

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

---

Школа Инженерная школа ядерных технологий  
Направление подготовки 16.04.01 «Техническая физика»  
Отделение школы Научно-образовательный центр Б.П. Вейнберга

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ БИОИНЕРТНЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ TI-NB

УДК 669.295+669.293-021.29-048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОДМ61	Емельянов Александр Николаевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ИШФВЭП, зав. лаб. ФНБ ИФПМ СО РАН	Шаркеев Ю.П.	д.ф.-м.н., профессор		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

Научный консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Вед.технолог ИФПМ СО РАН	Глухов И.А.			

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Меньшикова Е.В.	к.филос.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
НОЦ Б.П. Вейнберга	Кривобоков В.П.	д.ф.-м.н.		

Томск – 2018 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
Р7	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
Р8	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
Р9	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>		
Р10	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
Р11	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
Р12	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»**

---

Школа Инженерная школа ядерных технологий  
Направление подготовки 16.04.01 «Техническая физика»  
Отделение школы Научно-образовательный центр Б.П. Вейнберга

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

магистерской диссертации
--------------------------

Студенту:

Группа	ФИО
ОДМ61	Емельянову Александру Николаевичу

Тема работы:

<b>Исследование структуры и свойств биоинертных сплавов системы Ti-Nb</b>
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Медицинские материалы</li><li>2. Свойства биоинертных сплавов</li><li>3. Материал исследований: Ti-40Nb после двухэтапного метода ИПД</li></ol>
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Исследовать микроструктуру сплава Ti-40Nb в УМЗ состоянии, сформированного комбинированным методом интенсивной пластической деформации (abc – прессованием и прокаткой).</li><li>2. Экспериментально определить интервалы термостабильности структуры и механических свойств сплава Ti-40Nb в УМЗ состоянии,</li><li>3. Определить основные механические характеристики сплава Ti-40Nb в УМЗ состоянии</li></ol>

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
«Современные материалы для медицинских приложений и способы увеличения их механических характеристик», «материалы и методы исследований», «микроструктура, термостабильность и механические свойства сплава Ti-40Nb»	Глухов И.А.
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Меньшикова Е.В.
«Социальная ответственность»	Гоголева Т.С.
По иностранному языку	Кабрышева О.П.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
2.1 Материал исследований	
2.2 Подготовка образцов для металлографических исследований	
2.3 Методы оптической и электронной микроскопии	
2.4 Методика расчета среднего размера зерна	

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор, зав. лаб. ФНБ ИФПМ СО РАН	Шаркеев Ю.П.	д.ф.-м.н., профессор		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОДМ61	Емельянов А.Н.		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
ОДМ61	Емельянову Александру Николаевичу

<b>Школа</b>	<b>ИЯТШ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Б.П. Вейнберга</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	16.04.01 «Техническая физика»

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

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

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

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Разработка анализа конкурентоспособности
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	Планирование работ; построение иерархической структуры ВКР
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Таблица проведения ВКР,

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

1. *Оценка конкурентоспособности технических решений*
2. *Матрица SWOT*
3. *График проведения и бюджет НТИ*

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Меньшикова Е.В.	к. филос.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
ОДМ61	Емельянов А.Н.		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа ОДМ61	ФИО Емельянову Александру Николаевичу
-----------------	--

Школа	ИЯТШ	Отделение школы (НОЦ)	Б.П. Вейнберга
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	16.04.01 «Техническая физика»

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

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

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

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

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

### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЯТЦ	Гоголева Т.С.	К.ф.-М.Н.		

### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОДМ61	Емельянов А.Н.		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 99 с., включает 21 рисунок, 30 таблиц, 67 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: сплав системы Ti-Nb, интенсивная пластическая деформация, модуль упругости, ультрамелкозернистое состояние.

Объектом исследования является сплав системы Ti-Nb полученный комбинированным методом интенсивной пластической деформации (abc – прессование и прокатка).

Цель работы – исследование термостабильности структуры и механических свойств сплава системы Ti - 40 масс.%Nb (Ti40Nb) в УМЗ состоянии, сформированного комбинированным методом интенсивной пластической деформации.

В процессе исследования решались следующие задачи:

1) исследовать микроструктуру сплава Ti40Nb в УМЗ состоянии, сформированного комбинированным методом интенсивной пластической деформации (abc – прессованием и прокаткой);

2) определить основные механические характеристики сплава Ti40Nb в УМЗ состоянии;

3) экспериментально определить интервалы термостабильности структуры и механических свойств сплава Ti40Nb в УМЗ состоянии.

В первой главе представлен литературный обзор и рассмотрены требования к материалам, применяемым в медицине, современные материалы для медицинского применения и способы повышения механических характеристик. Вторая глава посвящена методам исследования. В ней отражены основные стадии подготовки образцов для исследований и примененные для исследований методы. В третьей главе приведены экспериментально полученные данные о термостабильности структуры и свойств УМЗ состояния сплава Ti40Nb и приведены основные выводы. В четвертой и пятой главе описаны разделы финансовый менеджмент,



ресурсоэффективность и ресурсосбережение, социальная ответственность. Рассчитана стоимость сырья и материалов, размер окладов и выплат исполнителям проекта. Показан план работы; иерархическая структура ВКР. Описаны возможные вредные и опасные производственные факторы. Проведен анализ электробезопасности и пожаробезопасности.

Область применения: медицинское материаловедение, протезирование.

<b>Оглавление</b>	
<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	13
<b>1 СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ И СПОСОБЫ УВЕЛИЧЕНИЯ ИХ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК</b> .....	15
1.1 Требования, предъявляемые к имплантатам.....	15
1.2 Металлические биоматериалы.....	16
1.3 Современные металлические биоматериалы .....	18
1.4 Фазовые превращения в системе Ti-Nb.....	19
1.5 Методы интенсивной пластической деформации для получения ультрамелкозернистого состояния сплавов .....	21
<b>2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ</b> .....	24
2.1 Материал исследований .....	24
2.2 Подготовка образцов для металлографических исследований.....	25
2.3 Методы оптической и электронной микроскопии .....	28
2.4 Методика расчета среднего размера зерна.....	32
2.7 Измерение микротвердости .....	34
2.8 Испытания на растяжение.....	35
<b>3 МИКРОСТРУКТУРА, ТЕРМОСТАБИЛЬНОСТЬ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВА TI-40NB</b> .....	37
3.1 Влияние отжига на микроструктуру сплава.....	37
3.2 Влияние высокотемпературного отжига на механические свойства сплава .....	45
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	49
<b>4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ</b> .....	51
4.1 Предпроектный анализ .....	51
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	51
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	51
4.1.3 SWOT – анализ.....	53
4.2 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	57

4.3	Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования .....	59
4.4	Инициация проекта .....	60
4.4.1	Ограничения и допущения проекта .....	63
4.5	Планирование управления научно-техническим проектом .....	64
4.5.1	Иерархическая структура работ проекта.....	64
4.5.2	Контрольные события проекта.....	64
4.6	План проекта.....	65
4.7	Бюджет научно-исследовательского проекта .....	67
<b>5</b>	<b>СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....</b>	<b>74</b>
5.1	Анализ вредных и опасных факторов, создаваемые объектом исследования .....	75
5.2	Обоснование мероприятий по защите исследования от действия опасных и вредных факторов .....	77
5.2.1	Организационные мероприятия .....	77
5.2.2	Организация рабочего места оператора ПК.....	78
5.3	Условия безопасной работы .....	80
5.4	Химическая безопасность .....	85
5.5	Электробезопасность .....	87
5.6	Пожарная безопасность .....	89
	<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>93</b>

## Обозначения и сокращения

ИПД – интенсивная пластическая деформация

УМЗ – ультрамелкозернистая структура

Ti40Nb – сплав титана с содержанием 40 мас.%ниобия

КГД – кручение под высоким давлением

РКУП – равноканальное угловое прессование

ПЭМ – просвечивающая электронная микроскопия

$\sigma_B$  – предел прочности

$\sigma_{0.2}$  – предел текучести

МП – мартенситное превращение

ПФ – память формы

СЭ –сверхэластичность

## ВВЕДЕНИЕ

К современным материалам для имплантатов применяются требования не только по их биосовместимости и высоким механическим характеристикам, но и по механической совместимости с костной тканью [1]. Это означает, что материал имплантата по своим свойствам должен быть как можно ближе к костной ткани.

В настоящее время успешное применение в медицине находят вентильные биоинертные металлы – титан, цирконий, ниобий и их сплавы. Титан и его сплавы широко используются в качестве материалов для медицинских имплантатов из-за биосовместимости, высокой коррозионной стойкости и хороших механических свойств [1-3].

Наиболее распространенным материалом для имплантатов, устанавливаемых на длительный срок, является технически чистый титан марок ВТ1-0 и ВТ1-00, так как в нем отсутствуют вредные для организма примеси [1-5]. Однако модуль упругости у титана медицинского назначения находится в пределах 100-120 ГПа, что значительно выше модуля упругости костной ткани (15-55 ГПа) [6]. Низкий модуль упругости материала имплантата, сопоставимый с модулем упругости для костной ткани, позволяет осуществлять равномерное распределение деформаций и механических напряжений в системы «кость-имплантат». В качестве материала имплантата представляет наибольший интерес применение биоинертных титановых  $\beta$ -сплавов, например, сплавов систем Ti-Nb или Ti-Nb-Zr с низким модулем упругости. Легирование титана ниобием до 40-45 мас. % позволяет уменьшить модуль упругости до 55 ГПа, что сопоставимо с модулем упругости кости, но при этом происходит снижение прочностных характеристик [6-7].

Исходя из вышесказанного и обзора научной литературы была поставлена общая цель данной работы: исследовать термостабильность структуры и механических свойств сплава системы Ti - 40 мас.%Nb (Ti40Nb) в

УМЗ состоянии, сформированного комбинированным методом интенсивной пластической деформации.

Для реализации поставленной цели было необходимо решить задачи:

1) исследовать микроструктуру сплава Ti40Nb в УМЗ состоянии, сформированного комбинированным методом интенсивной пластической деформации (abc – прессованием и прокаткой);

2) определить основные механические характеристики сплава Ti40Nb в УМЗ состоянии;

3) экспериментально определить интервалы термостабильности структуры и механических свойств сплава Ti40Nb в УМЗ состоянии.

# **1 СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ И СПОСОБЫ УВЕЛИЧЕНИЯ ИХ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК**

## **1.1 Требования, предъявляемые к имплантатам**

Тот факт, что протезы, как правило, располагаются внутри тела и контактируют с жидкостями, накладывает резкое ограничение на ряд материалов, которые могут использоваться в имплантационных целях.

При создании медицинских имплантатов необходимо учитывать некоторые свойства [3]:

1) биосовместимость (реакция тканей организма; неизменность физических, механических и химических свойств материала; локализация вредного воздействия на организм при старении материала);

2) механические свойства (модуль упругости, эластичность, предел текучести, пластичность, ударная вязкость, деформация со временем, ползучесть, предел прочности, усталостная прочность, твердость, износостойкость);

3) технологичность (экономичность и эффективность методов производства, качество исходных материалов, превосходная техника для получения обработанной поверхности или текстуры, возможность безопасной и эффективной стерилизации материала, цена продукта, хорошая обрабатываемость).

Одно из важнейших свойств материала для имплантата - биосовместимость, то есть способность материала функционировать, вызывая адекватный отклик - не быть токсичным, не вызывать отрицательных иммунных и других реакций со стороны организма, не отторгаться организмом как инородное тело.

В 80х-90х годах предполагалось, что материал для имплантата должен быть биоинертным, однако в настоящее время ученые придерживаются идеи

биоактивного материала, который соединяется с биологическими молекулами и восстанавливает ткани [8]. В случае кости желательно, чтобы материал был остеоиндуктивным (способствующим развитию osteoобразующих клеток из окружающих некостных тканей на его поверхности материала), остеокондуктивным (поддерживающим рост кости) и способным к остеоинтеграции (способствовать нарастанию костной ткани на имплантат). Для достижения этой цели на металлические имплантаты наносятся различные биорезорбируемые покрытия [9].

В идеале, согласно принципам костной инженерии, искусственный материал должен полностью рассасываться (резорбироваться) и заменяться со временем регенерированной биологической тканью.

Для производства костных имплантатов большое значение имеет модуль упругости имплантируемого материала [10]. В паре «металл - кость» при механических воздействиях основную нагрузку на себя берет более высокомодульный металл, а кость адаптируется к резко снизившейся на нее нагрузке, и, как результат, прекращается рост и обновление клеток костной ткани. Как следствие, низкомодульные имплантационные материалы являются особенно востребованными.

## **1.2 Металлические биоматериалы**

На начальном этапе развития биоматериалов металлические имплантаты сталкивались с проблемами возникновения коррозии и недостаточными прочностными характеристиками. После появления нержавеющей стали 18/8 в 1920-х годах, которая в то время имела значительно более высокую коррозионную стойкость, по сравнению с предыдущими материалами, она сразу же привлекла внимание врачей [11]. После этого металлические имплантаты испытали обширное развитие и клиническое применение.



В современной истории металлы используются в качестве имплантатов уже более 50 лет, с момента открытия Бронемарком феномена остеоинтеграции [12].

Для использования в медицине сплавы должны обладать такими качествами, как коррозионностойкость, биоинертность или биосовместимость, а также иметь хорошие механические свойства [13]. Такими металлическими биоматериалами являются нержавеющие стали, драгоценные металлы, сплавы на основе Co, Ta, Gf, Zr, Nb, Ti и его сплавы.

Драгоценные металлы (Au, Ag, Pt и их сплавы) часто используются в стоматологии. Они обладают хорошей литейностью, пластичностью и стойкостью к коррозии. В состав стоматологических сплавов входит система AuAgCu, AuAgCu с добавлением Zn и Sn, известная как стоматологический припой, и система AuPtPd, используемая для ремонта фарфора и сплавов. Но такие металлы и сплавы очень дороги в производстве, что является проблемой в создании имплантов на их основе.

Чистый титан отличается своим небольшим весом. Его плотность составляет всего 4,5 г/см<sup>3</sup> по сравнению с 7,9 г/см<sup>3</sup> для нержавеющей стали 316 и 8,3 г/см<sup>3</sup> для литых сплавов CoCrMo [9].

Титан, легированный Ni образует сплавы с эффектом памяти формы, что делает их пригодными для различных применений, например для реставрации зубов [14].

Одним из перспективных сплавов, применяемым для создания медицинских имплантатов, являются сплавы на основе Ti, Al и V, которые обладают требуемыми прочностными характеристиками. Но на данный момент медицинские требования ограничивают использование сплавов, которые содержат токсические легируемые элементы (Al, V и др) [15,16].

Разработка передовых имплантатов постоянно налагает новые требования не только для дальнейшего упрочнения существующих материалов, но и для разработки новых материалов с низким уровнем модуля упругости [4]. Это позволит распределить деформацию имплантата и

исключить возможную неисправность в месте жесткой фиксации имплантата и кости.

Следовательно, наиболее предпочтительным является использование вентильных металлов, таких как Ti, Zr, Nb и их сплавов [17,18]

### 1.3 Современные металлические биоматериалы

Металлы, благодаря хорошему механическому поведению и высокой коррозионной стойкости, успешно используются в качестве биоматериалов уже многие годы. Более того, около 70 % современных имплантатов изготавливаются из металлов [19, 20]. Все металлические материалы, которые применяются в качестве замены костных тканей человека, можно разделить на несколько групп: коррозионностойкие стали (316L, 304, 444 и т.д.), сплавы на основе кобальта (Co-Cr, Co-Cr-Mo, Co-Cr-Pt и т.д.), титана (Ti-6Al-4V, Ti-6Al-7Nb, Ti-15Mo, Ti-45Nb, Ti-35Nb-7Zr-5Ta, золота (Au-Pt-Pd, Au-CuAg и т.д.) и технически чистые металлы (Ti, Ta, Au, Pt, Zr и т.д.) [19].

Основные механические характеристики биоматериалов представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Механические характеристики материалов для медицинских имплантатов [19-24]

Материал	Механические характеристики			
	E, ГПа	$\sigma_m$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %
Сталь	200 – 210	190 – 700	490 – 1350	12 – 55
Сплавы на основе Co	210 – 232	380 – 862	690 – 1535	12 – 35
Сплавы на основе Au	80 – 90	80 – 400	140 – 650	2 – 18
Сплавы на основе Ti	55 – 110	585 – 1060	690 – 1100	6 – 22
Чистый Zr	95 – 97	–	380 – 510	25
Чистый Ta	186 – 191	140	250 – 330	20 – 30
Чистый Ti	96 – 114	170 – 480	240 – 550	15 – 24

## 1.4 Фазовые превращения в системе Ti-Nb

На рисунке 1.1 приведена фазовая диаграмма системы Ti-Nb [24]. Эта диаграмма (а также аналогичные для других  $\beta$ -изоморфных систем на основе Ti, таких как Ti-Ta, Ti-V, Ti-W, Ti-Mo) характеризуются отсутствием интерметаллических фаз, приводящих к двухфазным областям, охватывая почти весь состав от Ti-обогащенных до Ti-обедненных сплавов. Следовательно, в  $\beta$ -изоморфных сплавах титана встречается высокая степень метастабильности, а микроструктура этих сплавов очень чувствительна к способу термической обработки. Это обстоятельство особенно справедливо для сплавов Ti-Nb, в котором коэффициент диффузии Nb в  $\beta$ -Ti-Nb экспоненциально уменьшается с содержанием Nb [25].

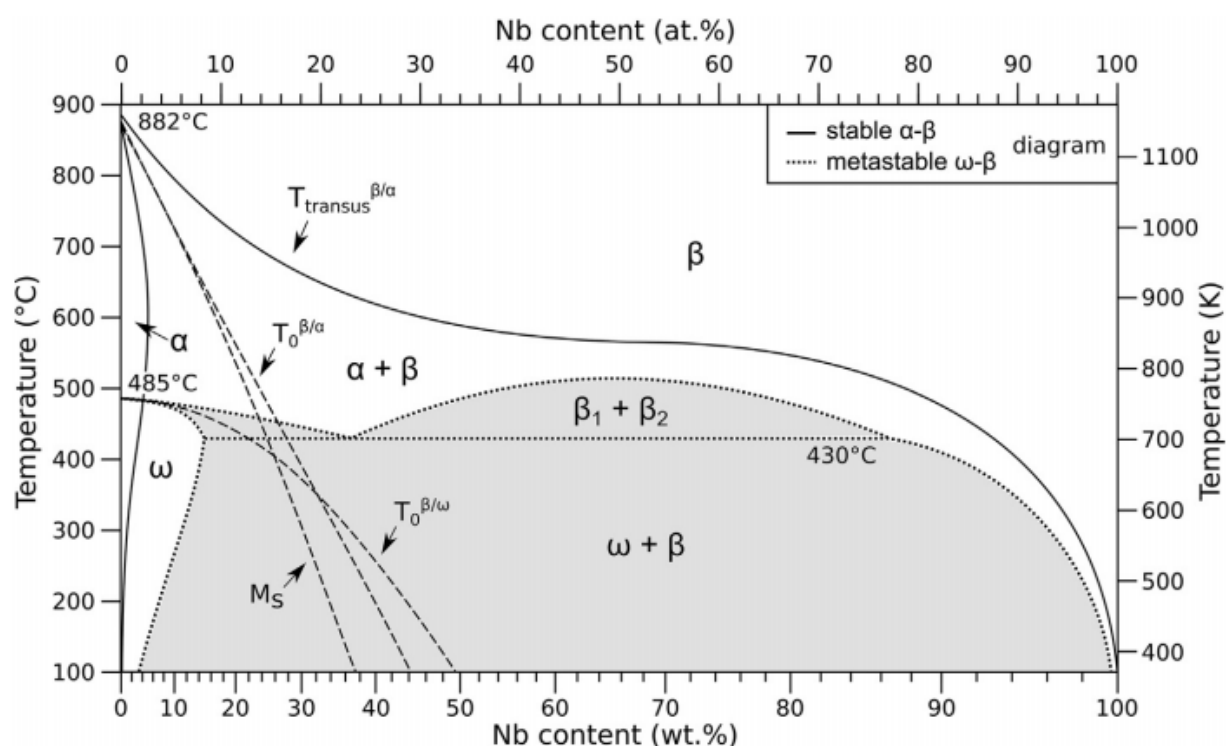


Рисунок 1.1 – Диаграмма состояния системы Ti-Nb

На диаграмме показано, что  $\alpha - \beta$  - аллотропное фазовое превращение для чистого титана происходит при 882 °С. Поскольку ниобий действует как сильный стабилизатор  $\beta$ -фазы, увеличение содержания ниобия приводит к значительному снижению температуры фазового превращения  $\alpha - \beta$ . Можно

видеть, что бинарные сплавы Ti-Nb с содержанием Nb более 40 мас.% могут сохранять  $\beta$ -фазу при очень низких температурах.

Среди мартенситных  $\alpha''$ - и  $\alpha'$ -,  $\omega$ - и  $\beta$ -фаз,  $\omega$ -фаза проявляет самый высокий модуль упругости [26, 27,28]. (подробное описание кристаллографии этих фаз в [29-34]). При атмосферном давлении  $\omega$ -фаза может образовываться из начальной  $\beta$ -фазы как в результате вытеснения, так и в результате диффузии в растворе [29,30,33,35,36]. Продукт вытеснения называют «атермальной» омегой  $\omega_{ath}$ , а продукт диффузии «изотермической» омегой  $\omega_{iso}$ . В то время как  $\omega_{ath}$  образуется в процессе закалки, для  $\omega_{iso}$  требуется необходимая термическая активация, т. е. воздействие достаточно высоких температур.  $\omega_{ath}$  представляют собой небольшие включения диаметром в несколько нм, которые однородно распределены в  $\beta$ -матрице. Во время старения эти включения, вытесняющие  $\beta$ -стабилизирующие атомы, могут вырасти в 10 или более раз. Границы  $\omega$ - и  $\beta$ -фаз могут выступать в качестве центров залегания образования  $\alpha$ -фазы во время старения, что позволяет формировать однородное распределение наноразмерных  $\alpha$ -частиц [37].

Достичь низкий модуль упругости ( $E < 70$  ГПа) для титановых сплавов с содержанием ниобия 16и 40мас.% можно только закалкой  $\beta$ -фазы, которая предотвращает появление высокомодульных  $\alpha$ - и  $\omega_{iso}$ -фаз. Закалка приводит к образованию  $\alpha''$ -мартенсита для Ti-16мас.%Nb, и к сохранению метастабильной  $\beta$ -фазы с некоторым количеством  $\omega_{ath}$ -фазы для Ti-40мас.%Nb [27,38].

Шанс на диффузионное образование  $\omega_{iso}$  в насыщенных мартенситных титановых  $\beta$ -стабилизированных сплавах больше, чем у обедненных  $\beta$ -сплавах [28,29,33,39]. Сочетание этого эффекта с медленной кинетикой диффузионных процессов в Ti-Nb [29,40] приводит к различным процессам разложения и способам осаждения закаленных метастабильных состояний в зависимости от содержания  $\beta$ -фазы и параметров термообработки, Осаждение  $\alpha$ - и/или  $\omega_{iso}$ - из  $\beta$ -фазы связано с обогащением  $\beta$ -фазы  $\beta$ -стабилизирующими элементами [29,39], тем самым снижая температуру МП. Эти процессы


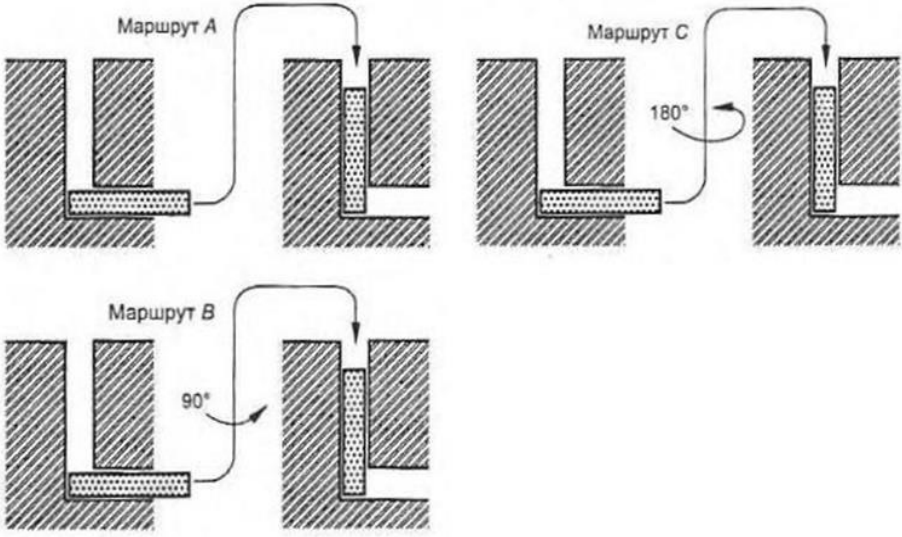
наделяют сплавы на основе Ti-Nb эффектом ПФ, восприимчивые к относительно быстрому функциональному ухудшению, несмотря на низкую диффузию Nb [39,41]. С другой стороны, контролируемое образование  $\alpha$ - и  $\omega_{iso}$ -фаз путем старения приводит к установлению  $\beta$ -фазы и, что является выгодным условием для предотвращения пластической деформации слабой  $\beta$ -фазы [42-45]. Поэтому подробное знание термических неустойчивостей и последовательностей осадков имеет решающее значение для разработки схем обработки материалов ПФ и СЭ на основе Ti-Nb, а также структурных компонентов с индивидуальным механическим поведением.

### **1.5 Методы интенсивной пластической деформации для получения ультрамелкозернистого состояния сплавов**

В настоящее время существует много проблем, связанных с развитием методов получения материалов с УМЗ состоянием. Процессы получения таких материалов достаточно трудоемки, трудности получения объемных заготовок ограничивают использование таких методов на практике. Многие из этих проблем можно преодолеть, используя эффективные методы обработки. Одним из методов повышения механических свойств металлов и сплавов является интенсивная пластическая деформация. Процесс ИПД определяется как процесс, в котором сверхмалые пластические деформации вводятся в объемный материал для значительного уменьшения размеров зёрен [47]. С помощью метода ИПД получают металлические материалы, в УМЗ состоянии с размером структуры в диапазоне 100-1000 нм или в наноструктурированном (НС) состоянии с размером зерна менее 100нм [48]. По сравнению с другими методами улучшения механических характеристик ИПД позволяет улучшить механическую прочность при сохранении низкого модуля упругости сплавов. Многие авторы указывают на то, что металлы и сплавы в УМЗ состоянии, производимые методом ИПД, обладают более высокими механическими и

физическими свойствами по сравнению с их крупнозернистыми аналогами [49-52]. В изучено большое количество различных методов ИПД, таких как деформация кручением под высоким давлением (КВД), равноканальное угловое прессование (РКУП), метод всестороннейковки (abc-прессование) и прокатка [47, 53-55]. Методы ИПД представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Методы ИПД

Метод ИПД	Графическое изображение метода
Деформация кручением под высоким давлением (КВД)	 <p>нагрузка</p> <p>верхний пуансон</p> <p>образец</p> <p>нижний пуансон</p> <p>кручение</p>
Равноканальное угловое прессование	 <p>Маршрут А</p> <p>Маршрут В</p> <p>Маршрут С</p> <p>180°</p> <p>90°</p>

<p>Метод всесторонней ковки (abc – прессование)</p>	
<p>Прокатка</p>	

Часто применение единственного метода ИПД не позволяет получить УМЗ и наноструктурное состояния и требуется применять их комбинацию [53]. В частности, комбинирование abc – прессования и прокатки дает возможность получить заготовки в ультрамелкозернистом состоянии.

## 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Материал исследований

В качестве материала исследования был выбран сплав Ti40Nb в УМЗ состоянии, которое было получено следующим образом. Перед деформационной обработкой заготовки сплава Ti40Nb в литом состоянии отжигали при температуре 1100 °С в течение 1 часа в аргоне с последующей закалкой в воду. Это приводило к образованию в сплаве дополнительных межфазных границ из-за появления  $\alpha''$ -мартенсита, по которым проходил деформационный процесс. Для формирования УМЗ структуры в исследуемых сплавах применяли комбинированный двухэтапный метод ИПД, состоящий из 3-х кратного авс-прессования в специальной  $\perp$  - образной пресс-форме на гидравлическом прессе МИСС 6000 (рис.2.1) и многоходовой прокатки на



Рисунок 2.1 – Технологический пресс МИС-6000.4К

прокатном стане [56]. После прокатки для снятия внутренних напряжений и повышения пластичности готовые прутки Ti40Nb отжигали при температуре



350°C в течение одного часа. В результате прокатки получали заготовки в форме прутков с размерами поперечного сечения (6×6×300) мм.

Исследование термостабильности проводилось на основе фотографий структуры, полученных на электронном микроскопе JEOL JEM-2100(ЦКП «НАНОТЕХ») и оптическом микроскопе Altami MET 1MT. Микротвердость измерялась на микротвердомере ПМТ-3. Испытания на растяжения проводили с помощью испытательной машины Walter+Bai AGLFM-125.

## **2.2 Подготовка образцов для металлографических исследований**

Процесс изготовления металлографических шлифов обычно включает следующие основные операции: 1) резку образца; 2) шлифовку; 3) полировку; 4) травление.

### *Резка образцов*

Подготовка образцов для исследований проводилась следующими методами. При изготовлении деталей одной из операций большинства технологических процессов является заготовительное разрезание. В процессе выполнения этой операции вырезается или отрезается заготовка с заданными геометрическими размерами, обеспечивающими равномерное распределение припуска и его постоянство для выполнения последующих технологических операций. Если деталь изготавливается из проката металла (пруток, профильный прокат, труба), то необходимо отрезать заготовку с заданным размером по длине; у литых деталей, чтобы производить последующую обработку, отрезают прибыли и литники. Обрабатываемая поверхность не должна иметь сколов, наплывов и трещин, т.е. дефектный слой должен быть минимальным [57,58].

Электроэрозионный процесс исключает появление подобных дефектов, а при разрезании проката или штамповок из титановых и жаропрочных сплавов уменьшается количество отходов из дорогостоящих материалов. Производительность электроэрозионного разрезания в 2-10 раз выше по

сравнению с механическим разрезанием труднообрабатываемых сплавов с помощью пилы Геллера. Электроэрозионное вырезание заготовок и разрезание проката труднообрабатываемых металлов нашло широкое применение в машиностроении.

Резка данного слитка проводилась электроэрозионным (электроискровым) методом на установке АРТА 151 (ЦКП «НАНОТЕХ»), фотография которой приведена на рисунке 2.2. Электроэрозионная резка осуществляется дисковым или ленточным инструментом в ванне с жидким диэлектриком (керосин, вода и др.).



Рисунок 2.2 – Установка для электроэрозионной резки АРТА 151

Диски, изготавливаемые из латуни или медно-графитовой массы, обладают невысокой стойкостью. Производительность процесса также невысока и сопоставима с производительностью фрезерования. Электроискровую резку целесообразно применять для разделки труднообрабатываемых высокопрочных и твердых сплавов, а также таких металлов, как тантал, вольфрам, молибден и др. Возможно получение точных по размерам заготовок, имеющих малое отношение длины к диаметру.

### *Шлифовка*

Шлифовка проводилась наждачной бумагой, основным параметром которой является зернистость. Под зернистостью подразумевается количество абразивных частиц, размещенных на квадратном сантиметре шкурки. Чем больше число на маркировке, тем мельче размер частиц абразива [59]. Шлифовка образцов проводилась, начиная с использования самой грубой шкурки с постепенным переходом на бумагу с меньшей зернистостью. Первичная шлифовка образцов производилась на наждачной бумаге Р600 в течение 15-20 минут. Переход осуществлялся по зернистости Р600 – Р1000 – Р1200 – Р1500 – Р2000.

### *Полировка*

Для устранения неровностей поверхности, которые остались после шлифовки производили процесс полировки. Была проведена полировка с использованием алмазной пасты АСМ28/20, АСМ 20/14 и АСМ14/10.

Обозначение дисперсности паст соответствует обозначению зернистости микропорошков, из которых они изготовлены. Зернистость алмазной пасты определяется по размерам основной фракции зерен и обозначается дробью, у которой числитель соответствует размеру стороны ячейки верхнего сита, через которое зерно проходит, а знаменатель — размеру стороны ячейки нижнего сита, на котором зерно задерживается [60].

Алмазная паста наносилась на сукно, после чего образцы полировались, начиная от пасты с большей зернистостью к меньшей. Затем, поверхность отполированного образца необходимо промыть, обезжирить и высушить. Для обезжиривания применялся спирт этиловый ( $C_2H_5OH$ ). Отполированный образец необходимо изучить под микроскопом. Изучение полированного шлифа до его травления позволяет определить наличие различных дефектов и неметаллических включений.

### *Травление*

Большинство способов выявления микроструктуры сводится к выявлению границ между фазами и к получению рельефа на поверхности

зерен. При этом удастся выявить качественное различие фаз, двойниковые образования, блочную структуру и ориентировку зерна относительно плоскости шлифа, а также взаимную ориентировку зерен [61].

При травлении под действием химических реагентов в чистых металлах и однофазных сплавах выявляются, прежде всего, границы между отдельными зернами. На границах зёрен кристаллическая структура искажена, поэтому сплав в этих местах растворяется кислотой быстрее, чем в местах упорядоченного расположения атомов. Образцы подвергались травлению с помощью травителя  $\text{HF-HNO}_3\text{-H}_2\text{O}$  в течение 5 секунд. Данный тип травителя выбирался на основе литературных данных [62]. После травления образцы промывались в колбе с дистиллированной водой и затем высушивались на бумаге.

### **2.3 Методы оптической и электронной микроскопии**

Основной задачей металлографических исследований является анализ структуры и дефектов, установление взаимосвязи между качественными и количественными характеристиками структуры. Металлография является методом качественного и количественного исследования структуры металлов и сплавов. Качественные методы исследования структуры позволяют описать тип, форму, размер и взаимное расположение обнаруженных фаз и структурных составляющих. Задача количественной металлографии состоит в изучении характеристик пространственного строения структуры путем измерения численных параметров микроскопического изображения. Основные операции количественной металлографии – подсчет, измерение и классификация элементов, находящихся в поле зрения (размер зерен, равноосность).

Исследования образцов проводятся с помощью микроскопов, работающих в отраженном свете [61].

Для проведения оптических съемок структуры использовался металлографический микроскоп Altami MET 1MT, представленный на рисунке 2.3. Altami MET 1MT оснащен цифровой USB камерой Altami разрешением 14 МПикс и программным обеспечением AltamiStudio [63].



Рисунок 2.3 – Altami MET 1MT

Световые лучи, отражающиеся от участков поверхности шлифа, приблизительно нормальных оптической оси микроскопа, попадают в объектив, а те лучи, которые отражаются от неровностей поверхности, не попадают в его поле. На конечном изображении, все отражающие свет участки, перпендикулярные оптической оси микроскопа оказываются светлыми, а участки, наклоненные к оси – темными. В некоторых случаях могут применять другие виды освещения: темное поле, косое освещение, "фазовый контраст", поляризованный свет [64].

Косое освещение обычно применяют при достаточно резком рельефе поверхности шлифа, так, как только при этом условии выступающие участки будут отбрасывать тень на остальную поверхность, которая дает меньшее отражение лучей [64].

В режиме темнопольного изображения в отличие от светлопольного свет не проходит через объектив. Темнопольное изображение является обратным по отношению к светлопольному (углубления и выступы становятся

светлыми на однородном темном фоне), поскольку в объектив попадают лучи, отраженные неровностями поверхности. Этот тип освещения дает высококонтрастные изображения, четко выявляет зернистую структуру металла, границы между отдельными фазами, натуральный цвет неметаллических включений и дефекты на отполированной поверхности микрошлифа (царапины, поры, трещины) [64].

Поляризованный свет используется на нетравленных образцах анизотропных материалов для изучения их микроструктуры и определения размер зерна. Этот метод позволяет также наблюдать интерметаллические фазы в легированных сталях. Но наиболее часто металлографическое исследование в поляризованном свете применяют для идентификации неметаллических включений в сталях, так как эти включения имеют характерные цвета или изменяют цвет при вращении предметного столика микроскопа [64].

Исследование микроструктуры сплава Ti-40Nb проводили на основе фотографий структуры, полученных на просвечивающем электронном микроскопе JEOL JEM-2100 (Токуо Воэки Лтд., Япония) (рис. 2.4). Исследования проводились на электронно-микроскопических объектах в виде тонких фольг, приготовленных из поперечного и продольного сечения заготовок после двухэтапного метода ИПД.



Рисунок 2.4 – Просвечивающий электронный микроскоп JEOL JEM-2100

JEM-2100 построен на основе просвечивающего электронного микроскопа JEM-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. JEM-2100 имеет улучшенную систему управления и более совершенную защиту от вибраций. Прибор управляется компьютером на базе операционной системы Windows [65].

На прибор можно устанавливать различные приставки: ЭДС и сканирующую приставку, 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.

JEM-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, которая 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, что дает возможность осуществить высокоточное 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.

## 2.4 Методика расчета среднего размера зерна

Измерение размера зерна проводили с помощью изображений микроструктуры, полученных на оптическом микроскопе Altami MET 1MT и 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. Возможен просмотр изображений впри крупных увеличениях, и что в особенности немаловажно, возможность проведение измерений линейкой размеров объектов с точностью  $10^{-4}$  м.

Расчет размеров зёрен производится по методу измерения длин хорд [61]. Метод основан на замере линейных размеров отрезков – хорд, отсекаемых границами зерен при пересечении их отрезком прямой. Целесообразно выделить направление преимущественной вытянутости зерен и провести измерения в направлении наибольшего и наименьшего размера. Отношение этих величин показывает величину равноосности зерен, которая рассчитывается, как:  $\frac{x_i}{x_{i+1}}$  (рис 2.5). Для получения более точных результатов количество измеряемых зерен составляло не менее 80. При измерении использовалось от 5 до 15 изображений микроструктуры. Затем результаты



измерений заносились в программу OriginPro 8, для построения гистограмм распределения по размерам элементов структуры.

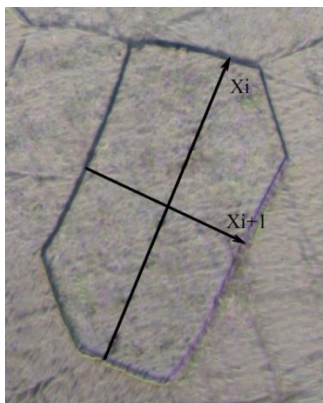


Рисунок 2.5– Метод определения размера зёрен и степени равноосности

Отклонение измерений рассчитывается по следующему порядку:

- 1) Результат каждого измерения записывается в таблицу.
- 2) Рассчитывается среднее значение из  $n$  измерений.
- 3) Рассчитывается погрешность отдельного измерения:  $\bar{x} = \sum x_i/n$ .
- 4) Вычисляются квадраты погрешностей отдельных измерений:

$$\Delta x_i = \bar{x} - x_i.$$

- 5) Определяют среднеквадратичную ошибку среднего

арифметического:  $S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum(\Delta x)^2}{n(n-1)}}$ .

- 6) Задаётся значение надёжности ( $P = 0.95$ ) и коэффициент Стьюдента  $t$  для заданной надёжности  $P$  и числа произведенных измерений  $n$  (для  $n > 180$   $t = 1.96$ ).

- 7) Находят доверительный интервал (погрешность измерения):  $\Delta x = S_{\bar{x}} \cdot t$ .

- 8) Границы доверительного интервала находят, как:  $\Delta x = \sqrt{(S_{\bar{x}} \cdot t)^2 + \delta^2}$ .

- 9) Окончательный результат записывают в виде:  $x = \bar{x} \pm \Delta x$ .

## 2.7 Измерение микротвердости

Микротвёрдость измеряли по методу Виккерса. Данный метод заключается во вдавливании алмазной пирамидки с углом в вершине  $136^\circ$  под нагрузкой. Твёрдость характеризует площадь получаемого отпечатка. Углубление происходит до тех пор, пока внешнее усилие не уравновесится с внутренними напряжениями, возникающими в материале. Чем больше величина этих напряжений, тем меньше углубится индентор в образец. После поднятия индентора в образце оставался отпечаток, возникший благодаря пластической деформации [66].

Продолжительность выдержки под нагрузкой составляла 10 - 15 сек. Расчет микротвердости производят по формуле 2.1. Величина твёрдости по Виккерсу определяется по формуле:

$$H_\mu = 1,854 \frac{P}{d^2} \quad (2.1)$$

где  $P$  – величина нагрузки;  $d^2$  – диагональ отпечатка.

Микротвёрдость образцов измеряли на микротвёрдомере ПМТ-3 (рис. 2.6) при нагрузке на индентор 100 г.



Рисунок 2.6 – Микротвердомер ПМТ-3

Прибор снабжен двумя объективами для просмотра микрошлифа при увеличениях в 478 и 135 раз. Окуляр увеличивает в 15 раз. Окулярный

микрометр имеет неподвижную сетку, отсчетный микрометрический барабанчик и каретку с подвижной сеткой. На неподвижной сетке длиной 5 мм нанесены штрихи с цифрами и угольник с прямым углом, вершина которого совпадает с цифрой 0. Для измерения микротвёрдости поверхность измеряемого образца подготавливали с помощью шлифовки и полировки.

## 2.8 Испытания на растяжение

Испытания на растяжение это один из основных и распространенных методов исследования и контроля механических свойств. Образцы изготавливаются по ГОСТ 25.502-79 и имели форму, показанную на рисунке 2.7.

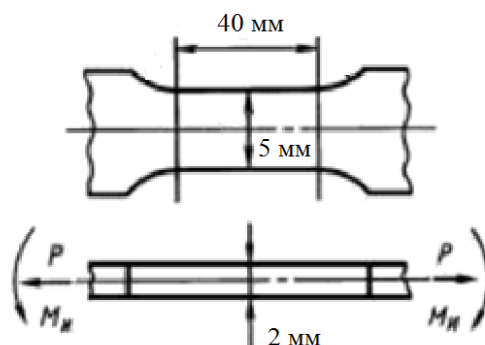


Рисунок 2.7– Формы и размеры образца для испытания на растяжение

Для испытания на растяжения образцы стандартных размеров закрепляют в специальных испытательных машинах и растягивают их до полного разрушения. Образцы испытывали на Walter+Bai AGLFM-125 (рис. 2.8) с усилением 125 кН.



Рисунок 2.8 – Испытательная машина Walter+Bai AGLFM-125

Данный прибор фиксирует 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».

## 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 <sub>ф</sub>	Б <sub>к</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к</sub>
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Биосовместимость с костной тканью	0,25	4	4	1	1
2. Надёжность	0,15	5	2	0,75	0,30
3. Пластичность	0,10	4	5	0,40	0,50
4. Технологичность	0,20	1	1	0,20	0,20
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность продукта	0,15	5	5	0,75	0,75
2. Цена	0,10	3	2	0,3	0,2
Итого	1	22	19	3,4	2,95

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в табл. 4.1, 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:

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

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B<sub>i</sub> – вес показателя (в долях единицы);

B<sub>i</sub> – 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.

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

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>
	<p>С1. Удобный способ получения микроструктуры титан-ниобиевых сплавов.</p> <p>С2. Метод ИПД позволяют получать заготовки со значительно более высокими механическими свойствами.</p> <p>С3. Ti-Nb сплавы в УМЗ состоянии не содержат токсичных элементов и</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</p>

	<p>обладают высокой коррозионной стойкостью.</p> <p>С4. Экологичность технологии.</p> <p>С5. Квалифицированный персонал.</p>	<p>оборудования для проведения испытания опытного образца.</p>
<p><b>Возможности:</b></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><b>Угрозы:</b></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>		

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	0

Факторы в таблице помечаются соответствие сильных сторон возможностям знаком плюс «+»; слабое соответствие знаком минус «-»; если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-» - ставят 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

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>
	<p>С1. Удобный способ получения микроструктуры титан-ниобиевых сплавов.</p> <p>С2. Метод ИПД позволяют получать заготовки со значительно более высокими механическими свойствами.</p> <p>С3. Ti-Nb 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>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><b>Возможности:</b></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>
<b>Угрозы:</b>	На сегодняшний день	Отсутствие спроса на

У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.	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.	новые технологии и оборудования, могут ограничить поступление финансовых средств.
У2. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции.		
У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.		

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 у 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».

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 сплавов Ti-Nb (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

<b>Цели проекта:</b>	Исследование микроструктуры и механических свойств сплава системы Ti-Nb методом интенсивной пластической деформации, изучение свойств циркониевых сплавов после долговременных отжигов
<b>Ожидаемые результаты проекта:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– получить циркониевые сплавы в УМЗ состоянии для исследования их механических свойств;</li> <li>– получить низкие модуль Юнга и модуль упругости для материалов имплантата.</li> </ul>
<b>Критерии приемки результата проекта:</b>	Эффективный и удобный метод получения сплавов для создания имплантатов с биоинертными свойствами.
<b>Требования к результату проекта:</b>	<b>Требование:</b>
	Высокая остеоинтеграция Ti-Nb сплавов для имплантата с костной тканью
	Низкий модуль упругости сплавов в УМЗ состоянии ( не менее 60 ГПа) схожий с костной тканью
	Сохранение термостабильности сплава после долговременных

	отжигов 400°С и 500°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		Руководитель по ВКР (НИР)	1. Разработка ТЗ на ВКР 2. Составление и утверждение технического задания 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 15 32 58 42 17 16
2		Исполнитель по научному исследованию	1. Выбор направления исследования и способов решения задач 2. Сбор и изучение научно-технической литературы 3. Теоретические и экспериментальные исследования	55 170 50



		4. Разработка методики экспериментальных исследований	75
		5. Проведение экспериментальных исследований	55
		6. Анализ и обработка полученных результатов	36
		7. Обобщение и оценка эффективности полученных результатов	18
		8. Оформление пояснительной записки	51
		9. Подготовка к защите ВКР	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	230471 руб.
3.1.1. Источник финансирования	ИФПМ СО РАН
3.2. Сроки проекта:	01.03.18-05.06.18
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	01.03.18
3.2.2. Дата завершения проекта	05.06.18

## 4.5 Планирование управления научно-техническим проектом

### 4.5.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной 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 записки; 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	1.03.2018	
1.1	Составление и утверждение технического задания	2.03-3.03.2018	Приказ о защитах ВКР
2	Выбор направления	04-	
2.1	исследования и способов решения задач	12.03.2018	
2.2	Сбор и изучение научно технической литературы	13.03-30.03.2018	Список литературы
3	Теоретические и экспериментальные исследования	31.04-20.04.2018	
3.1	Разработка экспериментальной установки и методики экспериментальных исследований	21.04-29.04.2018	Эксп.установка, методика
3.2	Проведение экспериментальных исследований	30.04-9.05.2018	Лабораторный журнал
3.3	Анализ и обработка полученных результатов	10-21.05.2018	Научные результаты
4	Обобщение и оценка	22.05-	
4.1	эффективности полученных результатов	30.05.2018	
4.2	Оформление пояснительной записки	01-7.06.2018	Магистерская диссертация
4.3	Подготовка к защите ВКР	8-13.06.2018	

#### 4.6 План проекта

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

Таблица 4.12 - Календарный план проекта

Код работ	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	4.03	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	31.03	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	1.06	7.06	дипломник
4.3	Подготовка к защите ВКР	5	8.06	13.06	дипломник
Итого, дн.		Руководитель		Дипломник	
		40,5		62,8	

#### 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 Ti-Nb	∅30x154 мм	1	110	110
Лабораторная химическая посуда	мл.	0,08	5000	400
Всего за материалы				706
Транспортно-заготовительные расходы (3-5 %)				35
Итого по статье См				741

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

№	Наименование оборудования	Общая стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Время использования, дни	Сумма амортизационных отчислений, руб.
1	Просвечивающий электронный микроскоп JEM-2100	45000000	6	2	24215
2	Испытательная машина Instron 3369	5700000	7,6	1	1943
3	Оптический микроскоп AltamiMet 1 МТ	2582000	12	10	13894
4	Микротвердомер ПМТ-3	165000	12	2	178
Итого по статье					40230

Таблица 4.16 - Группировка затрат по статьям

Затраты по статьям						
	Сырье, материалы	Специальное оборудование для научных работ	Основная заработная плата	Накладные расходы	Отчисления на социальные нужды	Итого плановая себестоимость
Руб.	741	40230	137890	10243	41367	230471

### Основная заработная плата

Таблица 4.17 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Дипломник
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней выходные дни и праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени Отпуск и невыходы по болезни	24	24
Действительный годовой фонд рабочего времени	223	223

Таблица 4.18 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Зб, руб.	кр	Зм, руб	Здн, руб.	Тр, раб.дн.	Зосн, руб.
Руководитель	36800	1,3	47840	2403	40,5	97321
Дипломник	9893		12861	646	62,8	40569

### Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

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

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

Таблица 4.19 - Отчисления на социальные нужды

	Руководитель	Дипломник
Зарплата, руб.	97321	40569
Отчисления на социальные нужды, руб.	29196	12171
Итого, руб.	41367	

### Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на электроэнергию. Стоимость 1 кВт/ч = 5,8р.

Таблица 4.20 – расходы на электроэнергию

Наименование оборудования	Дни работы	Часы работы	Мощность оборудования, кВт	Затраты на электроэнергию, р
Просвечивающий электронный микроскоп JEM-2100	2	10	20	2320
Испытательная машина Instron 3369	1	10	15	870
Оптический микроскоп AltamiMet 1 MT	10	60	2	6960
Микротвердомер ПМТ-3	2	4	2	93
Итого				10243

### 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

<b>Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)</b>	Низкая	Средняя	Высокая
<b>Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня</b>	Высокая	Средняя	Низкая

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

#### 4.8 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызывать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Таблица 4.22 – Реестр рисков

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска*	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Иммунная реакция на имплантат	Повторная операция	1	5	Средний	повышение биосовместимости материала	Недостаточная биосовместимость материала
2	Недостаточное финансирование	Увеличение сроков сдачи	1	3	Низкий	Получение дополнительных источников финансирования	Изменение политики предприятия в отношении данного



		проект а, прекращение исследования				х грантов на исследование	исследования,
--	--	---	--	--	--	------------------------------------	---------------

Исходя из представленной выше таблицы, вероятность наступления рисков мала, однако их влияние достаточно велико. Необходимо проводить дальнейшие исследования для еще большего снижения риска осложнений.

#### 4.9 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех и более вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как: этот показатель нужно рассчитать, сравнив стоимость своего проекта с аналогичным проектом

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}}$$

где – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость i-го варианта исполнения;

$\Phi_{\max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\Phi}^p = \frac{230471}{300000} = 0,77$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

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

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

где  $I_m$  – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го параметра;

$b_i^a$  и  $b_i^b$  – 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 4.23 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог
1. Способствует росту	0,1	5	4

производительности труда пользователя			
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	4	4
3. Проводимость	0,2	4	4
4. Механическая прочность	0,2	4	4
5. Химическая стабильность	0,2	5	4
6. Степень набухания	0,2	4	3
ИТОГО	1	4,3	3,8

$$I_m^p = 4,3, \quad I_m^a = 3,8.$$

Таблица 4.24 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,77	1,02
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,3	3,8
3	Интегральный показатель эффективности	5,58	3,72
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,5	

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

## 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 [67].

Опасным считается такой фактор среды, который при однократном кратковременном воздействии может привести к травме или гибели человека [67].

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 Ti-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 титан-ниобиевых сплавов методом интенсивной пластической деформации. Получение Ti-Nb сплавов в ультрамелкозернистом состоянии происходило двухэтапным комбинированным методом, который включал абс-прессование в сочетании с многоходовой прокаткой в ручьевых валках. Образцы шлифовали, полировали и травили для выявления микроструктуры, а также растягивали для получения механических характеристик. Для таких целей применялась испытательная машина для растяжения и микротвердомер, а также проводились химические реакции с растворами [62].

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 СО РАН) Лаборатория физики		Электрический ток	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно

наноструктурных биокomпозитов (шлифовка, полировка, работа на микроскопе JEM2100, микротвердомере и испытательной машине для растяжения Instron 3369)			допустимые уровни напряжений прикосновения и оков
	Воздействие радиации (ВЧ, УВЧ, СВЧ 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.

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

При работе на ПЭВМ и установке, действуют 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.

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

### 5.2.2 Организация рабочего места оператора ПК

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.

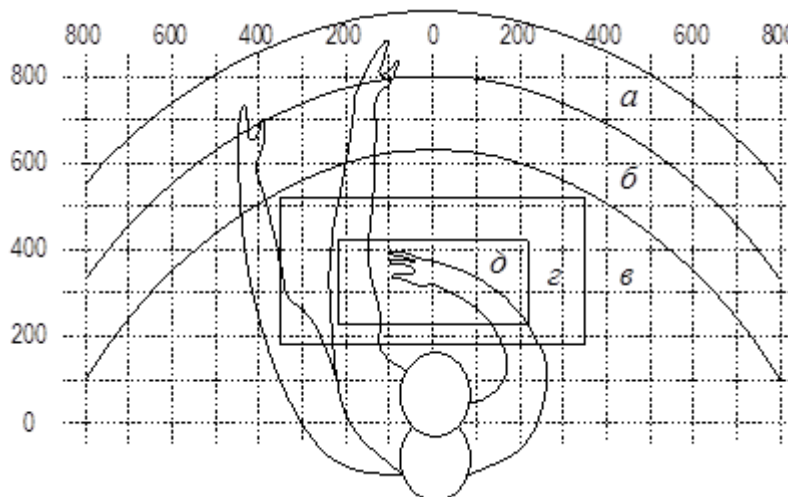


Рисунок 5.1 - Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости (а - зона максимальной досягаемости рук; б - зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в - зона легкой досягаемости ладони; г - оптимальное пространство для грубой ручной работы; д - оптимальное пространство для тонкой ручной работы.)

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 заглаблённым 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° к нормали экрана. Лучше если угол обзора будет составлять 30°. 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°. 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.

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 – это 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	Iб (140-174)	Температура воздуха в помещении	21-23°C
		Относительная влажность	40-60%
		Скорость движения воздуха	до 0,1м/с
Тёплый	Iб (140-174)	Температура воздуха в помещении	22-24°C
		Относительная влажность	40-60%
		Скорость движения воздуха	0,1-0,2м/с

### *Температура*

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.

### *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.

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 потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	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:

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.

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.

#### *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.

#### *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.

### *Освещение*

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.

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 <sup>3</sup>
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 небьющуюся 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.

Для проведения опытов использовали различные электрооборудования и электроприборы. Микроструктуру сплава изучали при помощи просвечивающего 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 мм<sup>2</sup> 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.

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.