы возникают вопросы, касающиеся чувствительности организма к титану. Одно из исследование [3] показало, что у некоторых пациентов могут развиваться клинические признаки гиперчувствительности к титану, и была установлена распространенность титановой аллергии, которая оценивалась в 0,6%. Исследования на животных, в которых в качестве имплантата был применен титан, показало накопление частиц титана в

региональных лимфатических узлах и особенно в легких и костях, после размещения имплантата в челюсти. Однако, клиническая значимость этих наблюдений остается неясной. Другим недостатком титана является его серый цвет. При помещении в области с тонким биотипом десны, темная тень титана может быть видна через имплантируемые ткани, тем самым нарушая эстетический результат. Высокие эстетические стандарты, которые сегодня предъявляются, к зубным протезам, в сочетании с опасениями относительно чувствительности к титану, привели к росту спроса на реставрацию без металла. Следовательно, сплавы на основе циркония были предложены в качестве возможных заменителей [3]. Это говорит о том, что сплавы Zr, такие как диоксид циркония также хорошо зарекомендовали себя в качестве зубных имплантатов.

1.1.2. Коррозионные свойства сплавов системы Zr – Nb

Сплавы системы Zr-Nb обладают высокой коррозионной стойкостью при повышенных температурах, что наряду с довольно высокой механической прочностью и малым радиусом захвата тепловых нейтронов обуславливает их широкое применение в качестве конструкционных материалов в атомной энергетике [7]. В последнее время сплавы этой системы стали также привлекают внимание исследователей еще и с другой точки зрения. В целом показано, что цирконий, ниобий, тантал и титан характеризуются наибольшей биосовместимостью по сравнению с другими металлами. Поэтому сплавам из этих металлов уделяется повышенное внимание, как перспективным материалам для производства медицинских имплантатов. Среди причин повышенной коррозионной стойкости в биологических средах немаловажным является высокое сродство ряда металлов к кислороду, а также значительные прочностные и защитные свойства оксидных пленок на их поверхности. В ряде работ показано, что увеличение содержания кислорода способствует

образованию ультрадисперсных зеренных структур, формированию оксидов и возрастанию твердости [6].

В литературе приведены данные о положительном влиянии уменьшения размера зерен на антикоррозионные свойства никеля, аустенитных сталей, титановых и циркониевых сплавов. Вопросы, связанные с влиянием зеренной структуры, а также фазового состава и типа кристаллической решетки α - и β -сплавов циркония обсуждались в [6]. Показано, что ГПУ-сплавы циркония являются более стойкими к коррозии по сравнению с ОЦК-сплавами, хотя эти отличия почти нивелируются при существенном уменьшении размеров зерен во время интенсивной пластической деформации.

В работе [6] было изучено коррозионное поведение сплава Zr-Nb в ультразвуковой ударной обработке (УЗУО) и показано что формирование в них ультрадисперсной структуры способствует повышению коррозионной стойкости.

Поверхностный слой, обладает высокой долей границ зерен, которые способствуют быстрому формированию защитных оксидных пленок. Можно отметить наличие нескольких причин повышения коррозионной стойкости циркониевого сплава в результате формирования ультрадисперсной структуры в поверхностном слое после ультразвуковой ударной обработки. Прочностные характеристики поверхностных слоев, подвергнутых деформационному воздействию или другим высокоэнергетическим воздействиям (лазерная или электроискровая обработка), зависят от температуры и диффузионных процессов в них, а также среды, в которой выполняется обработка поверхности.

Первая причина – это ярко выраженная базисная текстура с параллельным расположением к поверхности образцов наиболее упакованных (базисных) плоскостей решетки, а также значительная часть специальных границ. Этот вывод можно согласовать с результатами, полученными для титана коммерческой чистоты, обработанного равноканальным прессованием и для прокатанного циркония, которые показали доминирующую роль текстуры как фактора, управляющего коррозионными свойствами Ti и Zr. Вторая

причина – ультрадисперсная зеренная структура, также улучшающая устойчивость против коррозии. Намного более высокая доля границ зерен провоцирует более легкое окисление и образование окисной пленки. Теоретическая модель коррозии Zr показывает, что измельчение зерна до наномасштабного уровня может значительно снизить скорость коррозии.

В работе [8] авторы показали, что устойчивость к коррозии чистого циркония была выше в отожженном состоянии по сравнению с деформированным поверхностным слоем после пескоструйной обработки, который характеризовался более высокой плотностью дислокаций. Критичной является также плотность дислокаций. Будучи наиболее высокой в холоднокатаном образце, плотность дислокаций провоцирует некоторое ухудшение потенциала коррозии и понижает величину потенциала разрушения оксидной пленки. Таким образом, формирование мелкодисперсных зерен, свободных от дислокационных скоплений, является наиболее предпочтительным в смысле высокой коррозионной стойкости.

Еще одним важным фактором является аномальное повышение содержания кислорода после ультразвуковой ударной обработки на воздухе [9]. Кислород, образуя твердый раствор в цирконии, вызывает его существенное упрочнение. Насыщение поверхности кислородом ведет к формированию тонкого оксидного слоя, который затрудняет выход атомов циркония на поверхность, предотвращая коррозию. Об ограничивающем действии пленки ZrO_2 на транспорт атомов циркония во внешнюю среду сообщалось также в [10].

1.2 Структурно-фазовые превращения сплавов на основе циркония

Микроструктуры сплавов на основе циркония могут быть адаптированы для получения подходящих свойств в материале путем выбора подходящих условий термомеханической обработки.

Эволюция микроструктур в циркониевых сплавах системы Zr-Nb может быть классифицирована по следующим категориям.

Эволюция микроструктуры путем термообработки

1-фазовые превращения, возникающие при закалке из высокотемпературного β -фазного поля, 2-фазовые превращения, происходящие при износе после закалки из поля β -фазы. Преобразование фазы, относящееся к первой категории, обычно представляет собой бездиффузионные превращения. Такие превращения как мартенсит, трансформация ω -фазы и т.д., или преобразования, которые невозможно подавить закалкой из-за их быстрой кинетики.

При попадании водорода

В отечественном реакторостроении широкое применение нашли сплавы Zr 1%Nb (Э110), Zr 2.5%Nb (Э125). К примеру, из сплава Zr 1%Nb изготавливают оболочечные трубы и дистанционирующие решетки для реакторов ВВЭР и РБМК. В процессе эксплуатации такие изделия подвержены наводороживанию. Поглощенный циркониевыми сплавами водород является причиной их охрупчивания и последующего разрушения [13]. Это связано в основном с низкой растворимостью водорода в α -фазе (ГПУ), которая привела к осаждению гидридов, неблагоприятно влияя на механические свойства сплавов Zr. Таким образом, гидридное образование обладает многими характеристиками, например как смешанным режимом (диффузионное + замещающее превращение) [11].

Горячей обработкой

Сплавы на основе циркония обрабатываются в области $\alpha + \beta$ - фазы во время горячей обработки. При изготовлении циркониевые сплавы проявляют сильную тенденцию к текстуре [11]. Горячая обработка оказывает большое влияние на развитие текстуры, которая влияет на свойства и срок службы компонентов этих сплавов, находящихся в эксплуатации. Микроструктурные изменения, которые происходят во время горячей обработки, в первую очередь определяются деформацией и температурой. Динамические процессы

рекристаллизации и регенерации являются доминирующими механизмами, которые приводят к микроструктурным изменениям.

Воздействие давления

Zr и его сплавы демонстрируют различные фазовые превращения в условиях высокого давления [14]. В статических условиях наблюдается последовательность трансформации $\alpha \rightarrow \omega \rightarrow \beta$, которая очень похожа на последовательность, наблюдаемую в сплавах Zr, при увеличении концентрации β стабилизаторов. В условиях ударного давления образование ω -фазы наблюдается в чистом цирконии, а также в β -стабилизированных сплавах. Многие из этих процессов микроструктурной эволюции можно объяснить на примере системы Zr-Nb (фазовая диаграмма) с наложенными метастабильными границами фаз (рис.1.2), которая показывает различный компонентный состав, соответствующий $\beta \rightarrow \alpha$ и $\beta \rightarrow \omega$ – превращением, структурную неустойчивость и разделение β -фазы.

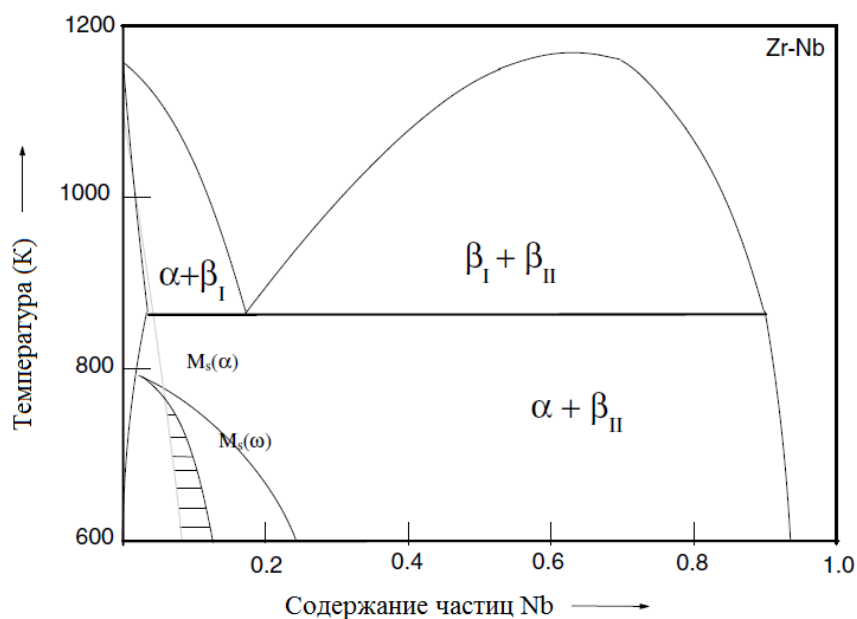


Рисунок 1.2 - Фазовая диаграмма бинарного сплава Zr-Nb в системе. Температура начала метастабильных фаз видны на фазовой диаграмме. Заштрихованная область показывает диапазон композиции, на котором происходит формирование атермического ω фазы

Проявление этих тенденций также отражается в монотектоидной реакции по типу $\beta_1 \rightarrow \alpha + \beta_2$ на фазовой диаграмме. Также описывается эволюция микроструктур в различных условиях.

Для подавления образования артефактов были разработаны сплавы Ti-Zr, Zr-Nb и Zr-Mo с низкой магнитной восприимчивости, а их магнитная восприимчивость была снижена в сплавах Zr-Nb и Zr-Mo приблизительно 15%, по сравнению с магнитной восприимчивостью титана и титановых сплавов. Среди сплавов на основе циркония, сплавы такие как Zr-9Nb и Zr-3Mo они обладают малой магнитной восприимчивостью из-за вклада ω -фазы в их структуру. На рисунке 1.2 ω -фаза бинарного сплава Zr-Nb не появляется на диаграмме, так как она сформирована в неравновесном состоянии. Было обнаружено, что магнитная восприимчивость фаз α , β и ω в сплавах на основе Zr изменяется от наибольшего до наименьшего $\chi_\omega < \chi_\alpha < \chi_\beta$ [15] в зависимости от фазового состояния.

1.2.1 Типы кристаллических фаз циркония

Цирконий относится к металлам, имеющим при атмосферном давлении две аллотропических модификации α -Zr и β -Zr (рис. 1.3,а, б) с полиморфным превращением (α -Zr \Leftrightarrow β -Zr) при температуре 863 °. Полиморфное превращение представляет научный интерес и имеет большое практическое значение – двойная фазовая перекристаллизация $\alpha \rightarrow \beta \rightarrow \alpha$ используется для совершенствования структуры и свойств циркониевых сплавов [16].

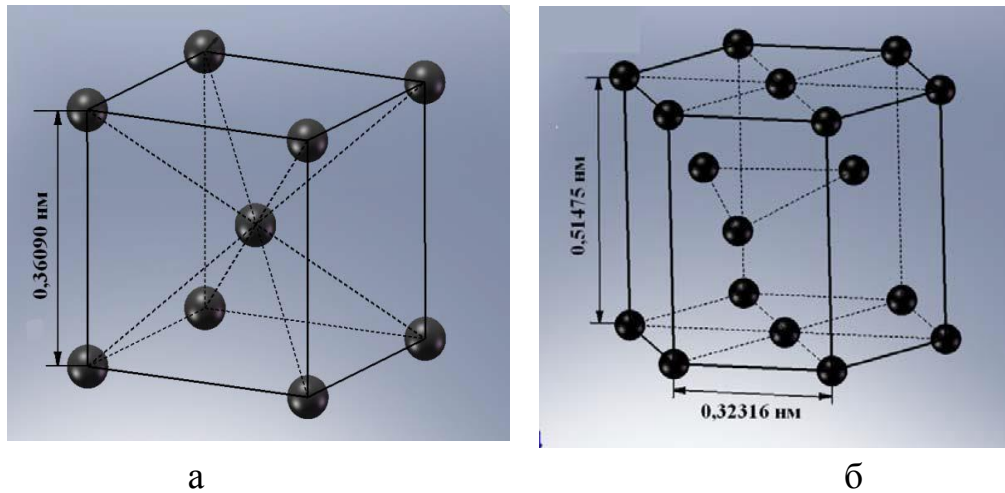


Рисунок 1.3 - Высокотемпературное β -(ОЦК) (а) и низкотемпературное α -(ГПУ) (б) состояния Zr

Таблица 1.2- Равновесные фазы системы Zr-Nb

Обозначение		Основные характеристики
Zr	α -Zr	Низкотемпературное состояние Zr, ГПУ-решетка, параметры решетки: $a=0,32316$ нм, $c=0,51475$ нм, отношение $c/a=1,5929$. Температура превращения α -Zr $\rightarrow\beta$ -Zr равна 863 °C
	β -Zr	Высокотемпературное состояние Zr, ОЦК-решетка параметр решетки при температуре превращения $a=0,36090$ нм. Температура плавления (1855 ± 3) °C
Nb		ОЦК-решетка. Температура плавления (2469 ± 9) °C
α_{Zr}		Ограниченный твердый раствор ниобия в α -Zr
β_{Zr}		Сплав Zr-Nb состава, близкого к монотектоидному
β_{Nb}		Ограниченный твердый раствор циркония в Nb
β фаза Zr		β -фаза, обогащенная цирконием

Ниобий относится к β -стабилизаторам, с повышением содержания ниобия в сплавах системы Zr-Nb температура мартенситного превращения снижается. При содержании ниобия, меньше некоторого критического (6...7 ат.%), в процессе быстрого охлаждения происходит превращение $\beta\rightarrow\alpha$ (α').

В зависимости от химического состава (содержания Nb) и скорости охлаждения образование $\alpha(\alpha')$ -фазы может происходить по мартенситному

(бездиффузионному) или бейнитному (включающему диффузионное перераспределение Nb) механизму.

Мартенситное превращение является бездиффузионным, проходит посредством продвижения фронта сдвига со скоростью, близкой к скорости звука в материале, и приводит к образованию мета-стабильной α' -фазы.

Вероятность мартенситного превращения $\beta \rightarrow \alpha'$ возрастает с повышением скорости охлаждения.

Основные характеристики возникающей при $\beta \rightarrow \alpha'$ -превращении α' -фазы:

- кристаллографическое соотношение с исходной β -фазой;
- морфология;
- толщина α' -пластин;
- размер пакетов;
- размер бывших β -зерен, контур которых обычно хорошо виден на оптическом изображении структуры превращенного материала (см. рис. 3);
- объемная доля α' -фазы.

$\beta \rightarrow \alpha'$ -превращение сопровождается появлением рельефа на полированной поверхности шлифа.

сплавах Zr-Nb может образоваться ω -фаза [17] в следующих случаях:

1) при закалке сплава с содержанием ниобия от ~7 до ~17 % из β -области (атермическая ω -фаза);

2) при распаде метастабильной при низких температурах β -фазы, зафиксированной закалкой, при отжиге (изотермическая ω -фаза) [18-20].

ω -фаза имеет простую гексагональную решетку, параметры решетки при комнатной температуре под давлением: $a=0,3109$ нм, $c=0,5036$ нм, отношение $c/a=0,617$ (рис.1.4).

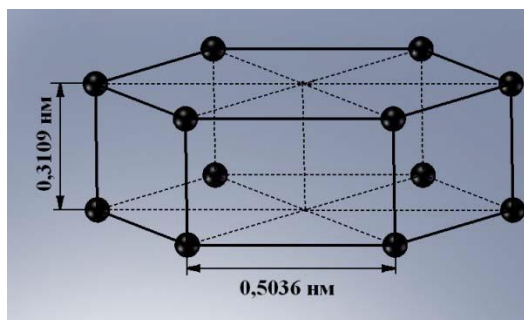


Рисунок 1.4 - Zr, ω -фаза

Характерные размеры частиц в изотермической ω -фазе от 10 до 100 нм в зависимости от содержания Nb и условий отжига.

1.2.2 Диаграмма – состояния Zr-Nb

Диаграмма равновесных состояний при высоких температурах имеет область неограниченной взаимной растворимости β -Zr \leftrightarrow β -Nb (однофазная β -область). В интервале от 19 до 91 массовым содержанием % Nb лежит область (рис.1.5) концентрационного распад, при 988 °C (~60 ат. % Nb). В данных сплавах указанного состава при охлаждении β -области происходит расслоение β -фазы на две фазы с одинаковой кристаллической решеткой (ОЦК), одна из которых обогащена цирконием (β -Zr), другая - ниобием (β -Nb).

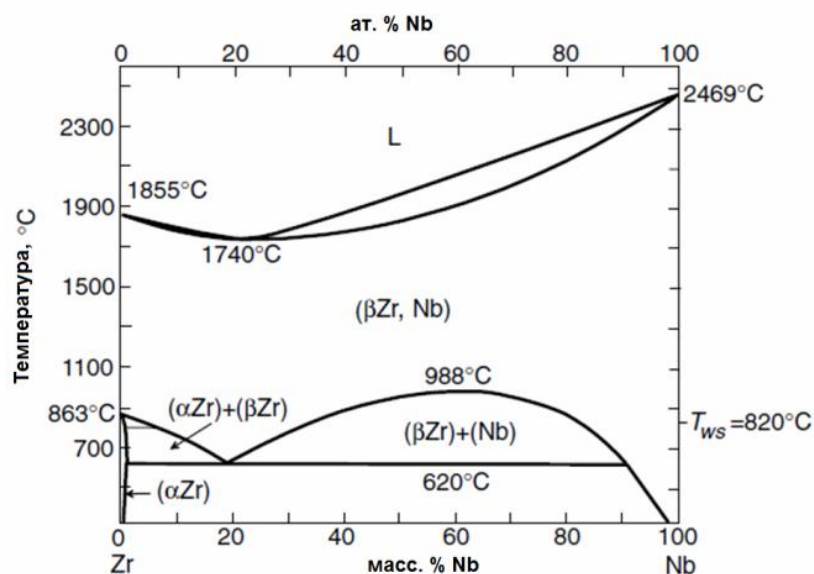


Рисунок 1.5 - Фазовая диаграмма бинарного сплава Zr-Nb

В работе [11] приведены данные механических характеристик растяжении и модуля упругости сплавов Zr-Nb с различным содержанием ниобия (рис.1.6).

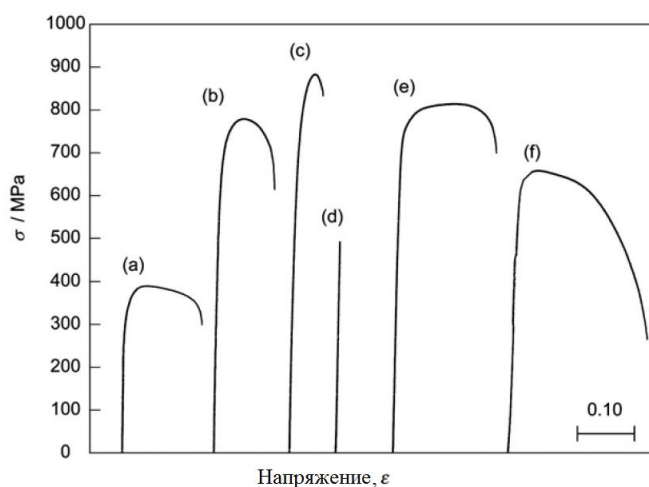


Рисунок 1.6 - Представлены кривые течения при растяжения : циркония и циркониевых сплавов Zr - Nb и сплавов. (a) Zr, (б) Zr – 3Nb, (c) Zr–6Nb, (д) Zr – 9Nb, (е) Zr–14Nb, и (f) Zr–20Nb.

Механические свойства резко различаются в зависимости от состава сплава. Предел прочности на растяжение увеличивается, а удлинение уменьшается с увеличением содержания ниобия в сплаве Zr-(0-6)Nb. Хрупкое разрушение произошло с низкой прочностью растяжение в Zr-9Nb. Сплавы содержащие более 14% по массе Nb показали сравнительно большие удлинения по сравнению с сплавами меньшим содержанием ниобия Zr-(3-6)Nb, а величина предела прочности уменьшается с увеличением содержания ниобия. В таблице 1.2 приведены механические свойства сплавов Zr-Nb с разным содержанием ниобия и для титановых сплавов, таких как Ti-6Al-4V и Ti-6Al-7Nb медицинского назначения. Примечательно, что удлинение до разрушения для сплава Zr-(14-20)Nb больше, чем для Ti-6Al-4V и Ti-6Al-7Nb сплавов. Хотя предел прочности сплаве Zr-Nb ниже, чем у выше указанных титановых сплавов [21].

Таблица 1.3 - Механические свойства в литом сплаве Zr-Nb с, Ti-6Al-4V, и Ti-6Al-7Nb сплавов

Обработка	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %
Zr	304±9	388±2	14,6±1,4
Zr-3Nb	604±7	786±12	6,5±2,5
Zr-6Nb	640±19	881±3	3,7±0,6
Zr-9Nb	хрупкое разрушение	445±45	хрупкое разрушение
Zr-12Nb	750±65	862±47	2,1±1,4
Zr-14Nb	686±41	784±25	12,2±2,7
Zr-16Nb	633±20	686±12	15,9±2,1
Ti-6Al-4V	909±23	994±25	5,5±1,5
Ti-6Al-7Nb	861±19	943±10	8,4±2,0

На рис. 1.7 показана зависимость модуля упругости для сплава системы Zr-Nb в зависимости от содержания ниобия, масс. %.

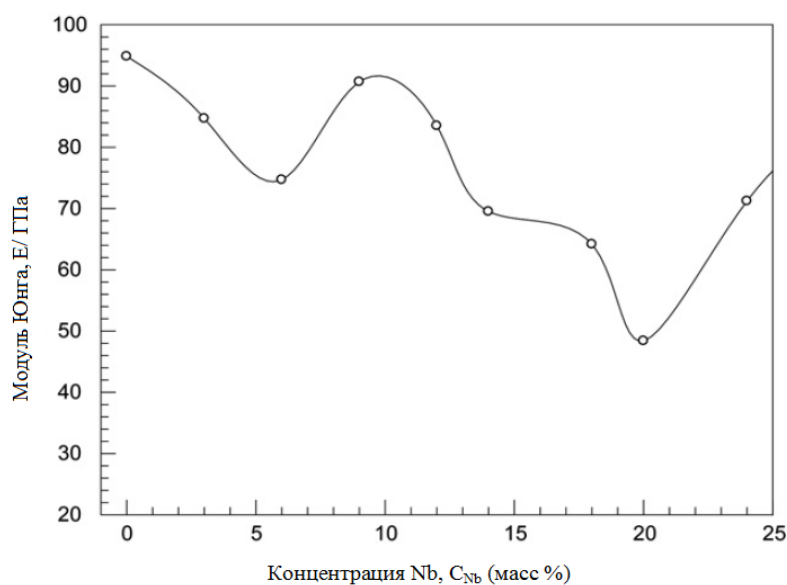


Рисунок 1.7 - Зависимость состава модуля упругости в литом сплаве Zr-Nb с разным содержанием ниобия[11].

На рис. 1.7 показана величина модуля упругости сплавов системы Zr-Nb. Величина модуля упругости уменьшается 0 до 6 мас.% Nb, а затем увеличивался до 9 мас.% Nb в зависимости от содержания ниобия. Минимальное значение модуля упругости – 48,4 ГПа соответствует 20 мас.% Nb [21].

1.3 Методы интенсивной пластической деформации для получения ультрамелкозернистого сплава.

Получение ультрамелкозернистого и наноструктурного состояния в металлах и сплавах приводит к формированию уникальных физических и механических свойств (прочность, пластичность, износостойкость и другие).

Интенсивная пластическая деформация металлов и сплавов - это подход, позволяющий получать беспористые ультрамелкозернистые и наноструктурные объемные материалы, основанный на приложении к материалам сверхбольших степеней пластической деформации под высоким давлением и вызывающей деление зерен и формирование большеугловых межзеренных границ в структуре металла.

В настоящее время, большое внимание уделяется изучению структуры и свойств металлических материалов после интенсивной пластической деформации для использования их в медицинских целях. Большинство работ в этой области посвящено ИПД титана и титановых сплавов, а также никелида титана. В тоже время, цирконий и его сплавы, обладающие высокой биосовместимостью, практически не были изучены [11].

Традиционные методы обработки, такие как термическая обработка, холодная деформация, с последующим рекристаллизационным отжигом, основанная на превращениях фаз, и метод термомеханической обработки дает возможность измельчить микроструктуру зерен до размера порядка 1 – 10 мкм. Однако способ деформационного измельчения структуры основан на делении зерен поликристаллического материала на разориентированные области меньшего размера. Достигая больших степеней деформации можно избежать такого разделения, что дает возможность измельчение зерен до наноразмеров [22].

Метод интенсивной пластической деформации (ИПД) являясь термином пластической деформации позволяет получать материалы с размером зерен менее 1 мкм и менее 100 нм.

Для осуществления ИПД вводят определение о процессах накопления деформации. Их целью было накопление деформации, а не изменение формы в заготовках. При получении ультрамелкозернистых, нанокристаллических материалов и для измельчения структуры использовались процессы накопления деформации которые представлены на рисунке 1.6. В данных процессах выделим две основные группы:

- 1) процессы при которых заготовки проходят без изменения его поперечного сечения (кручение под высоким давлением, многоугловое и равноканальное прессование, кручение в составном контейнере под давлением);
- 2) деформирование заготовки, которое происходит с изменением поперечного сечения (поперечно-винтовая прокатка, всестроенная ковка, песочные часы, многослойная прокатка).

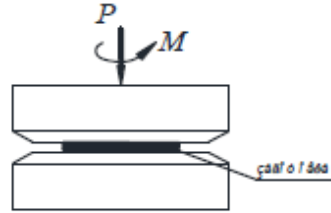
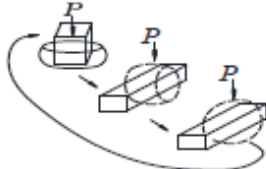
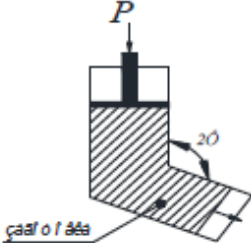
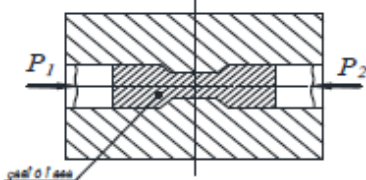
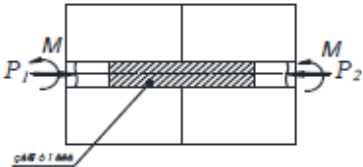


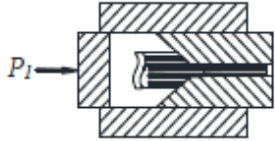


	
Кручение под высоким давлением	Всесторонняя ковка
	
Равноканальное угловое (РКУ) прессование	Песочные часы
	
Кручение в составном контейнере под давлением	Знакопеременный изгиб
	
Повторяющееся рифление-выпрямление	Пакетная гидроэкструзия
	
Винтовая экструзия	Многослойная прокатка

Рисунок 1.8 – Методы накопления деформации [22]

Преимуществом метода прокатки является возможность изготовления большеразмерных заготовок с ультрамелкозернистыми и наноразмерными структурами с использованием стандартных оборудования. Данный метод используется для создания наноструктурированных материалов [22].

Измельчение зёрновой структуры и уменьшение размера зерен приводит к увеличению доли границ зёрен. Это говорит о том, что уменьшение размера до 100 нм ведет к улучшению таких свойств, как предел прочности и твердости, но установленный порог в 100 нм является условным.

2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Постановка задач исследований

Из литературного обзора следует, что формирование ультрамелкозернистого состояния в различных металлах и сплавах приводит к значительному повышению уровня их прочностных свойств. В настоящее время предложен ряд методов ИПД, для получения наноструктурного и ультрамелкозернистого состояний в металлах и сплавах, в том числе и в цирконий – ниобиевых сплавах. Часто применение одного из методов ИПД не позволяет получить УМЗ и наноструктурное состояния. Требуется применять комбинацию деформационных методов ИПД. В частности, комбинирование abc – прессования и прокатки дает возможность получить заготовки в ультрамелкозернистом состоянии [23]. Существует большое количество исследований, посвященных изучению микроструктуры, прочностных свойств металлов и сплавов, подвергнутых ИПД [2]. Однако, следует отметить, что в литературе дается ограниченная информация об особенностях микроструктуры и механических свойств циркониевых сплавов, полученных различными методами ИПД, включая и методы abc - прессования. Подобные исследования имеют актуальное значение при решении материаловедческих проблем, в том числе и в медицине. По этой причине большой интерес исследователей направлен на повышение механических характеристик циркониевых сплавов на его основе, применяемых в качестве имплантатов для медицины, за счет формирования наноструктурного / ультрамелкозернистого состояния методами интенсивной пластической деформации.

2.2 Материал исследования

В качестве материала исследования был выбран цирконий, легированный ниобим системы Zr-Nb 1мас.% Nb (Zr1Nb), сплав марки Э110.

Химический состав сплава Э110 представлен в таблице 2.1. Предварительно сплав в состоянии поставки отжигали при 580°C в течение трех часов. Микроструктура сплава в рекристаллизованном состоянии представлена на рис.2.1.

Таблица 2.1 – Химический состав сплава Zr1Nb

Содержание элементов, % мас.						
Zr	Nb	Mo	Si	W	Fe	Ti
96,54	1,01	≤0,32	≤0,02	≤0,1	≤0,29	≤0,88

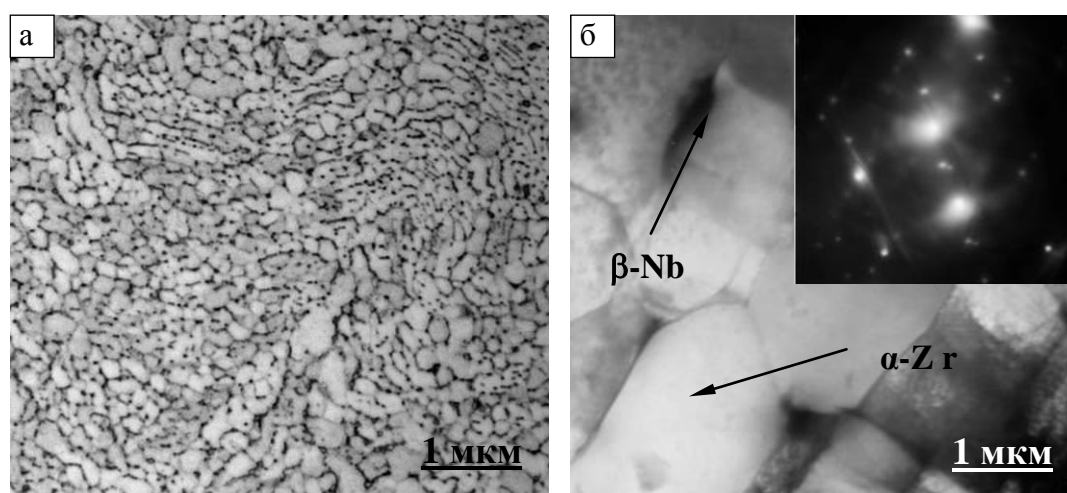


Рисунок 2.1 – Оптическое (а) и электронно-микроскопические изображения с соответствующей микродифракцией (б) сплава Zr1Nb в рекристаллизованном состоянии

В данном разделе представлены описание экспериментального оборудования, используемого при выполнении данной исследовательской работы. Отражены их основные рабочие характеристики и конструктивные особенности.

2.3 Комбинированный метод интенсивной пластической деформации, включающий abc – прессования и прокатку

В сплаве Zr1Nb ультрамелкозернистую структуру получали двухэтапным комбинированным методом интенсивной пластической деформации, который включал abc-прессование в сочетании с многоходовой прокаткой в ручьевых валках [24]. На первом этапе деформацию заготовки проводили на гидравлическом прессе со скоростью 10^{-3} – 10^{-1} с⁻¹. После каждого цикла прессования заготовку поворачивали на 90° и затем подвергали следующему циклу. При переходе от одного цикла прессования к следующему циклу температуру при прессовании заготовки понижали ступенчато, в интервале 500-400°С. Общее количество циклов составило три. Величина относительной деформации образца сплава Э110 на каждом этапе прессования заготовок не превышала 40-45 %. Образцы прессовали три раза в заданных температурах, при этом накопленная деформация составила 1,54 на этапе прессования.

Суммарная (истинная) логарифмическая степень деформации образцов рассчитывалась по следующей формуле [25]:

$$\sum_{i=1}^n e = \sum_{i=1}^n \int_{h_0}^h \frac{dh}{h} = \sum_{i=1}^n \ln \frac{h}{h_0} \quad (2.1)$$

где h_0 – начальная высота образца;

h_k – конечная высота образца.

Второй этап представляет собой деформирование заготовок прокаткой в ручьевых валках при комнатной температуре. Прокатка в ручьевых валках является необходимым условием, т.к. обеспечивает формирование однородной структуры по всему объему заготовки с дополнительным измельчением зерна.

Величина накопленной деформации (формула 2.2) при прокатке составила 75 %.

$$e_i = \int_0^t \dot{e}_i dt \quad (2.2)$$

где \dot{e}_i – интенсивность скорости деформации;

t – время процесса деформации.

С целью снятия внутренних напряжений готовые заготовки циркония в форме прутков квадратного сечения с размерами 8x8x40 мм³ подвергали отжигу в среде аргона при температуре 350 °С в течение одного часа.

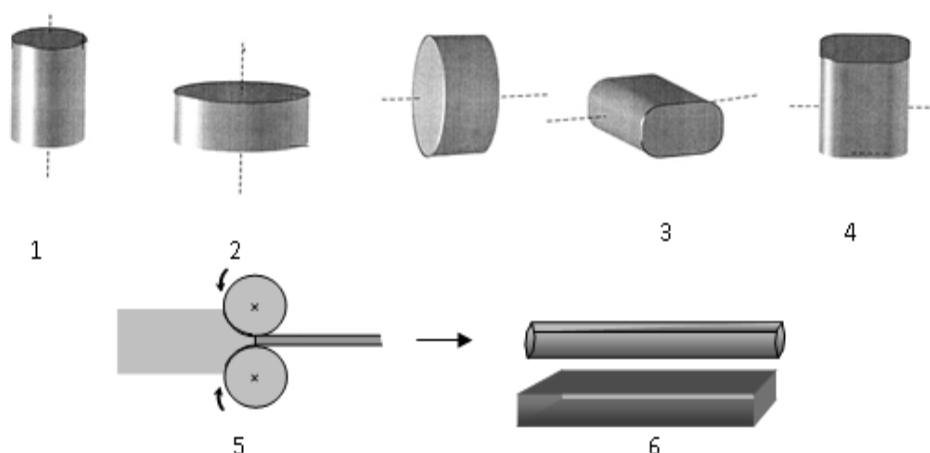


Рисунок 2.2 – Схема многократного одноосного прессования со сменой оси деформации (abc-прессования) и последующей прокаткой: 1 – исходная заготовка, 2 – заготовка после первого цикла прессования, 3,4 – повторение последующих циклов прессования со сменой оси деформации, 5– прокатка, 6 – вид заготовки после прокатки в ручьевых валках [23].

2.4 Методика исследования

В работе использовали ряд экспериментальных методов исследований: оптическая просвечивающая электронная микроскопия, рентгеноструктурный анализ и измерение микротвердости.

ПЭМ - исследования проводились на электронно-микроскопических объектах в виде тонких фольг, приготовленных в поперечном сечении заготовки в исходном литом и после двухэтапного метода ИПД.

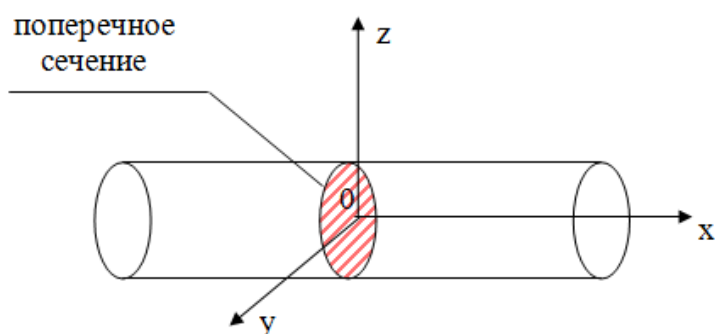


Рисунок 2.3 – Схема подготовки исходного образца сплава циркония

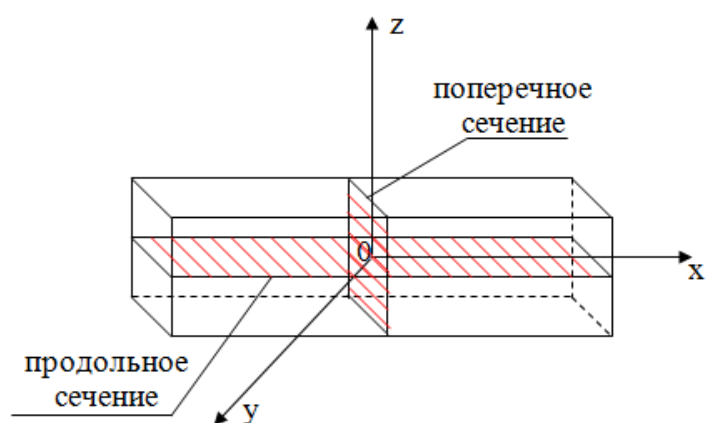


Рисунок 2.4 – Схема подготовки образца сплава циркония после abc – прессования и прокатки

На рис.2.3 приведена схема подготовки образцов цирконий ниобиевого сплава после abc – прессования для ПЭМ – исследований. Микроструктурные исследования проводились в поперечном сечении заготовки.

Для ПЭМ-исследований циркониевого сплава в исходном состоянии были вырезаны образцы из поперечного о сечения заготовки (рис. 2.4).

2.5 Исследования микроструктуры на просвечивающем электронном микроскопе

Методика подготовки объектов для электронно-микроскопических исследований включала в себя несколько этапов. На электроискровом станке от исследуемых образцов в исходном мелкозернистом, ультрамелкозернистом состоянии отрезались прутки толщиной ~ 300 мкм для поперечного сечения заготовки (см. рис. 2.2, 2.3). Для удаления поверхностного слоя, наклёпанного при электроискровой резке, образцы механически сужаются до ~ 100 мкм и на шлифовальной бумаге разной зернистости. После механической шлифовки образцы электролитически полировали при напряжении $U=20$ В в растворе $\text{HCl}(20\%) + \text{CH}_3\text{COOH}(80\%)$ при охлаждении азотом.

Микроструктуру изучали при помощи электронного просвечивающего микроскопа JEM-2100 с ускоряющим напряжением 200 кВ. Образцы для микроскопических исследований получали по стандартным методикам, описанным в [23-25]. Средний размер структурных элементов определяли методом секущих по оптическим и электронно-микроскопическим снимкам [26].



Рисунок 2.5 - Просвечивающий электронный микроскоп JEM-2100

ЖЕМ-2100 построен на основе просвечивающего электронного микроскопа ЖЕМ-2010, который долгое время считался стандартом «де факто» в промышленных приложениях электронной микроскопии и демонстрировал наилучшие показатели надежности, качества изображений и аналитических возможностей среди всех 200 кВ электронных микроскопов высокого разрешения. ЖЕМ-2100 имеет улучшенную систему управления и более совершенную защиту от вибраций. Прибор управляется компьютером на базе операционной системы Windows.

На прибор можно устанавливать различные приставки: ЭДС и сканирующую приставки, различные детекторы (темного поля, вторичных и обратно-рассеянных электронов, и т.д.), держатели с охлаждением или нагревом, и т.п. Использование в приборе катода из гексаборида лантана (LaB6) существенно снижает стоимость владения данным прибором.

ЖЕМ-2100 - данный микроскоп, включает в себя не только базовый просвечивающий электронный микроскоп, но также и концепцию компьютерного управления, в которую способен интегрироваться механизм исследования изображения в режиме просвечивающего растрового электронного микроскопа (ПРЭМ), дисперсионный рентгеновский спектрометр (JED-2300) и электронный спектрометр потерь энергии (СПЭ) в любой комбинации.

- Стабильность пучка высокого напряжения и тока пучка, вместе с превосходной электронно-оптической системой, которое позволит получать допущения 0,19 нм (по точкам) при 200 кВ (с LaB6 катодом).
- Новая конструкция шасси колонны значительно уменьшает воздействие пульсации на устройство.
- Исследовательский электронный микроскоп: В энергодисперсионной концепции микроанализа использован новейший обнаружитель, построенный для работы при физическом угле сбора 0,28 стеррад и угле сбора 24.1, то что

дает возможность осуществить высокоточный исследование и быстрый набор сведений микроанализа.

- Столик образцов. Новый гониометрический столик образцов дает возможность осуществлять точное перемещение образца в нанометровом шкале.
- Возможность модернизации: Основная компьютерная система позволяет осуществлять управление и сбор данных в режиме ПРЭМ, ЭДС микроанализа и СПЭ, сохраняя при этом простоту управления всем аналитическим комплексом. Также, полученную информацию можно передать для дальнейшей ее обработки на другие персональные компьютеры по локальной сети.

Таблица 2.2 – Технические характеристики JEM-2100

Конфигурация	Сверхвысокое разрешение * ¹ (UHR)	Высокое разрешение * ¹ (HR)	Большой наклон образца * ¹ (НТ)	Крио * ¹ (CR)	Высокий контраст * ¹ (НС)
Разрешение (нм)					
по точкам	0,194	0,23	0,25	0,27	0,31
по решетке	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Рабочее ускоряющее напряжение	80-300 кВ				
Минимальный шаг изменения напряжения	2×10^{-6} /мин				
Ток объективной линзы	2×10^{-6} /мин				
Оптические параметры объективной линзы					
Фокусное расстояние	1,9 мм	2,3 мм	2,7 мм	2,8 мм	3,9 мм
Коэффициент сферических aberrаций	0,5 мм	1,0 мм	1,4 мм	2,0 мм	3,3 мм
Коэффициент хроматических aberrаций	1,1 мм	1,4 мм	1,8 мм	2,1 мм	3,0 мм
Размер пятна (диаметр)					

ПЭМ режим	20-200 мм				1 – 5 μm
ЭДС режим	0,5 – 25 нм,	0,5 – 25 нм,	1,5 – 35 нм,	2,0 – 45	10 – 500 нм
Режим дифракции в пучке наноразмера	угол схождения пучка зависит от α селектора	угол схождения пучка зависит от α селектора	угол схождения пучка зависит от α селектора	нм, угол схождения пучка зависит от α селектора	
Режим дифракции					
Режим дифракции в сведенном пучке					
Угол схождения(2α)	1,5 – 20 мр или более			-	-
Угол сбора	$\pm 10^\circ$			-	-
Увеличение					
LOW MAG режим	x 50 – 6 000				x50 – 2 000
Коэффициент хроматических аберраций	x 8 000 – 800 000	x 6 000 – 600 000	x 5 000 – 600 000	x5 000 400 000	
Длинна камеры					
SA DIFF(мм)	80 – 2 000		100 – 2 500		150–3000
HD DIFF (м)	4 – 80				
Система управления перемещениями образца					
Угол наклона X / Y ^{*2}	$\pm 25^\circ / \pm 25^\circ$	$\pm 35^\circ / \pm 30^\circ$	$\pm 42^\circ / \pm 30^\circ$	$\pm 15^\circ / \pm 10$	$\pm 38^\circ / \pm 30^\circ$
Угол наклона X ^{*3}	$\pm 25^\circ$	$\pm 80^\circ$	$\pm 80^\circ$	$\pm 80^\circ$	$\pm 80^\circ$

2.6 Методика расчета среднего размера зерна

Измерение размера зерна проводили на изображениях микроструктуры (цифровые фото), полученных на электронном микроскопе JEM-2100.

Обработку цифровых изображений проводили в пакете программ Photoshop. Это графический комплект программ позволяющий ввести разные корректировки изображения, изменяя контрастность, уровни освещения и другие параметры изображений. Вероятен просмотр изображений в подробностях при крупных увеличениях, и что в особенности немаловажно, возможность проведение измерений линейкой размеров объектов с точностью 10^{-4} м.

Измерения элементов структуры (зерен, субзерен, фрагментов) было выполнено по светлопольным и темнопольным ПЭМ - изображениям микроструктуры [32].

Разделения на зерна, субзерна и фрагменты не проводили. В качестве количественной характеристики структуры использовали средний размер элементов структуры (зерен, субзерен, фрагментов). Измерения элементов структуры исследованных материалов проводили в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Для получения более точных результатов количество измеряемых зерен составляло не менее 50. При измерении использовалось от 3 до 5 изображений микроструктуры. Далее эти результаты заносились в программу OriginPro 8.0, для построения гистограмм распределения по размерам элементов структуры.

2.7 Измерение микротвёрдости на «Duramin 5»

Микротвёрдость измеряют выдавливанием алмазной пирамидки под нагрузкой, а выбор области для испытания и определение размеров отпечатка производят под микроскопом. Продолжительность выдержки под нагрузкой 10-15 сек. После их рассчитывают по методу Виккерса, формула 2.1. Прибор для определения микротвёрдости даёт возможность при выборе области микроструктуры, где будет выдавливание. С помощью малых размеров отпечатка можно измерить микротвёрдость отдельных фаз или отдельных зёрен. Полученные данные можно применить для изучения неоднородности распределения растворимых смесей по зерну, исследования пластической деформации, также для построения диаграмм фазового равновесия и т.д.

Величина твёрдости ao Виккерсу определяется по формуле:

$$HV = 1.854 \frac{P}{d^2} \quad (2.2)$$

где P – величина нагрузки;

d^2 – диагональ отпечатка.

Микротвёрдость образцов измеряли на микротвёрдомере Duramin 5 при нагрузке на индентор 100 г.



Рисунок 2.6 - Микротвердомер Duramin 5



Рисунок 2.7 – Микротвёрдость -
Отпечаток

Питание микротвёрдомера выполняется от монофазной сети переменного тока усилием 220 В частоты 50/60 Гц. Микротвёрдомер снабжен жидкокристаллическим сенсорным экраном с выводом на него результатов измерений, что дает возможность пользователю сэкономить время и работать с значительной производительностью. Приобретенные результаты при необходимости можно автоматически пересчитывать в другие шкалы твердости. Просчитывается среднее значение, стандартное отклонение, коэффициент вариации, выводится гистограмма и др. 256 ячеек для сохранения результатов. На микротвердомере установлена видеокамера, контроль и обработка данных осуществляется с подключенного компьютера с русифицированным программным обеспечением, что позволяет полностью автоматизировать процесс измерения и исключить человеческий фактор.

1	⇒	Смена нагрузки (9 режимов: 98.07, 245.2, 490.7mN; 1.96, 2.942, 4.903, 9.807, 19.61N (HV 0.01, 0.025, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 1.2)), продолжительность нагрузки от 5 до 999 секунд
2	⇒	Время на подготовку прибора - не более 3 минут
3	⇒	Общее увеличение - ×400
4	⇒	Диапазон измерения: 250 мкм
5	⇒	Разрешение: 0,01 мкм
6	⇒	Рабочая поверхность: 120×120 мм
7	⇒	Максимальная высота испытываемого образца: 100 мм при установке на столик
8	⇒	Условия работы: температура: от 5 ⁰ С до 40 ⁰ С; влажность: от 0 до 80%
9	⇒	Габариты: 430 мм (ширина) - × 500 мм (глубина) × 520 мм (высота)

Рисунок 2.8 - Техническая характеристика

На рисунке 2.8 приведены технические характеристики микротвердомера Duramin 5 и их условия работы.

2.8 Механические испытания на «Instron 3369»

Испытания на растяжение это один из основных и распространенных методов исследования и контроля механических свойств. Образцы изготавливаются по ГОСТ 1497-84 и могут иметь разные формы и размеры (рис.2.9).

Для испытания на растяжения образцы стандартных размеров закрепляют в специальных испытательных машинах, в данной работе использовался Instron 3369 (рис.2.10), и растягивают их до полного разрушения. При этом специальные приборы фиксируют зависимость удлинения образца от прикладываемой к нему продольной растягивающей нагрузки, и самописец вычерчивает кривую характерную для данного материала. Устройство вычерчивает диаграмму в координатах «сила-удлинение».

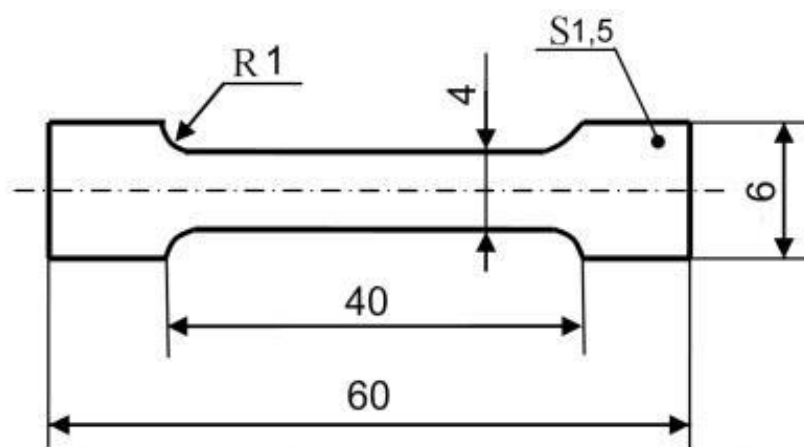


Рисунок 2.9 – Образцы испытания на растяжение

Для механических испытаний на растяжение использовали образцы в форме двойных лопаток (рис.2.9). Растяжение образцов проводили со скоростью 0,2мм/мин на установке Instron 3369.



Рисунок 2.10 - Instron 3369 испытательная машина на растяжения

Назначение установки

Установка даёт возможность осуществят механические испытания разных материалов на растягивание и сжатие. Система оснащена

климатизационной камерой (300...523 К) и улучшенным видеоэкстензометром, какой разработан с целью конкретного измерения деформации в отсутствии потребности контакта с образцом (наибольшая область зрения – 500 мм).

Технические характеристики на рисунке 2.11, а требования к объектам исследование приведен в таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Требования к объектам исследований на растяжение

цилиндрические образцы (растяжение)	диаметром 5 – 8 мм
плоские образцы (растяжение)	толщина до 6 мм, ширина до 50 мм

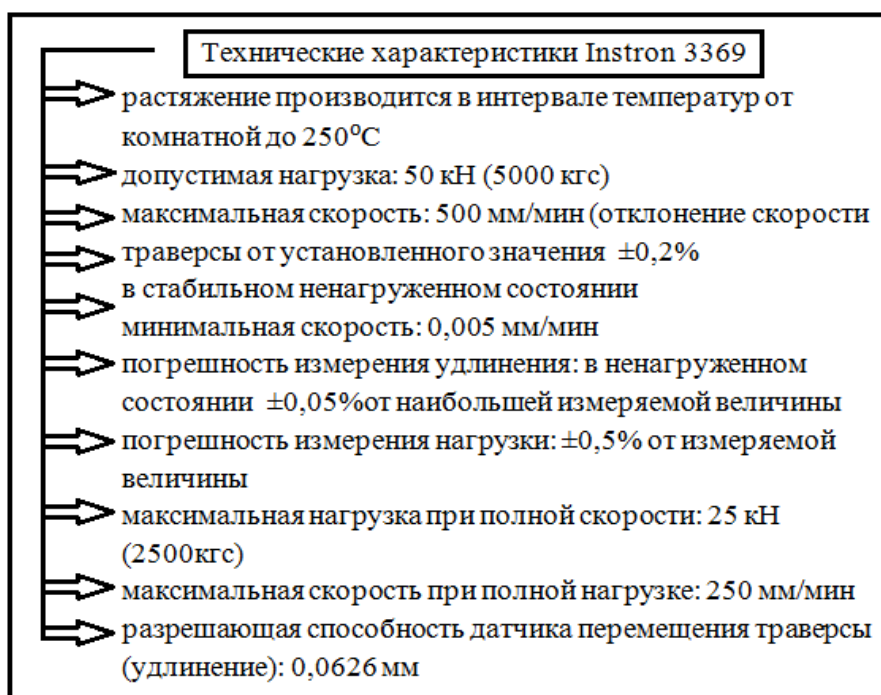


Рисунок 2.11 - Технические характеристики Instron 3369:

2.9 Рентгеноструктурный анализ на дифрактомере ADVANCED8 Bruker и Shimadzu XRD-6000

Рентгеноструктурные исследования рентгеновских образцов, для сплава системы Zr1Nb проводили с помощью дифрактометра ADVANCED8 Bruker

(рис.2.13) в медном CuK_α - излучении (40 кВ, 40 мА) (Университет Дуйсбург-Эссен в Германии). Для расчетов использовалась длина волны ($\lambda=1.5418\text{\AA}$) в диапазоне углов $2\theta = 5 - 90^\circ$. Анализ полученных рентгенограмм проводился с помощью программного обеспечения TOPAS 4.2. по методу Ритвельда с выполнением процедуры минимизации отклонения между экспериментальной и рассчитанной рентгенограммами. Общий вид рентгенограмм снимался с шагом сканирования $0,01^\circ$ и временем экспозиции в каждой точке.



Рисунок 2.12 - Дифрактометр ADVANCED8 Bruker

Рентгеноструктурный анализ также проведен на дифрактометре Shimadzu XRD-6000 (рис.2.14) в медном излучении ($\lambda=1,7902 \text{\AA}$) в диапазоне углов $2\theta = 5 - 90^\circ$ с шагом $0,02$.

Дифрактометр рентгеновский Shimadzu XRD-6000 предназначен для измерения интенсивности и углов дифракции рентгеновского излучения, рассеянного атомной решеткой, при решении задач рентгенодифракционного и рентгеноструктурного анализа кристаллических материалов. Принцип действия дифрактометра основан на дифракции рентгеновских лучей от атомных плоскостей кристаллической решетки исследуемого вещества. Пучок рентгеновских лучей с длиной волны λ , попадая на кристалл, отражается от

системы плоскостей с кристаллографическими индексами (hkl), удовлетворяющих уравнению Вульфа-Брегга:

$$2d_{hkl} \sin \theta_{hkl} = n\lambda \quad (2.3)$$

где d_{hkl} – межплоскостное расстояние;

θ_{hkl} – угол отражения (дифракции), равный половине угла между падающим и дифрагированным пучками;

λ – длина волны падающего излучения;

n – целое число, порядок отражения.

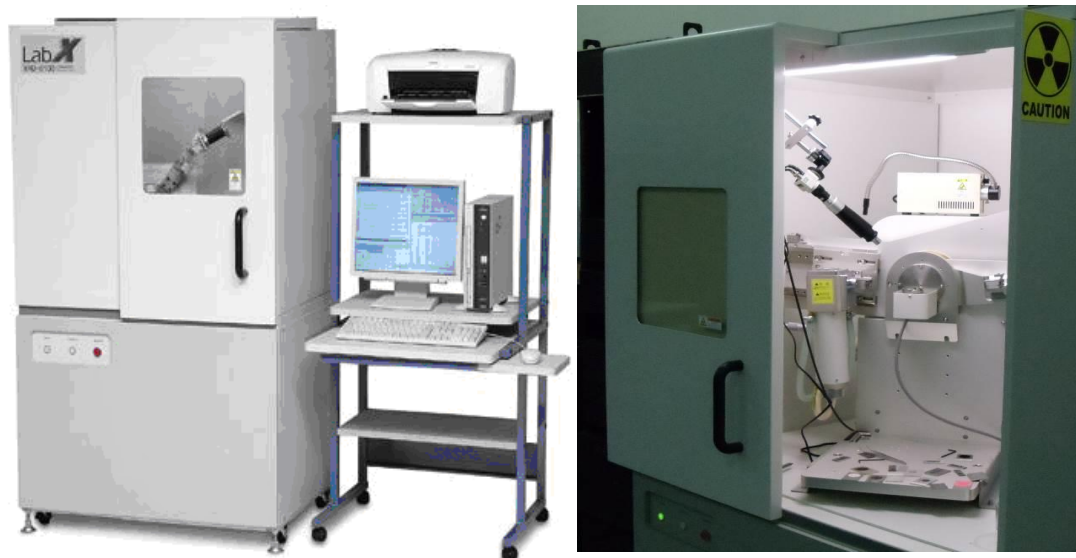


Рисунок 2.13 - Дифрактомер «Shimadzu XRD-6000»

Принципиальная возможность рентгеновского фазового анализа базируется в том, то что любое кристаллическое вещество содержит собственный ему (и только лишь ему) межплоскостных расстояний и, таким образом, "собственный" комплект областей, заселенных узлами противоположенной решетки. В соответствие данному принципу рентгенограмма любого кристалла строго индивидуальна [27].

Рентгеновский фазовый анализ незаменим при анализе консистенций модификаций одного и того же вещества, при изучении жёстких растворов и в целом при изучении диаграмм состояния.

2.10 Испытания на изгиб для определения модуля упругости

Испытания на изгиб отличаются большим числом схем нагружения образцов. Преимуществом метода статистического изгиба является возможность прямого расчета разрушающего напряжения, т. е. прочности непосредственно по величине силы, вызывающей разрушение [33]. При статическом изгибе по трехточечной схеме наибольший изгибающий момент возникает под влиянием сосредоточенной силы.

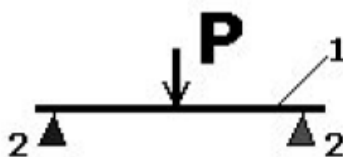


Рисунок 2.14 – Схема при трехточечном изгибе: 1 – образец; 2 – опора

Модуль упругости (Е-модуль) рассчитывали по уравнению приведенным ниже, принимая наклон в линейной пропорциональной части диаграммы сила-перемещение:

$$E = \frac{\Delta F}{\Delta l} * \frac{L^3}{4WT^3} \quad (2.4)$$

В уравнении: E - модуль упругости, F – сила нагружения, l - смещение индентора, L – рабочая длина испытуемого образца, W - ширина образца, T - толщина образца.

Процесс определения модуля упругости (методом изгиба) на установке Shimadzu ES-SX:

- 1) вставляем образец и производим автоматическую калибровку: 0 мм и 0Н (нагрузка), опорная длина при это составила 40 мм;
- 2) на образец прикладывается нагрузка (Н) автоматически, скорость нагружения – 2 мм/мин;

- 3) образец (рис.2.16) изгибается под нагрузкой 7,4Н; перемещение индентора составляет 9,5 мм; скорость индентора составила 2 мм/мин;
- 4) дальше с помощью программы TRAPEZIUMX было проведен автоматический расчет модуля Юнга и было показано диаграмма «сила-смещение» для измерения сплава Zr1Nb.

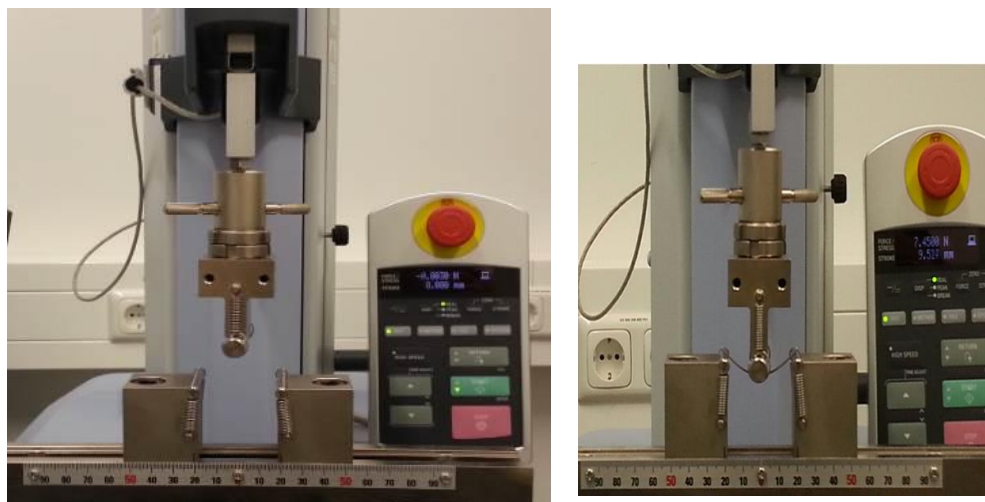


Рисунок 2.15 - Shimadzu ES-SX механический испытательная машина

Технические характеристики Shimadzu ES-SX:

Максимальная мощность 500 Н;

Длина хода: 500 мм;

Способ нагружения: с винтом на шаровой опоре;

Диапазон установки: плавно;

Автоматическая калибровка;

Скорость траверсы: 2 мм/мин;

Скорость возврата траверсы: 1500 мм/мин;

Режим нагружения: линейно;

Условие испытания при комнатной температуре: 22-25°C;

Автоматическая программная обработка.

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Перспективность научного исследования определяется не только ни сколько масштабом открытия, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности (потенциала) разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Целью данного раздела является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

К основным сегментам научно-исследовательского проекта можно отнести медицинские и образовательные учреждения, небольшие предприятия производства медицинских приложений. Конечным продуктом, который будет реализован в данных сегментах, являются имплантаты медицинского назначения, а именно травматологические и стоматологические.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурирующих разработок, необходимо проводить систематически, поскольку существующие рынки пребывают в постоянном движении. Данный вид анализа помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим конкурентам.

Данный анализ был проведен с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 4.1.

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

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Экологичность	0,08	4	4	3	0,32	0,32	0,24
2. Надежность	0,1	5	2	4	0,5	0,2	0,4
3. Энергоэкономичность	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
4. Уровень шума	0,06	1	1	1	0,06	0,06	0,06
5. Безопасность	0,08	5	4	5	0,4	0,32	0,4
6. Материалоемкость	0,07	4	3	4	0,28	0,21	0,28
7. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,04	2	3	2	0,08	0,12	0,08
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
2. Цена	0,08	3	2	4	0,24	0,16	0,32
3. Послепродажное обслуживание	0,05	2	3	2	0,1	0,15	0,1
4. Финансирование научной разработки	0,1	4	3	4	0,4	0,4	0,4
5. Срок выхода на рынок	0,04	2	2	1	0,08	0,08	0,04
6. Наличие сертификации разработки	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
Итого	1	47	44	42	3,44	3,42	3,02

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в табл. 1, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Итогом данного анализа, действительно способным заинтересовать партнеров и инвесторов, может стать выработка конкурентных преимуществ, которые помогут создаваемому продукту завоевать доверие покупателей посредством предложения товаров, заметно отличающихся либо высоким уровнем качества при стандартном наборе определяющих его параметров, либо нестандартным набором свойств, интересующих покупателя.

4.1.3 SWOT - анализ

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. Он проводится в несколько этапов [34].

На первом этапе описываются сильные и слабые стороны проекта, выявляются возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Результаты первого этапа SWOT -анализа представлена в таблице 4.2

Таблица 4.2

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Удобный способ получения микроструктуры циркониевых сплавов.</p> <p>С2. Метод ИПД позволяют получать заготовки со значительно более высокими механическим свойствами.</p> <p>С3. Циркониевые сплавы в УМЗ состоянии не содержат токсичных элементов и обладают высокой коррозионной стойкостью.</p> <p>С4. Экологичность технологии.</p> <p>С5. Квалифицированный персонал.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки</p> <p>Сл2. Требования в биомедицинских исследованиях.</p> <p>Сл3. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой.</p> <p>Сл4. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование научно-исследовательских достижений ТПУ.</p> <p>В2. Использование инфраструктуры ИФПМ СО РАН г.Томск.</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p>		

<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции. У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.</p>		
---	--	--

После того как сформулированы четыре области SWOT переходят к реализации второго этапа.

На втором этапе выявляют соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT.

Таблица 4.3 - Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	+	0
	B2	+	+	+	+	+
	B3	-	-	-	0	0
Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл.1	Сл.2	Сл.3	Сл.4	
	B1	0	-	-	-	
	B2	0	0	+	0	
	B3	+	+	+	0	

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	-	-	-
	У2	0	0	0	0	0
	У3	-	-	-	-	-
Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл.1	Сл.2	Сл.3	Сл.4	
	У1	+	-	+	-	
	У2	-	-	0	-	
	У3	0	+	0	0	

Факторы в таблице помечаются соответствии сильных сторон возможностям знаком плюс «+»; слабое соответствие знаком минус «-»; если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-» - ставить знак «0» (таблица 4.3).

В рамках третьего этапа составлена итоговая матрица SWOT-анализа (табл.4.4).

Результаты SWOT -анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно -исследовательского проекта.

Таблица 4.4 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>C1. Удобный способ получения микроструктуры циркониевых славов.</p> <p>C2. Метод ИПД позволяют получать заготовки со значительно более высокими механическими свойствами.</p> <p>C3. Циркониевые сплавы в УМЗ состоянии не содержат токсичных элементов и обладают высокой коррозионной стойкостью.</p> <p>C4. Экологичность технологии.</p> <p>C5. Квалифицированный</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки</p> <p>Сл2. Требования в биомедицинских исследованиях.</p> <p>Сл3. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой.</p> <p>Сл4. Отсутствие</p>
--	---	---

	персонал.	необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование научно-исследовательских достижений ТПУ.</p> <p>В2. Использование инфраструктуры ИФПМ СО РАН г.Томск.</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p>	<p>При использовании инновационной инфраструктуры ТПУ, также инфраструктуру ИФПМ СО РАН можно упростить процессы обработки данных, полученных после экспериментов.</p>	<p>Появление спроса на новый продукт может быть увеличен за счет ее технологических возможностей. Если использовать инновационную инфраструктуру и необходимые оборудование для проведения испытания опытного образца в ТПУ, то появится возможность избавиться от недостатка финансовых средств.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства</p> <p>У2. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции.</p> <p>У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.</p>	<p>На сегодняшний день существует широкий спектр разных методов при исследовании медицинских имплантатов, которые широко применяются в других научных организациях. За счет этого, может возникнуть проблема вывода имплантатов ультрамелькозернистого сплава полученный методом ИПД.</p>	<p>Отсутствие спроса на новые технологии и оборудования, могут ограничить поступление финансовых средств.</p>

Приведенный анализ показал, что технология, находясь на этапе разработки, имеет хорошие шансы на коммерциализацию, с учетом проявляемого интереса партнеров и удачных исследований.

4.2 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Для того, чтобы оценить готовность научной разработки к коммерциализации необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Таблица оценки готовности проекта к коммерциализации приведена в таблице 4.5.

Таблица 4.5 - Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации.

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	4
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	3	3
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	1	1
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	2	2
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	1
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	1	1
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	2

10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	2	1
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	1
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	2
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	2	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	3	2
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	3	2
	ИТОГО БАЛЛОВ	37	31

Перспективность проекта средняя, следовательно, для реализации проекта необходимо привлечь специалистов в сфере маркетинга, продумать вопросы финансирования со стороны предприятий.

4.3 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

При коммерциализации научно-технических разработок продавец (а это, как правило, владелец соответствующих объектов интеллектуальной собственности), преследует вполне определенную цель, которая во многом зависит от того, куда в последующем он намерен направить (использовать, вложить) полученный коммерческий эффект. Это может быть получение средств для продолжения своих научных исследований и разработок (получение финансирования, оборудования, уникальных материалов, других научно-технических разработок и т.д.), одноразовое получение финансовых

ресурсов для каких-либо целей или для накопления, обеспечение постоянного притока финансовых средств, а также их различные сочетания [35].

При этом время продвижения товара на рынок во многом зависит от правильности выбора метода коммерциализации. Задача данного раздела магистерской диссертации – это выбор метода коммерциализации объекта исследования и обоснование его целесообразности. Для того чтобы это сделать необходимо ориентироваться в возможных вариантах.

Выделяют следующие методы коммерциализации научных разработок.

1. *Торговля патентными лицензиями*, т.е. передача третьим лицам права использования объектов интеллектуальной собственности на лицензионной основе. При этом в патентном законодательстве выделяющие виды лицензий: исключительные (простые), исключительные, полные лицензии, сублицензии, опционы.

2. *Передача ноу-хау*, т.е. предоставление владельцем ноу-хау возможности его использовать другим лицом, осуществляемое путем раскрытия ноу-хау.

3. *Инжиниринг* как самостоятельный вид коммерческих операций предполагает, предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом. Другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика, усовершенствованием имеющихся производственных процессов вплоть до внедрения изделия в производство и даже сбыта продукции.

4. *Франчайзинг*, т.е. передача или переуступка (на коммерческих условиях) разрешения продавать чьи-либо товары или оказывать услуги в некоторых областях.

5. *Организация собственного предприятия*.

6. *Передача интеллектуальной собственности* в уставной капитал предприятия.

7. *Организация совместного предприятия*, т.е. объединение двух и более лиц для организации предприятия.

8. *Организация совместных предприятий*, работающих по схеме «российское производство – зарубежное распространение» [36].

Перспективность данного научного исследования выше среднего, поэтому не все аспекты рассмотрены и изучены. Таким образом, для организации предприятия этого не достаточно (пункт 4 – 8 не подходят). Но так как основной научно-технический задел определен, этого достаточно для коммерциализации для следующих методов (пункты 1 - 3): Торговля патентной лицензией; передача ноу-хау и инжиниринг. Степени проработанности научного проекта и уровень знаний разработчика достаточно для реализации пунктов, которые были выбраны.

4.4 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. Определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы, также внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта.

Таблица 4.6 - Заинтересованной стороной проекта

Заинтересованной стороной проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Лаборатория физики наноструктурных биокomпозитов ИФПМ СО РАН.	Улучшить свойства циркониевых сплавов (для применения в медицине)

В таблице 4.7 представлена информация об иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 4.7 - Цели и результат проекта

Цели проекта:	Исследование микроструктуры и механических свойств сплава системы Zr-Nb методом интенсивной пластической деформации, изучение свойств циркониевых сплавов после долговременных отжигов.
Ожидаемые результаты проекта:	-получить циркониевые сплавы в УМЗ состоянии для исследования их механических свойств; -получить низкие модуль Юнга и модуль упругости для материалов имплантата.
Критерии приемки результата проекта:	Эффективный и удобный метод получения сплавов для создания имплантатов с биоинертными свойствами.
Требования к результату проекта:	Требование:
	Высокая остеоинтеграция циркониевых сплавов для имплантата с костной тканью
	Низкий модуль упругости сплавов в УМЗ состоянии (не менее 60 ГПа) схожий с костной тканью
	Хороший фазовый состав с содержанием α -фазы Zr после долговременных отжигов 500 ⁰ С и 580 ⁰ С
	Освоить работу с компьютерными программами для обработки полученных данных

На этапе организационной структуры работы проекта решались следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Эту информацию представить в табличной форме (табл. 4.8)

Таблица 4.8 – Организационная структура проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Ерошенко А.Ю. научный сотрудник лаборатории физики	Руководитель по ВКР (НИР)	1. Разработка ТЗ на ВКР 2. Составление и утверждение технического задания 3. Теоретические и	8 15 32

	наноструктурных биокomпозитов ИФПМ СО РАН		экспериментальные исследования 4. Разработка методики экспериментальных исследований 5. Проведение экспериментальных исследований 6. Анализ и обработка полученных результатов 7. Обобщение и оценка эффективности полученных результатов	58 42 17 16
2	Ахметова Н.К., ТПУ, кафедра ЭФ, магистрант	Исполнитель по научному исследованию	1. Выбор направления исследования и способов решения задач 2. Сбор и изучение научно-технической литературы 3. Теоретические и экспериментальные исследования 4. Разработка методики экспериментальных исследований 5. Проведение экспериментальных исследований 6. Анализ и обработка полученных результатов 7. Обобщение и оценка эффективности полученных результатов 8. Оформление пояснительной записки 9. Подготовка к защите ВКР	55 170 50 75 55 18 18 51 49
ИТОГО:				747

В данном разделе были выделены заинтересованные в проекте предприятия, установлены цели и ожидаемые результаты. Была определена рабочая группа проекта, что в дальнейшем необходимо для расчета бюджета.

4.4.1 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а так же «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта [37].

Таблица 4.9 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	176823
3.1.1. Источник финансирования	ИФПМ СО РАН»
3.2. Сроки проекта:	01.03.17-05.06.17
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	01.03.17
3.2.2. Дата завершения проекта	05.06.17

4.5 Планирование управления научно-техническим проектом

4.5.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупленной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. На таблице 4.10 представлена иерархическая структура по выпускной квалификационной работе.

Таблица 4.10 – Иерархическая структура по ВКР

Выпускная квалификационная работа	1.Разработка ТЗ на ВКР	1.1 Составление и утверждение технического задания
	2. Выбор направления исследований	2.1 Выбор направления исследования и способов; 2.2 Сбор и изучение научно- технической литературы.

	3. Теоретические и экспериментальные исследования	3.1 Разработка методики экспериментальных исследований; 3.2 Проведение экспериментальных исследований; 3.3 Анализ и обработка полученных данных.
	4. Обобщение и оценка результатов	4.1 Оценка эффективности полученных Результатов; 4.2 Оформление пояснительной; 4.3 Подготовка к защите ВКР.

4.5.2 Контрольные события проекта

В рамках данного раздела определены ключевые события проекта, их даты и результаты. Эта информация представлена на таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Разработка ТЗ на ВКР	1.03.2017	
1.1	Составление и утверждение технического задания	2.03-3.03.2017	Приказ о защитах ВКР
2	Выбор направления исследования и способов решения задач	04-12.03.2017	
2.1			
2.2	Сбор и изучение научно технической литературы	13.03-30.03.2017	Список литературы
3	Теоретические и экспериментальные исследования	31.04-20.04.2017	
3.1	Разработка экспериментальной установки и методики экспериментальных исследований	21.04-29.04.2017	Эксп.установка, методика
3.2	Проведение экспериментальных исследований	30.04-9.05.2017	Лабораторный журнал

3.3	Анализ и обработка полученных результатов	10-21.05.2017	Научные результаты
4	Обобщение и оценка эффективности полученных результатов	22.05-30.05.2017	
4.1			
4.2	Оформление пояснительной записки	01-7.06.2017	Магистерская диссертация
4.3	Подготовка к защите ВКР	8-13.06.2017	

4.6 План проекта

В рамках планирования выпускной квалификационной работы построен календарный график работы (таблице 4.12).

Таблица 4.12 - Календарный план проекта

Код работы	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Разработка ТЗ на ВКР	1	1.03.	1.03.	руководитель
1.1	Составление и утверждение технического задания	2	2.03	3.03.	руководитель
2	Выбор направления исследования и способов решения задач	8	04.03.	12.03.	дипломник
2.1					
2.2	Сбор и изучение научно технической литературы	17	13.03	30.03.	дипломник
3	Теоретические и экспериментальные исследования	20	31.04	20.04.	руководитель, дипломник

3.1	Разработка экспериментальной установки и методики экспериментальных исследований	8	21.04	29.04.	руководитель, дипломник
3.2	Проведение экспериментальных исследований	10	30.04	9.05.	руководитель, дипломник
3.3	Анализ и обработка полученных результатов	11	10.05.	21.05.	руководитель, дипломник
4	Обобщение и оценка эффективности полученных результатов	8	22.05	30.05.	руководитель, дипломник
4.1					
4.2	Оформление пояснительной записки	6	01.06.	07.06.	дипломник
4.3	Подготовка к защите ВКР	5	08.06.	13.06.	дипломник
Итого		96			

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ [38]. Построен график в виде таблицы 4.13 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения научного проекта. Работы на графике выделены различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 4.13 – Календарный план-график проведения ВКР по теме

№ п/п	Кал. дн.	Исполнители	Март			Апрель			Май			Июнь		
			Декады											
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	1		■											
1.1	2		■											
2	8			▨										
2.1				▨										
2.2	17				▨									
3	20					■	■							
3.1	8							▨	■					
3.2	10									▨	■			
3.3	11										▨	■		
4	8											▨	■	
4.1													▨	■
4.2	6													▨
4.3	5													▨

■ - Руководитель ▨ - Дипломник

4.7 Бюджет научно-исследовательского проекта

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения.

Таблица 4.14 - Расчёт затрат по статье «Сырьё и материалы»

Название	Единица измерения	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Соляная кислота	л.	1	70	70

Уксусная кислота	кг.	0,7	180	126
Сплав циркония	ø30x154 мм	1	110	110
Лабораторная химическая посуда	мл.	0,08	5000	400
Всего за материалы				706
Транспортно-заготовительные расходы (3-5 %)				35,3
Итого по статье См				741,3

Таблица 4.15 - Расчёт затрат по статье «Спецоборудования для научных работ»

№	Наименование оборудования	Общая стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Время использования, час	Сумма амортизационных отчислений, руб.
1	Компьютер	25000		720	25000
2	Просвечивающий электронный микроскоп	45000000	6	42	18900
3	Дифрактометр Shimadzu XRD-6000	5700000	7,6	46	3321,2
4	Испытательная машина Instron 3369	2582000	12	24	1239,36
5	Микротвердомер Duramin 5	165000	12	48	158,4
Итого по статье					48618,96

Таблица 4.16 - Группировка затрат по статьям

Затраты по статьям						
	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов)	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого плановая себестоимость

разрабо тка	741,3	48618,96	92234,656	7557,696	27670,4	176823
аналог	1260	145854	105147	10000	35390	287651

Основная заработная плата

Таблица 4.17 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Дипломник
Календарное число дней	105	105
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	28	43
- праздничные дни	5	5
Потери рабочего времени		
- отпуск	6	-
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	64	57

Таблица 4.18 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{б,}$ руб.	k_p	$Z_{м,}$ руб.	$Z_{дн,}$ руб.	$T_p,$ раб.дн.	$Z_{осн,}$ руб.
Руководитель	19984,3	1,3	25979,59	1180,89	64	75576,96
Дипломник	2275				57	9100

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

Таблица 4.19 - Заработная плата исполнителей

Заработная плата	Руководитель	Дипломник
Основная зарплата	75576,96	9100
Дополнительная зарплата	7557,696	-
Итого по статье $C_{зп}$	83134,656	9100

Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (4.2)$$

где $k_{\text{внеб}} = 30\%$ коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Таблица 4.20 - Отчисления на социальные нужды

	Руководитель	Дипломник
Зарплата	75576,96	9100
Отчисления на социальные нужды	24940,4	2730

4.7.1 Организационная структура проекта

Таблица 4.21 - Выбор организационной структуры научного проекта

Критерии выбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Низкая	Высокая	Высокая
Технология проекта	Стандартная	Сложная	Новая
Сложность проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Высокая	Средняя	Низкая

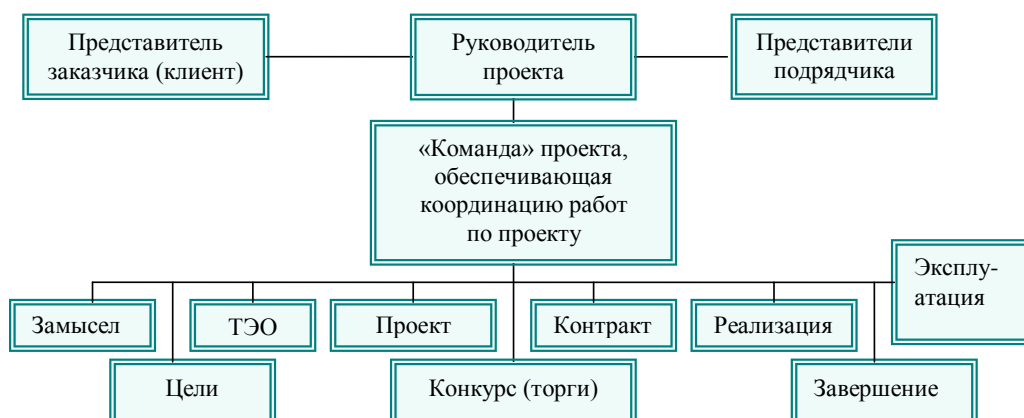


Рисунок 4.1 - Проектная структура проекта

Вывод: на основе проведенного анализа выбора организационной структуры научного проекта, было выявлено, что наиболее выгодной является проектная структура.

4.8 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Эффективность научного ресурсосберегающего проекта включает в себя социальную эффективность, экономическую и бюджетную эффективность. Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические последствия осуществления инвестиционного проекта как для общества в целом, в том числе непосредственные результаты и затраты проекта, так и затраты, и результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты [39].

Показатели экономической эффективности проекта учитывают финансовые последствия его осуществления для предприятия, реализующего данный проект. В этом случае показатели эффективности проекта в целом характеризуют с экономической точки зрения технические, технологические и организационные проектные решения.

Бюджетная эффективность характеризуется участием государства в проекте с точки зрения расходов и доходов бюджетов всех уровней.

Динамические методы экономической оценки инвестиций

Динамические методы оценки инвестиций базируются на применении показателей:

- чистая текущая стоимость (**NPV**);
- срок окупаемости (**ДРР**);
- внутренняя ставка доходности (**IRR**);
- индекс доходности (**PI**).

Все перечисленные показатели основываются на сопоставлении чистых денежных поступлений от операционной и инвестиционной деятельности, и их приведении к определенному моменту времени. Теоретически чистые денежные поступления можно приводить к любому моменту времени (к будущему либо текущему периоду). Но для практических целей оценку инвестиции удобнее осуществлять на момент принятия решений об инвестировании средств.

Чистая текущая стоимость (NPV)

Данный метод основан на сопоставлении дисконтированных чистых денежных поступлений от операционной и инвестиционной деятельности.

Если инвестиции носят разовый характер, то **NPV** определяется по формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+i)^t} - I_0, \quad (4.3)$$

где $ЧДП_{опt}$ – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

I_0 – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

t – номер шага расчета ($t=0, 1, 2 \dots n$);

n – горизонт расчета;

i – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Чистая текущая стоимость является абсолютным показателем. Условием экономичности инвестиционного проекта по данному показателю является выполнение следующего неравенства: $NPV > 0$.

Чем больше **NPV**, тем больше влияние инвестиционного проекта на экономический потенциал предприятия, реализующего данный проект, и на экономическую ценность этого предприятия.

Таким образом, инвестиционный проект считается выгодным, если **NPV** является положительной.

Таблица 4.22 - Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1.	Выручка от реализации, тыс.руб	0	212,2	212,2	212,2	212,2
2.	Итого приток	0	212,2	212	212	212
3.	Инвестиционные издержки, тыс.руб.	-176,82	0	0	0	0
4.	Операционные затраты, тыс. руб С+Ам+ФОТ	0	26,3	26,3	26,3	26,3
	Налогооб прибыль=1-4		186,1	186,1	186,1	186,1
5.	Налоги Выр-опер=донал.приб*20%	0	36,2	36,2	36,2	36,2
6.	Итого отток Опер.затр+налоги	-176,82	64,52	64,5	64,52	64,52
7.	Чистый денежный поток ЧДП=Пчист+Ам Пчист=Пдонал.-налог	-176,82	112,3	112,3	112,3	112,3
8.	Коэффициент дисконтирования (приведения при $i=0,20$)	1,0	0,833	0,694	0,578	0,482
9.	Дисконтированный чистый денежный поток ($c7*c8$)	-176,82	93,5	77,9	64,9	54,1
10.	То же нарастающим итогом ($NPV=113,6$)	-176,82	-83,3	-5,2	59,48	113,6

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 113600 д. ед., что позволяет судить о его эффективности.

Дисконтированный срок окупаемости

Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости.

Рассчитывается данный показатель примерно по той же методике, что и простой срок окупаемости, с той лишь разницей, что последний не учитывает фактор времени.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (см. табл. 4.23).

Таблица 4.23 - Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1.	Дисконтированный чистый денежный поток ($i=0,20$)	-176,82	93,5	77,9	64,9	54,1
2.	То же нарастающим итогом	-176,82	-83,3	-5,2	59,48	113,6
3.	Дисконтированный срок окупаемости	$PP_{дск} = 2 + 5,2/64,9 = 2,08$ месяцев				

Внутренняя ставка доходности (IRR)

Для установления показателя чистой текущей стоимости (NPV) необходимо располагать информацией о ставке дисконтирования, определение которой является проблемой, поскольку зависит от оценки экспертов. Поэтому, чтобы уменьшить субъективизм в оценке эффективности инвестиций на практике широкое распространение получил метод, основанный на расчете внутренней ставки доходности (IRR) [40].

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость. Эта зависимость следует из таблицы 4.24 и графика, представленного на рисунке 2.

Таблица 4.24 - Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№ п/п	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV
1	Чистые денежные потоки	-176,82	112,3	112,3	112,3	112,3	
2	коэффициент дисконтирования						
	i=0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	i=0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	i=0,4	1	0,714	0,51	0,364	0,26	
	i=0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	i=0,6	1	0,625	0,390	0,244	0,095	
	i=0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,070	
	i=0,8	1	0,555	0,308	0,172	0,094	
3	Дисконтированный денежный поток						
	i=0,1	-176,82	102,1	92,75	84,3	76,7	176,03
	i=0,2	-176,82	93,55	77,93	64,9	54,12	113,68
	i=0,4	-176,82	80,18	57,2	40,87	29,2	30,6
	i=0,5	-176,82	74,9	49,86	33,12	22,23	3,29
	i=0,6	-176,82	70,78	43,78	27,4	10,6	-24,26
	i=0,7	-176,82	66,03	39,86	22,7	7,8	-40,43
	i=0,8	-176,82	62,3	34,5	19,3	10,5	-50,22

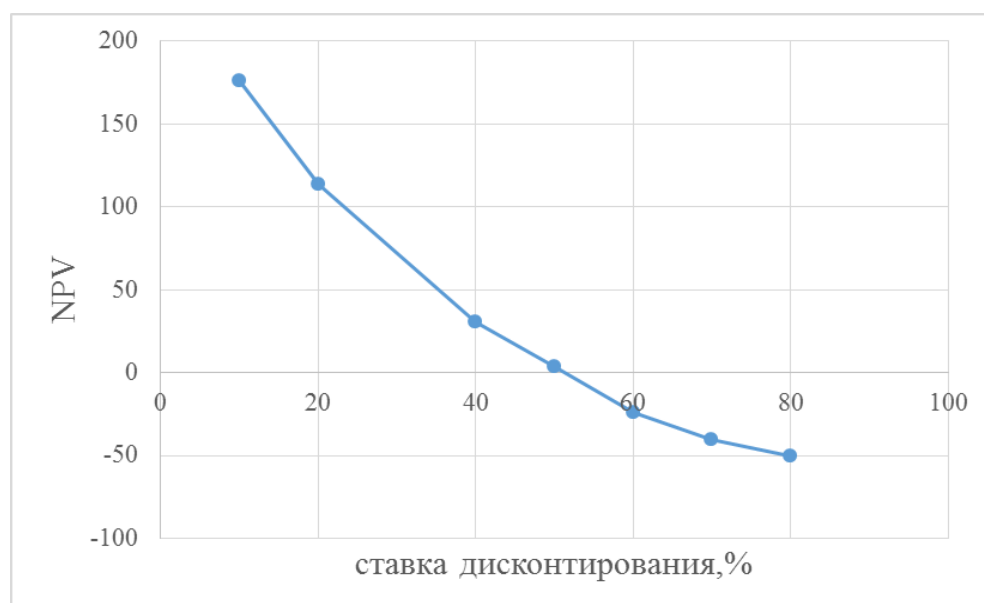


Рисунок 4.2 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,45.

4.9 Индекс доходности (рентабельности) инвестиций (PI)

Индекс доходности показывает, сколько приходится дисконтированных денежных поступлений на рубль инвестиций.

Расчет этого показателя осуществляется по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧПД_t}{(1+i)^t} / I_0, \quad (4.4)$$

где I_0 – первоначальные инвестиции.

$$PI = \frac{93,5 + 77,9 + 64,9 + 54,1}{176,82} = 1,6$$

$PI=1,6>1$, следовательно, проект эффективен при $i=0,2$.

4.9.1 Оценка сравнительной эффективности исследования

Таблица 4.25 – Группировка затрат по статьям аналогов разработки

Вариант исполнения аналога №	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого плановая себестоимость

	полуфабрикаты				
1	1260	145854	105147	35390	287651
2	2250	194472	94079	31544,3	322345,2

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разы.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p, \quad (4.5)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов; a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, пример которой приведен ниже.

Таблица 4.26 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	4	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует	0,1	4	4	4

требованиям потребителей)				
3. Проводимость	0,2	4	4	3
4. Механическая прочность	0,2	4	4	3
5. Химическая стабильность	0,2	5	4	4
6. Степень набухания	0,2	4	3	3
ИТОГО	1	4,3	3,8	3,5

$$I_m^p = 5 * 0.1 + 4 * 0.1 + 4 * 0.2 + 4 * 0.2 + 5 * 0.2 + 4 * 0.2 = 4.3$$

$$I_1^A = 4 * 0.1 + 4 * 0.1 + 4 * 0.2 + 4 * 0.2 + 4 * 0.2 + 3 * 0.2 = 3.9$$

$$I_1^A = 4 * 0.1 + 4 * 0.1 + 3 * 0.2 + 3 * 0.2 + 4 * 0.2 + 3 * 0.2 = 3.5$$

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{финр}^p$) и аналога ($I_{финр}^a$)

определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя.

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^{a1}} = \frac{7,8}{4,38} = 1,78$$

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^{a2}} = \frac{7,8}{3,5} = 2,2$$

где $\mathcal{E}_{ср}$ – сравнительная эффективность проекта; I_m^p – интегральный показатель разработки; I_m^a – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Таблица 4.27 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Аналог 1	Аналог 2	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,89	1	0,55
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,9	3,5	4,3
3	Интегральный показатель эффективности	7,8	4,38	3,5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,78	2,2	

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет судить о приемлемости существующего варианта решения поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В ходе проведения анализа показателей, была получена чистая текущая стоимость (NPV) –113,6 тыс. руб. Таким образом, данный инвестиционный проект можно считать выгодным, NPV является положительной величиной. Дисконтированный срок окупаемости проекта ($PP_{дск}$) составляет 2,08 года. Внутренняя ставка доходности (IRR) – 0,45, что позволяет признать инвестиционный проект экономически оправданным, так как выполняется условие неравенства $IRR > i$, индекс доходности (PI) – 1,6, и, основываясь на том, что данная величина превышает единицу, можно утверждать, что данная инвестиция приемлема.

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

К социальной ответственности относятся соблюдение трудовой дисциплины, своевременная оплата труда, обеспечение льготами работников вредных производств, предоставление отпуска и многие другие мероприятия, регулируемые законодательством.

Основным и одним из самых важных условий обеспечения социальной ответственности при осуществлении работы любого предприятия является выполнение основ безопасности. Обеспечение социальной ответственности - это совокупность мероприятий организационного и технического характера, которые направлены на предотвращение на рабочем месте несчастных случаев и на создание безопасных условий труда.

Вредным фактором называется воздействие на организм человека, которое может вызывать временное или стойкое ухудшение самочувствия, привести к заболеванию, нарушению здоровья потомства [41].

Опасным считается такой фактор среды, который при однократном кратковременном воздействии может привести к травме или гибели человека[41].

С целью обеспечения охраны труда на рабочем месте прикладываются все усилия для того, чтобы сделать труд работающих людей безопасным. Со своей стороны, работник должен пройти инструктаж и подписать соответствующие документы, обязывающие его соблюдать меры предосторожности.

В данном разделе изложены результаты анализа рабочего места лаборанта химической лаборатории – исполнителя, на предмет выявления вредных и опасных факторов. Проведена оценка степени воздействия идентифицированных вредных и опасных факторов в процессе исследовательской деятельности на работника. Предложены мероприятия по снижению их воздействий и защиты от них.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы проводился

эксперимент по получению сплава системы Zr-Nb в УМЗ состоянии методом интенсивной пластической деформации.

5.1 Анализ вредных и опасных факторов, создаваемые объектом исследования

В данном разделе рассмотрены условия работы на микроскопе, микротвердомере и испытательной машине для растяжения. Выделены опасные и вредные производственные факторы, а также существующие средства и методы защиты, описаны организационные и технические мероприятия, проводимые перед началом работы (таб.5.1).

Данная работа направлена на получение циркониевых сплавов методом интенсивной пластической деформации. Получение сплавов циркония в ультрамелкозернистом состоянии происходило двухэтапным комбинированным методом, который включал abc-прессование в сочетании с многоходовой прокаткой в ручьевых валках. Образцы шлифовали и полировали для выявления микроструктуры и растягивали для получения механических характеристик. Для таких целей применялся испытательная машина для растяжения и микротвердомер, а также проводились химические реакции с растворами [42].

Таблица 5.1 –Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	ФАКТОРЫ ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Институт физики прочности и материаловедения СО РАН (ИФПМ)		Электрический ток	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений

СО РАН) Лаборатория физики наноструктурных биокompозитов (шлифовка, полировка, работа на микроскопе JEM- 2100, микротвердомере и испытательной машине для растяжения Instron 3369)			прикосновения и токов.
	Воздействие радиации (ВЧ,УВЧ,СВ Ч и т.д.)		СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно эпидемиологические правила и нормативы. «Гигиенические требования к ПЭВМ и организация работы»
		Пожарная опасность	Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.
	Химические вещества		ГОСТ 12.1.007–76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
	Шум		ГОСТ 12.1.003-8. Шум.

Производство условия на рабочем месте характеризуется наличием опасных и вредных факторов, которые классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические и психофизиологические.

При работе на ПЭВМ и установке, воздействуют следующие факторы:

- физические:
 - температура и влажность воздуха;
 - шум;
 - статическое электричество;
 - запыленность (при шлифовке) рабочей зоны;
 - электромагнитное поле низкой частоты;
 - освещённость;
 - наличие излучения;
- психофизиологические;
- химические.

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы, делятся на:

- физические перегрузки (статические, динамические);
- нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

К вредным химическим производственным факторам относится использование кислот (уксусной и соляной) для обработки поверхности образцов.

5.2 Обоснование мероприятий по защите исследования от действия опасных и вредных факторов

5.2.1 Организационные мероприятия

Весь персонал обязан знать и строго соблюдать правила техники безопасности. Обучение персонала технике безопасности и производственной санитарии состоит из вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте ответственным лицом.

Проверка знаний правил техники безопасности проводится квалификационной комиссией после обучения на рабочем месте. Проверяемому, присваивается соответствующая его знаниям и опыту работы квалификационная группа по технике безопасности и выдается специальная удостоверение [42].

Лица, обслуживающие электроустановки не должны иметь увечий и болезней, мешающих производственной работе. Состояние здоровья устанавливается медицинским освидетельствованием [43].

5.2.2 Технические мероприятия

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще должно располагаться в зоне легкой досягаемости рабочего пространства, как показано на рисунке 5.1.

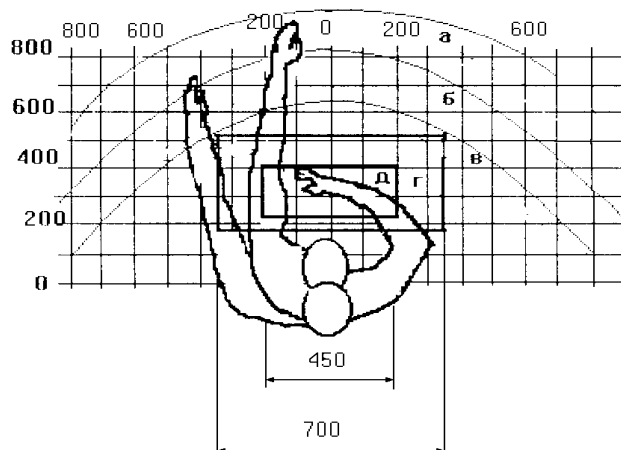


Рисунок 5.1 - Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости (а - зона максимальной досягаемости рук; б - зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в - зона легкой досягаемости ладони; г - оптимальное пространство для грубой ручной работы; д - оптимальное пространство для тонкой ручной работы.)

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости рук:

- дисплей размещается в зоне а (в центре);
- клавиатура - в зоне г/д;
- системный блок размещается в зоне б (слева);
- принтер находится в зоне а (справа);
- документация размещается в зоне легкой досягаемости ладони – в (слева) - литература и документация, необходимая при работе; в выдвижных ящиках стола - литература, не используемая постоянно.

При проектировании письменного стола должны быть учтены следующие требования:

- высота рабочей поверхности стола рекомендуется в пределах 680-800мм;
- высота рабочей поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть 650 мм;
- рабочий стол должен быть шириной не менее 700 мм и длиной не менее 1400 мм

Должно иметься пространство для ног: а) высотой не менее 600 мм; б) шириной - не менее 500 мм; с) глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм.

Рабочее кресло должно быть подъёмно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а так же расстоянию спинки до переднего края сиденья. Рекомендуется высота сиденья над уровнем пола 420-550 мм. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать: ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм; поверхность сиденья с заглублённым передним краем.

Монитор должен быть расположен на уровне глаз оператора на расстоянии 500-600 мм. Согласно нормам угол наблюдения в горизонтальной плоскости должен быть не более 45 °С к нормали экрана. Лучше если угол обзора будет составлять 30 °С. Кроме того должна быть возможность выбирать уровень контрастности и яркости изображения на экране.

Должна предусматриваться возможность регулирования экрана:

- по высоте +3 см;
- по наклону от 10 до 20 градусов относительно вертикали;
- в левом и правом направлениях.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края. Нормальным положением клавиатуры является её размещение на уровне локтя оператора с углом наклона к горизонтальной плоскости 15 °С. Более удобно работать с клавишами, имеющими вогнутую поверхность, четырёхугольную форму с закруглёнными углами. Конструкция клавиши должна обеспечивать оператору ощущение щелчка. Цвет клавиш должен контрастировать с цветом панели [44].

При однообразной умственной работе, требующей значительного нервного напряжения и большого сосредоточения, рекомендуется выбирать неяркие, малоконтрастные цветочные оттенки, которые не рассеивают внимание (малонасыщенные оттенки холодного зеленого или голубого цветов). При работе, требующей интенсивной умственной или физической

напряженности, рекомендуются оттенки тёплых тонов, которые возбуждают активность человека.

5.3 Условия безопасной работы

Основные параметры, характеризующие условия труда это: микроклимат, шум, вибрация, электромагнитное поле, излучение, освещённость.

Микроклимат - комплекс физических факторов внутренней среды помещений, оказывающий влияние на тепловой обмен организма и здоровье человека. К микроклиматическим показателям относятся температура, влажность и скорость движения воздуха, температура поверхностей ограждающих конструкций, предметов, оборудования, а также некоторые их производные. Оптимальные и допустимые параметры микроклимата представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Оптимальные и допустимые параметры микроклимата.

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Параметр микроклимата	Величина
Холодный	Іб (140-174)	Температура воздуха в помещении Относительная влажность Скорость движения воздуха	21-23°С 40-60% до 0,1м/с
Теплый	Іб (140-174)	Температура воздуха в помещении Относительная влажность Скорость движения воздуха	22-24°С 40-60% 0,1-0,2м/с

5.3.1 Темпеатура

Неблагоприятные условия могут вызывать перенапряжение механизма терморегуляции, что ведет к перегреву или переохлаждению организма. 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. Высокая относительная влажность при высокой температуре воздуха способствует перегреванию организма, при низкой температуре увеличивается теплоотдача с поверхности кожи. Низкая влажность вызывает неприятные ощущения в виде сухости слизистых оболочек дыхательных путей работающего.

5.3.2 Воздействие излучения

Вычислительная техника является источником существенных тепловыделений, что может привести к повышению температуры и снижению относительной влажности в помещении. В помещениях, где установлены компьютеры, должны соблюдаться определенные параметры микроклимата. В санитарных нормах СН-245-71 установлены величины параметров микроклимата, создающие комфортные условия. Эти нормы устанавливаются в зависимости от времени года, характера трудового процесса и характера производственного помещения [45].

Научно-исследовательская работа выполнялась с помощью персональных компьютеров. При этом основным вредным фактором для инженера-исследователя является электромагнитное излучение, которое влияет на костные ткани, ухудшает зрение, повышает утомляемость, а также может вызвать ослабление памяти и возникновение онкологических заболеваний.

Таблица 5.3 - Временные допустимые уровни (ВДУ) электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах.

Наименование параметров		ВДУ
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	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл

потока	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Безопасные уровни излучений регламентируются нормами СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 и представлены в таблице 5.3. Для того, чтобы снизить вредное влияние электромагнитного излучения при работе с ПК необходимо соблюдать следующие общие гигиенические требования:

1. Продолжительность непрерывной работы взрослого пользователя не должны превышать 2 часов в зависимости от возраста. В процессе работы желательно менять тип и содержание деятельности, например, чередовать редактирование и ввод данных. и их считывание. Санитарными нормами предусматриваются обязательные перерывы в работе на ПК, во время которых рекомендуется делать простейшие упражнения для глаз, рук и опорно-двигательного аппарата.

2. Рабочее место с ПК должно располагаться по отношению к оконным проемам так, чтобы свет падал сбоку, предпочтительнее слева. При наличии нескольких компьютеров расстояние между экраном одного монитора и задней стенкой другого должно быть не менее 2 м, а расстояние между боковыми стенками соседних мониторов – 1,2 м. Экран монитора должен находиться от глаз пользователя на оптимальном расстоянии 60÷70 см, но не ближе 50 см

3. Для ослабления влияния рассеянного рентгеновского излучения (предельно допустимая доза облучения 0,5-0,7 мбэр) от монитора ПК рекомендуется использовать защитные экраны из металлической сетки и металлических прутков в виде навесов, козырьков, и допустимая величина защитного сопротивления заземления экранирующих устройств не должна быть более 40м [46].

5.3.3 Вредные вещества

Пыль – это мельчайшие твердые частицы, которые могут находиться в воздухе в течение длительного времени во взвешенном состоянии. В данной

работе большая запыленность отмечается при шлифовке образцов даже при наличии пылеотсасывающих устройств. Велика запыленность при работе со свободными шлифовальными установками. Значительно снижается запыленность воздуха при применении влажных способов шлифовки.

5.3.4 Шум

Шум – совокупность аperiodических звуков различной интенсивности и частоты. С физиологической точки зрения шум – это всякий неблагоприятный воспринимаемый звук. В результате этого ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе. Шум может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, осветительными приборами дневного света, а также проникать извне. При выполнении работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБ. Для снижения уровня шума стены и потолок помещений, где установлены компьютеры, могут быть облицованы звукопоглощающими материалами. Уровень вибрации в помещениях вычислительных центров (ВЦ) может быть снижен путем установки оборудования на специальные виброизоляторы [45].

5.3.5 Освещение

Важное место в комплексе мероприятий по созданию условий труда, работающих с ПЭВМ, занимает создание оптимальной световой среды, т.е. рациональная организация естественного и искусственного освещения помещения и рабочих мест.

Правильно спроектированное и выполненное производственное освещение улучшает условия зрительной работы, снижает утомляемость, способствует повышению производительности труда, благотворно влияет на производственную среду, оказывая положительное психологическое

воздействие на работающего, повышает безопасность труда и снижает травматизм [46].

Недостаточность освещения приводит к напряжению зрения, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной утомленности. Чрезмерно яркое освещение вызывает ослепление, раздражение и резь в глазах. Неправильное направление света на рабочем месте может создавать резкие тени, блики, дезориентировать работающего.

Требования к освещенности в помещениях, где установлены компьютеры:

- при выполнении зрительных работ высокой точности общая освещенность должна составлять 300лк, а комбинированная - 750лк; аналогичные;

- при выполнении работ средней точности - 200 и 300 лк соответственно.

Кроме того, все поле зрения должно быть освещено достаточно равномерно – это основное гигиеническое требование. Иными словами, степень освещения помещения и яркость экрана компьютера должны быть примерно одинаковыми, т.к. яркий свет в районе периферийного зрения значительно увеличивает напряженность глаз и, как следствие, приводит к их быстрой утомляемости.

5.4 Химическая безопасность

Лаборатория, в которой проводились эксперименты, характеризуются наличием значительного количества вредных для человеческого организма паров, газов и пыли различных химических веществ.

Приведем предельно допустимые концентрации (ПДК) некоторых химических веществ в воздухе помещения в таблице 5.4:

Таблица 5.4 – ПДК химических веществ

Наименование вещества	ПДК р.з., мг/м ³
Соляная кислота	1,0
Уксусная кислота	5,0
Спирт	5,0
Щелочи	0,5

Используемый раствор уксусной кислоты и щелочи представляют собой едкие вещества, с особыми токсичными действиями. Вдыхание паров кислоты вызывает затруднение дыхания, кашель, поражая дыхательные пути и слизистые оболочки. Раствор щелочи, при попадании на кожу быстро проникает вглубь тканей, вызывает покраснение, образование пузырей.

При работе с уксусной кислотой и щелочью следует соблюдать следующие правила техники безопасности:

- хранить концентрированную кислоту (КК) и щелочи следует в вытяжном шкафу в прочной посуде на поддоне;
- все работы с КК и щелочами нужно проводить в вытяжном шкафу;
- разбавление кислот следует проводить в тонкостенной стеклянной или фарфоровой посуде, при этом кислоту следует приливать к воде небольшими порциями. Нельзя приливать воду к КК, так как в этом случае выделяется большое количество теплоты. Вода, как менее плотное вещество, вскипает на поверхности кислоты, и жидкость может быть выброшена из сосуда. Разливать кислоты следует обязательно через воронку, предохраняя глаза с помощью защитных очков. Наклонять большую бутылку с КК следует приподняв ее с пола вдвоем;
- нельзя добавлять концентрированную уксусную кислоту в толстостенные стеклянные приборы;
- остатки кислот и щелочей сливают в специальную хорошо закрывающуюся и небыющуюся пластмассовую емкость.

Лабораторное помещение, помимо общей приточно-вытяжной вентиляции, должны быть оборудованы вентиляционными устройствами для отсоса воздуха из установки для модифицирования пленок. Рабочие столы и вытяжные шкафы, предназначенные для работы с органическими растворами – должны быть покрыты антикоррозионным материалом.

5.5 Электробезопасность

Электронасыщенность современного производства формирует электрическую опасность, источником которой могут быть электрические сети, электрифицированное оборудование и инструмент, вычислительная и организационная техника, работающая на электричестве [47].

Для проведения опытов использовали различные электрооборудования и электроприборы. Микротвердость измеряли на микротвердомере Duramin 5, микроструктуру сплава изучали при помощи прсвеющего электронного микроскопа JEM-2100 с ускоряющим напряжением 300 кВ, а растяжение образцов проводили со скоростью $3,5 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ на установке Instron 3369.

Оператор ЭВМ работает с электроприборами: компьютером (дисплей, системный блок и т.д.) и периферийными устройствами. Существует опасность электропоражения в следующих случаях:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ЭВМ;

- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей ЭВМ);

- при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;

- при коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания и блоке дисплейной развёртки.

Правила работы с электрическими приборами в лаборатории:

- Нельзя переносить с места на место включенные в электросеть приборы, а также ремонтировать электрооборудование, находящиеся под током.

- В случае перерыва в подаче тока все электроприборы следует немедленно выключить.
- При работе с легковоспламеняющимися жидкостями (стирол, толуол) допускается применять электронагревательные приборы только с закрытой спиралью с асбестовым покрытием.
- Все электронагревательные приборы должны быть размещены на термоизоляционном материале – асбестовом покрытии, керамических плитках и т.д.

Основными техническими средствами защиты являются защитное заземление и защитное отключение.

Защитное заземление предназначено для устранения опасности поражения электрическим током в случае прикосновения к корпусу и к другим нетоковедущим частям электроустановок, оказавшимся под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам. При этом все металлические нетоковедущие части электроустановок соединяются с землей с помощью заземляющих проводников и заземлителя.

Для заземления оборудования в первую очередь используют естественные заземлители: железобетонные фундаменты, а также расположенные в земле металлические конструкции зданий и сооружений.

Системой защитного отключения называется быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки при возникновении в ней опасности пробоя на корпус.

Системы защитного отключения обеспечивают наибольшую электробезопасность при прикосновении к корпусам электроустановок. Но применяются они только в сочетании с защитным заземлением и защитным занулением.

Помещение, в котором проводится работа, относится к группе помещений без повышенной опасности: сухое (влажность воздуха не превышает 75%), не жаркое (температура не превышает 28 °С), с токонепроводящими полами, без токопроводящей пыли. Все провода,

подводящие напряжение к электрооборудованию, электроизолированы и находятся в заземленной металлической оплетке. Рубильник распределительного щитка имеет пластмассовый кожух. Также имеются отключающие автоматы. Выполнен контур защитного заземления из стальной полосы сечением 30 мм² по периметру помещения. Все электрические приборы в лаборатории заземлены.

5.6 Пожарная безопасность

Согласно, в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д. Так как помещение по степени пожаровзрывоопасности относится к категории В, т.е. к помещениям с твердыми сгорающими веществами, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий [47].

Возможные причины загорания:

- неисправность токоведущих частей установок;
- работа с открытой электроаппаратурой;
- короткие замыкания в блоке питания;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей и т.п.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на: организационные, технические, эксплуатационные и режимные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации приведен на рисунке 5.2.

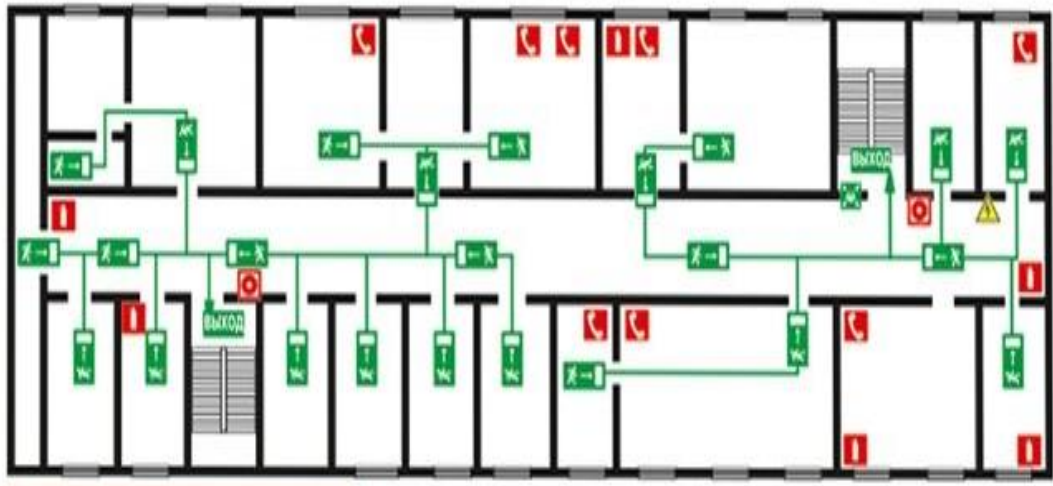


Рисунок 5.2 - План эвакуации из рабочего помещения

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

К режимным мероприятиям относятся, установление правил организации работ, и соблюдение противопожарных мер.

Для предупреждения возникновения пожара от коротких замыканий, перегрузок и т. д. необходимо соблюдение следующих правил пожарной безопасности:

- исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);

- применение при строительстве и отделке зданий негорюемых или трудно сгораемых материалов;

- правильная эксплуатация оборудования (правильное включение оборудования в сеть электрического питания, контроль нагрева оборудования);

- правильное содержание зданий и территорий (исключение образования источника воспламенения - предупреждение самовозгорания веществ, ограничение огневых работ);

- обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности;

- издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации;
- соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения;
- правильное размещение оборудования;
- своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

В целях предупреждения возникновения пожара в лабораториях проводятся следующие мероприятия:

- помещения постоянно содержатся в чистоте и порядке;
- курение разрешено только в специально оборудованных местах, где имеются урны и ванночки с водой; эти места обозначены табличкой “Место для курения”;
- проходы, выходы и лестницы постоянно содержатся в хорошем состоянии, не загромождаются и имеют свободный проход для людей и эвакуации оборудования лабораторий;
- спецодежда обслуживающего персонала хранится в специально предназначенном для нее месте;
- все лаборатории и другие помещения обеспечены первичными средствами пожаротушения;
- работа в лаборатории с легковоспламеняющимися и горючими веществами без наличия проточно-вытяжной вентиляции строго воспрещается;
- запрещается в лаборатории оставлять без присмотра включенные приборы и оборудование.

При возникновении аварийной ситуации необходимо:

Сообщить руководству (дежурному).

Позвонить в соответствующую аварийную службу или МЧС – тел. 112.

Принять меры по ликвидации аварии в соответствии с инструкцией.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

По теме магистерской работы опубликовано 2 статьи в рецензируемых изданиях.

1. Yurii P. Sharkeev, Anna Yu. Eroshenko, Pavel V. Uvarkin, Alexey I. Tolmachev, and Nesibeli K. Akhmetova. Microstructure stability and mechanical properties of ultrafine-grained zirconium alloy under prolonged thermal exposure // AIP Conference Proceedings. 2016. 1783, P. 020205-1–020205-4; <http://dx.doi.org/10.1063/1.4966499>.

2. Майрамбекова А., Ахметова Н.К. Формирование биоинертных ультрамелкозернистых сплавов на основе титана, ниобия и циркония / Сборник научных трудов XIV Международной конференции студентов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук». 25-28 апреля 2017 г. – г. Томск, Россия.