

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

---

Физико-технический институт  
Направление подготовки - физика  
Кафедра общей физики

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Влияние водорода на механические свойства титанового сплава Ti-6Al-4V</b>

УДК 669.295:620.19

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б30	Цзян Синьмин		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Степанова Екатерина Николаевна	К. Т. Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Меньшикова Екатерина Валентиновна	Кандидат философских наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Волков Юрий Викторович	К. Т. Н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой общей физики	Лидер Андрей Маркович	к.ф.-м.н.		

Томск – 2017 г.

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

Физико-технический институт  
 Направление подготовки (специальность) - физика  
 Кафедра общей физики

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой  
 \_\_\_\_\_ Лидер А.М.  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ  
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
150Б30	Цзян Синьмин

Тема работы:

<b>Влияние водорода на механические свойства титанового сплава Ti-6Al-4V</b>
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>титановый сплав Ti-6Al-4V в исходном мелкозернистом состоянии. Образцы титанового сплава Ti-6Al-4V насыщаются водородом до различных концентраций. Испытания на одноосное растяжение.</p>				
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Обзор литературных источников;</li> <li>– Подготовка образцов;</li> <li>– Исследование влияния различных параметров наводороживания на скорости сорбции водорода в сплаве;</li> <li>– Анализ полученных результатов;</li> <li>– Социальная ответственность;</li> <li>– Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;</li> <li>– Заключение.</li> </ul>				
<p align="center"><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <table border="1"> <tr> <td align="center">Раздел</td> <td align="center">Консультант</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>		Раздел	Консультант		
Раздел	Консультант				

Социальная ответственность	Волков Юрий Викторович, доцент ЭБЖ ИНК
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Меньшикова Екатерина Валентиновна, доцент МЕН ИСГТ
Иностранный язык	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	06.02.2017
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Степанова Екатерина Николаевна	К. Т. Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б30	Цзян Синьмин		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
150Б30	Цзян Синьмин

<b>Институт</b>	<b>Физико-технический</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Общей физики</b>
<b>Уровень образования</b>	<b>Бакалавр</b>	<b>Направление/специальность</b>	<b>03.03.02 Физика</b>

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Определение стоимости ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых информационных и человеческих</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Знакомство и отбор норм и нормативов расходования ресурсов</i>
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Знакомство с системой налогообложения, со ставками налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>

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

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет.</i>
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Определение ресурсной, финансовой, экономической составляющей</i>

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

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	06.03.2017
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Меньшикова Екатерина Валентиновна	Кандидат философских наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
150Б30	Цзян Синьмин		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
150Б30	Цзян Синьмин

Институт	Физико-технический	Кафедра	Общей физики
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	03.03.02 Физика

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

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вредных проявлений факторов производственной среды (метеусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</li> <li>- опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li>- негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</li> <li>- чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</li> </ul>	<p>1. При работе на Gas Reaction Controller LPB фирмы Advanced Material Corporation на работников возможно воздействие следующих вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Микроклимат;</li> <li>- ПЭВМ.</li> </ul> <p>А также опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Электрическое напряжение;</li> <li>- Воздействие высокой температуры;</li> <li>- Эксплуатация газовых баллонов (аргон), работающих под давлением.</li> </ul> <p>2. При неисправности в работе Gas Reaction Controller LPB фирмы Advanced Material Corporation возможна утечка газа, возгорание, поражения электрическим током.</p>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>По данной теме рассматриваются законодательный и нормативные документы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- инструкция № 2-25 по охране труда при выполнении работ на установке Gas Reaction Controller;</li> <li>- инструкция № 2-14 по охране труда при работе с электрооборудованием напряжением до 1000 В;</li> <li>- инструкция № 2-07 по охране труда при работе с баллонами, работающими под давлением.</li> </ul> <p>Документы по воздействию ПЭВМ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- инструкция № 2-08 по охране труда при работе с ПЭВМ и ВДТ;</li> <li>- СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы;</li> <li>- ГОСТ Р 50948-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности;</li> <li>- ГОСТ Р 50949-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности;</li> <li>- ГОСТ Р 50923-96. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы</li> </ul>

	<p>измерения.</p> <p>Микроклимат:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные помещения. Параметры микроклимата в помещении;</li> <li>- ГОСТ 12.1.005 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;</li> <li>- СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.</li> </ul>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>- действие фактора на организм человека;</li> <li>- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>- предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul>	<p>1. Характеристика факторов изучаемой производственной среды, описывающих процесс взаимодействия человека с окружающей производственной средой:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Воздействие электрического напряжения на организм человека;</li> <li>- Воздействие высокой температуры на организм человека;</li> <li>- Воздействие химических веществ на дыхательные пути и организм человека в целом;</li> <li>- Утечка газа из баллона;</li> <li>- Микроклимат.</li> </ul>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>- термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>- пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>	<p>2. Анализ опасных факторов проектируемой производственной среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- электробезопасность (непосредственное питание установки от сети постоянного тока 220 В; средства защиты, предусмотренные конструкцией установки, соблюдение правил и инструкций по электробезопасности при работе);</li> <li>- термическая опасность (печь нагрева образцов; защита специальной конструкцией установки, изолирующие слои, соблюдение правил безопасности и эксплуатации установки);</li> <li>- пожаровзрывобезопасность (баллоны с газом; соблюдение правил безопасности и эксплуатации установки).</li> </ul>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- защита селитебной зоны</li> <li>- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>- анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>- анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>- разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p>3. Факторы рабочего места, влияющие на окружающую среду:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Выброс в атмосферу рабочего газа;</li> <li>- Выброс в атмосферу химических веществ;</li> </ul>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>- выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>- разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>- разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>- разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>	<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Утечка газа из баллона;</li> <li>- Возникновение возгорания;</li> <li>- Поражение оператора установки электрическим током;</li> <li>- разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p>	<p>5. Правовые вопросы обеспечения безопасности</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	
<b>Перечень графического материала:</b>	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	1. Схема расположения оборудования; 2. План размещения светильников на потолке рабочего помещения.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	<b>06.03.2017</b>
---	-------------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Волков Юрий Викторович	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б30	Цзян Синьмин		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 78 с., 27 рисунков, 20 таблица, 25 литературных источников, 0 приложений.

Ключевые слова: сплав титана, водородное охрупчивание, структурно-фазовое состояние, механические свойства.

Объектом исследований являлся двухфазный титановый сплав ( $\alpha+\beta$ ) типа Ti-6Al-4V (марки ВТ6) в мелкозернистом состоянии.

**Целью работы** является изучение строения, свойств, области применения титана и его сплавов и изучение влияния водорода на механические свойства сплава ВТ6.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи: определить фазовый состав сплавов при помощи рентгеноструктурного анализа; изучить особенности насыщения водородом до различных концентраций образцов сплава ВТ6 в мелкозернистом состоянии. Провести исследования механических свойств образцов сплава ВТ6 в исходных мелкозернистом состоянии и после насыщения водородом до различных концентраций методом одноосного растяжения при комнатной температуре.

В первой главе описаны области применения, химический состав титановых сплавов, дана классификация кристаллических решёток и влияние водорода на титановые сплавы.

Вторая глава преимущественно посвящена подготовке образцов, методам исследования структуры для определения структурно-фазового состояния и механических свойств, основным методам наводороживания.

В третьей главе экспериментально изучено влияние водорода на механические свойства титановых сплавов. Показано, что при наводороживании образцов титанового сплава ВТ6 водород находится в материале как в твердом растворе, так и в виде выделений гидридов.

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

В пятой главе описана социальная часть проведенного исследования.

Область применения: результаты работы могут быть применены для исследования влияния концентрации водорода на механические свойства титанового сплава Ti-6Al-4V.

## Содержание

Введение .....	12
Глава 1. Литературный обзор .....	14
1.1 Титан и титановые сплавы .....	14
1.2. Применение титана и его сплавов .....	16
1.3. Взаимодействие водорода с титаном и его сплавами .....	18
1.4. Температурно-концентрационные диаграммы фазового состава водородсодержащих сплавов .....	19
1.5. Водородное охрупчивание .....	21
1.6. Положительное влияние водорода на титановые сплавы .....	23
1.7. Негативное влияние водорода на титановые сплавы .....	24
Глава 2. Материал и методы исследования .....	26
2.1 Подготовка образцов .....	26
2.2 Рентгеноструктурный анализ .....	27
2.3 Метод Сиверста .....	29
2.4. Определение отжига .....	31
2.5. Методы механических испытаний .....	33
2.5.1 Измерение микротвёрдости по методу Виккерса .....	33
2.5.2 Метод одноосного растяжения .....	34
Глава 3. Экспериментальная часть .....	36
3.1. Влияние водорода на структурно-фазовое состояние сплава ВТ6 ....	36
3.2. Влияние водорода на механические свойства сплава ВТ6 .....	42
Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	48
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурс эффективности и ресурсосбережения .....	48
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	48

4.1.2	Технология QuaD .....	50
4.1.3	SWOT-анализ .....	51
4.2	Планирование научно-исследовательских работ.....	52
4.2.1	Структура работ в рамках научного исследования .....	52
4.2.2	Определение трудоемкости выполнения НИОКР .....	53
4.2.3	Разработка графика проведения научного исследования .....	54
4.3	Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	57
4.3.1	Расчет материальных затрат НТИ .....	58
4.3.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ .....	59
4.3.3	Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы	60
4.3.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	62
4.3.5	Формирование бюджет затрат НТИ.....	63
Глава 5.	Социальная ответственность .....	64
5.1	Техногенная безопасность .....	64
5.2	Анализ вредных и опасных факторов .....	65
5.2.1	Электромагнитные поля .....	65
5.2.2	Шум .....	67
5.2.3	Освещение .....	67
5.3	Организационные мероприятия обеспечения безопасности .....	69
5.4	Особенности законодательного регулирования проектных решений	69
5.5	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	71
5.6	Расчет воздухообмена в жилых и общественных помещениях .....	74
	Заключение .....	75
	Список использованных источников .....	77

## **Введение**

Данная работа посвящена исследованию влияния водорода на механические свойства титановых сплавов. Влияние водорода преимущественно заключается в водородном охрупчивании. Водородное охрупчивание является широко распространённой проблемой для титановых сплавов, приводящей в процессе эксплуатации к хрупкому разрушению конструкций из этих материалов. Поэтому для решения этой проблемы необходимо оценить влияние концентрации водорода на свойства титановых сплавов.

В первой части работы описаны области применения, химический состав титановых сплавов и классификация кристаллических решёток. Рассмотрено взаимодействие водорода с титаном и его сплавами. Показано, что воздействие водорода на титановые сплавы преимущественно включает в себя водородное охрупчивание и водородное пластифицирование. Водородное охрупчивание проявляется в том, что при определённом содержании водорода в объеме и на поверхности образцов формируются трещины. Водородное пластифицирование проявляется в том, что присутствие водорода в процессе термической обработки титановых сплавов резко улучшает их пластичные свойства.

Вторая глава преимущественно посвящена подготовке образцов и методам исследования структуры для определения структурно-фазового состояния и механических свойств.

В третьей главе экспериментально изучено влияние водорода на механические свойства титановых сплавов. Показано, что при наводороживании образцов титанового сплава ВТ6 водород находится в материале как в твердом растворе, так и в виде выделений гидридов. При этом максимальная объемная доля гидридов (27,9 %) наблюдается при наибольшей концентрации водорода из исследуемого диапазона (0,85 мас.%).

Обнаружено, что водород оказывает влияние на механические свойства титановых сплавов: при увеличении концентрации водорода пластичность сплава уменьшается, а прочностные характеристики возрастают. При концентрации водорода 0,28 мас.% наблюдается переход от пластической деформации к хрупкой. При этом уже при концентрации 0,34 мас.% и выше образец разрушается хрупко на упругой части кривой растяжения.

Целью работы является изучение строения, свойств, области применения титана и его сплавов и изучение влияния водорода на механические свойства сплава ВТ6. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Написать литературный обзор по тематике исследования.
2. Исследовать структуру сплавов в исходном мелкозернистом состоянии.
3. Определить фазовый состав сплавов при помощи рентгеноструктурного анализа.
4. Изучить особенности насыщения водородом до различных концентраций образцов сплава ВТ6 в мелкозернистом состоянии.
5. Провести исследования механических свойств образцов сплава ВТ6 в исходных мелкозернистом состоянии и после насыщения водородом до различных концентраций методом одноосного растяжения при комнатной температуре.
6. Провести анализ полученных данных.

## Глава 1. Литературный обзор

В настоящее время множество учёных изучают титан и его сплавы. Эти материалы широко применяются в авиационной и медицинской области благодаря низкой плотности, хорошей биосовместимости и высокой коррозионной стойкости. Поэтому они считаются одними из наиболее перспективных материалов в будущем. Но когда водород растворяется в титановых сплавах, он может разрушать внутреннюю структуру и образоваться трещина. Это явление называется водородным охрупчиванием. Водородное охрупчивание является широко распространённой проблемой для титановых сплавов, приводящей в процессе эксплуатации к хрупкому разрушению конструкций из этих материалов. Поэтому для решения этой проблемы необходимо оценить влияние концентрации водорода на свойства титановых сплавов.

### 1.1 Титан и титановые сплавы

Основная информация об атомарном и молекулярном водороде представлена в таблице 1.

Таблица 1. Основная информация о титане [1]

Символ	Ti	Атомная масса	47,86 г/моль
Атомный номер	22	Молярная масса	2,02 г/моль
Конфигурация	[Ar] 3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup>	Радиус атома	147пм
Ковалентный радиус	132 пм	Температура плавления	1933±20 К
Молярный объём	10,6 см <sup>3</sup> / моль	Температура кипения	3560 К

Некоторые свойства титана [2]:

1. легкий серебристо-белый металл
2. низкая плотность;
3. высокая коррозионная стойкость

#### 4. хорошая биосовместимость

Химический состав титанового сплава Ti-6Al-4V приведен в таблице 2.

Таблица 2. Химический состав

Элемент	Содержание (%)
Ti	основа
Al	5,5 - 6,5
V	3,5 - 4,5
Fe	0 - 0,25
C	0 - 0,8
O	0 - 0,13
N	0 - 0,05
H	0 - 0,012

В природе решётки существуют четыре типа кристаллических решеток (рис. 1): кубическая примитивная решетка, гранецентрированная кубическая решетка, объемно-центрированная кубическая решетка, гексагональная плотноупакованная решетка (но последняя встречается редко). В титане возможны две кристаллические модификации: ГПУ ( $\alpha$ -титан) и ОЦК ( $\beta$ -титан).

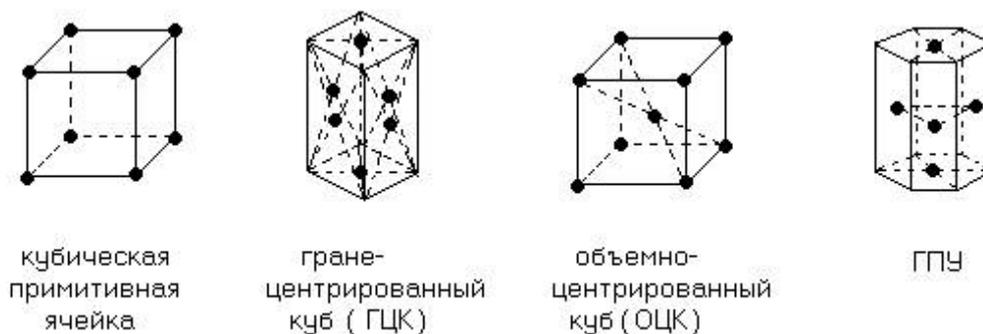


Рис. 1. Типы кристаллических решеток

## **1.2. Применение титана и его сплавов**

Титан и сплавы на его основе широко используются в самых разных сферах. Прежде всего, титановые сплавы нашли широкое применение в строительстве различной техники благодаря своей высокой коррозионной стойкости, механической прочности, небольшой плотности, жаропрочности и множеству других характеристик. Рассматривая свойства и применение титана, нельзя не отметить его довольно высокую стоимость. Однако она в полной мере компенсируется характеристиками и долговечностью материала.

Свойства материала обеспечивают довольно широкий спектр сфер его применения. Так, в больших объемах сплавы титана используются в строении судов и различной техники. Налажено применение материала в качестве легирующей добавки к сталям высокого качества и в качестве раскислителя. Сплавы с никелем нашли применение в технике и медицине. Такие соединения имеют уникальные свойства, в частности, они обладают памятью формы.

Налажено применение компактного титана в производстве деталей электровакуумных приборов, используемых в условиях высоких температур. Свойства технического титана позволяют использовать его в производстве клапанов, трубопроводов, насосов, арматуры и других изделий, создаваемых для эксплуатации в агрессивных условиях.

Сплавы характеризуются недостаточной теплопрочностью, однако имеют высокую коррозионную стойкость. Это позволяет использовать различные сплавы на основе титана в химической сфере. К примеру, материал применяется в изготовлении насосов для прокачки серной и соляной кислоты. На сегодняшний день только сплавы на основе этого материала можно использовать в производстве разного рода оборудования для хлорной промышленности.

---

Сплавы на основе этого материала используются при изготовлении бронетанковой части. А замена разнообразных конструкционных элементов, которые используются в транспортной промышленности, позволяет снижать расход топлива, увеличивать полезную грузоподъемность, повышать предел усталости изделий и улучшать множество других характеристик

---

Материал хорошо подходит для использования в строительстве железнодорожного транспорта. Одна из главных задач, которую нужно решить на железных дорогах, связана со снижением мертвого груза. Использование прутков и листов из титана позволяет существенно снизить общую массу состава, уменьшить размеры букс и шеек, сэкономить в тяге. Вес имеет довольно существенное значение и для прицепного транспорта. Использование титана вместо стали при производстве колес и осей тоже позволяет существенно повысить полезную грузоподъемность.

Свойства материала делают возможным его использование в автомобилестроении. Материал характеризуется оптимальным сочетанием прочностных и весовых свойств для систем отведения отработанных газов и витых пружин. Применение титана и его сплавов позволяет существенно снизить объем отработанных газов, уменьшить затраты топлива и расширить применение лома и производственных отходов путем их переплава. Материал и содержащие его сплавы имеют множество преимуществ по сравнению с прочими используемыми решениями.

Главной задачей разработки новых деталей и конструкций является уменьшение их массы, от которой в той или иной степени зависит движение самого транспортного средства. Снижение веса движущихся узлов и частей делает потенциально возможным сокращение затрат топлива. Детали из титана неоднократно доказывали свою надежность. Они довольно широко применяются в авиакосмической промышленности и конструкциях гоночных автомобилей.

Таким образом, в процессе эксплуатации титан и его сплавы могут подвергаться наводороживанию, поэтому важно исследовать влияние водорода на свойства титана и его сплавов.

### **1.3. Взаимодействие водорода с титаном и его сплавами**

Многие учёные из различных стран мира уже достаточно длительное время изучают систему титан-водород. Это связано с тем, что титан имеет отличные от обычных металлов свойства и принадлежит к металлам группы экзотермических окклюдеров. Следовательно, процесс взаимодействия водорода с металлами в системе титана усложняется образованием гидридов, а также существует аллотропическое преобразование в металлическом титане. Учёный Мак-Квиллан открыл, что при температурах выше 500 °С в системе титан - водород возможно присутствие трех фаз:  $\alpha$  - фазы,  $\beta$  - фазы и  $\gamma$  - фазы. Во-первых, две фазы являются низко- и высокотемпературными аллотропическими видоизменением металлического титана, однако третья фаза совпадает с гидридом, наблюдаемым Хэггом и Шипко в температурном диапазоне менее 500 °С. Метод Мак-Квиллана состоит в том, что в основном измерение равновесного давления водорода зависит от температуры и концентрации (рис. 2). Согласно с правилом фаз необходимо, чтобы в однофазных сплавах равновесное давление водорода может изменяться с переменной его количества, а в двухфазных областях давление может остаться постоянным. Присутствие горизонтальных участков кривых давление - концентрация (рис. 2) указывает на то, что при данных концентрации, давлении и температуре бывают двухфазные сплавы.

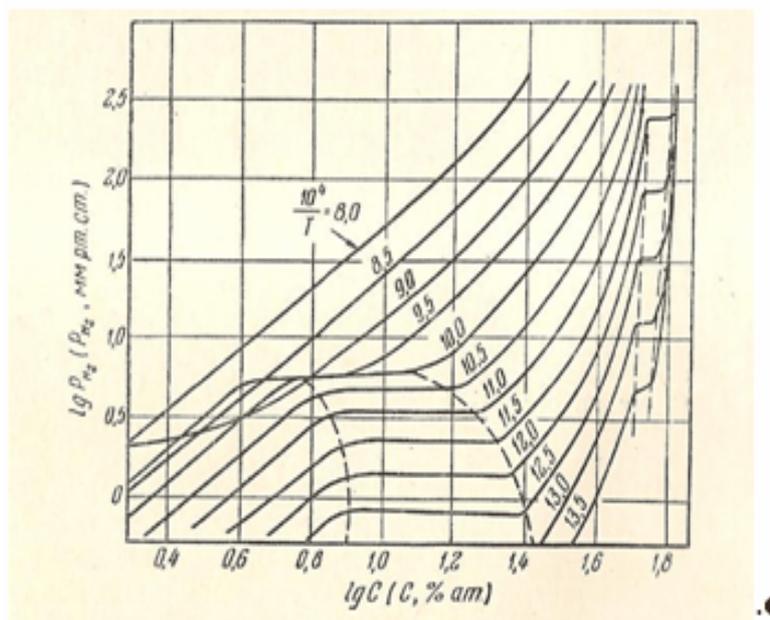


Рис. 2. Графики зависимости содержания водорода от давления для системы титан – водород (температура является постоянной величиной) [3]

#### 1.4. Температурно-концентрационные диаграммы фазового состава водородсодержащих сплавов

Благодаря тому, что у атомов водорода чрезвычайно высокая диффузионная подвижность по сравнению с атомами металлов, входящих в состав сплавов [4], применение термина «диаграмма состояния» в отношении системы «титановый сплав с водородом» не совсем правильно. Из-за этого факта псевдоравновесные фазовые области наносят на температурно-концентрационные диаграммы фазового состава. Такие диаграммы впервые были предложены в работах академика РАН А.А. Ильина [5]. Для таких диаграмм характерно условно-равновесное состояние, которое достигается при определенных кинетических параметрах в процессе воздействия на систему и отражают то, как меняется фазовый состав и температурно-концентрационные границы фазовых равновесий в многокомпонентных системах на основе титана при наводороживании.

Для титановых сплавов при построении диаграмм температурно-концентрационных фазового состава используется комбинация двух главных

методов – пробных закалок (в высокотемпературных областях) и высокотемпературной рентгенографии (при температуре до 500°C), причем во всех случаях наводороживание проводится при температурах  $\beta$ -области. Температурно-концентрационная диаграмма фазового состава для промышленного двухфазного сплава ВТ6, дополнительно легированного водородом в диапазоне концентраций от 0,1 до 1,0% (по массе) [6], приведена на рис. 9, а. когда построим данную диаграмму термодиффузионного наводороживания сплава при помощи установки Сивертса [7] всегда заканчивается в  $(\alpha+\beta)$ -области после наводороживания проводили длительный отжиг (до 10 ч) при температуре 250°C для обеспечения структурного состояния, близкого к равновесному, и охлаждали до комнатной температуры с печью. Затем образцы вновь нагреваются до температур  $>500^\circ\text{C}$  в печи под воздушной атмосферой, после чего проводится закалка в воду. Затем фазовый состав изучали при комнатной температуре металлографическими и рентгенодифракционными методами. Низкотемпературная область диаграммы была построена по данным терморентгенографии (потому что при нагревании в вакуумной камере дифрактометра в диапазоне температур до 500 °C дегазация водорода не происходит). При терморентгенографии съемка была проведена при нагреве и охлаждении через каждые 30-50 °C. Полученные данные терморентгенографии были усреднены по температуре и приведены на диаграмме. Диаграмму, приведенную на рис. 3, б [8] построили с использованием практически аналогичного метода. Принципиальным отличием этого метода являлось то, что отжиг при наводороживании был проведен в  $(\alpha + \beta)$  области. Это означает, что инициированное водородом  $\alpha \rightarrow \beta$  превращение не завершается при температуре наводороживания. Принципиальная возможность создания структуры, содержащей отдельные (некогерентные) частицы фазы  $\alpha_2$ , в сплавах, содержащих не менее 5% (по массе) алюминия, показана с помощью этой диаграммы.

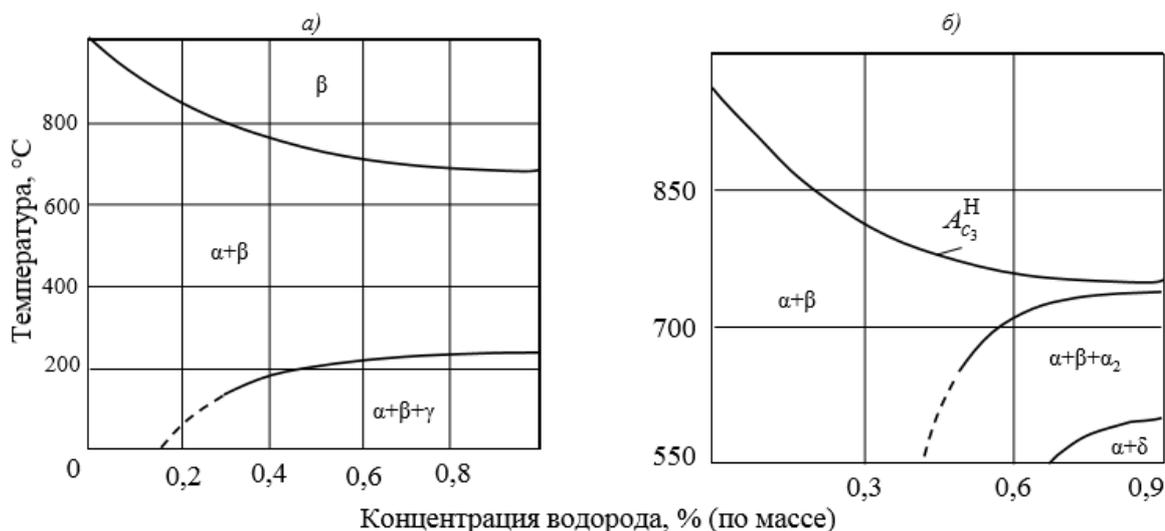


Рис. 3. Температурно-концентрационные диаграммы фазового состава для титанового сплава ВТ6, содержащего водород: а – наводороживающий отжиг в области  $\beta$  фазы [9] , б – наводороживающий отжиг в двухфазной ( $\alpha+\beta$ ) области [8]

Согласно литературным данным [6, 7, 8, 9], к настоящему времени ученым удалось экспериментально построить целый ряд таких температурно-концентрационных диаграмм фазового состава для многих промышленных жаропрочных и конструкционных титановых сплавов разных классов: ВТ5, ВТ20, ВТ5-1, ВТ6, ВТ18У, ВТ23, ВТ25У и др. Все эти диаграммы широко используются для реализации термоводородной обработки титановых сплавов.

### 1.5. Водородное охрупчивание

Водородное охрупчивание представляет собой процесс охрупчивания и разрушения материалов из-за действия атомарного водорода. Это явление наиболее резко проявляется в таких материалах, как титан и его сплавы, сплавы никеля и высокопрочные стали. Водород может попасть в расплавленный материал в процессе плавки и остаться в нём в перенасыщенном состоянии после затвердевания или же наводороживание может происходить в процессе эксплуатации или в процессе других

обработок материала (сварка или тепловая обработка, и т.п.). В настоящее время, одним из объяснений явления водородного охрупчивания может являться рекомбинация атомарного водорода в молекулярный на дислокациях и нанопорах с сопровождающим этот процесс резким возрастанием давления и последующим зарождением трещин в металле [10].

Ученые всегда прилагали большие усилия для исследования водородного охрупчивания и контроля содержания водорода в титановых сплавах. Исследования показали, что для титановых сплавов с различной степенью склонности к водородному охрупчиванию деталь, изготовленная из этого материала может быть внезапно разрушена вследствие водородного охрупчивания в процессе использования даже если содержание водорода не превышает максимально допустимого предел. Это связано с высокой диффузионной подвижностью водорода, вследствие которой он может перемещаться в наиболее напряженные участки материала, скапливаться там и приводить к возникновению трещины.

Проведенное ранее множество исследований водородного охрупчивания в титановых сплавах показали, что в соответствии с соотношением между скоростью деформации и восприимчивостью к водородному охрупчиванию, водородное охрупчивание металла примерно разделить на два типа. Первый тип водородной хрупкости проявляется в увеличении склонности к хрупкости с увеличением скорости деформации. Внутренние источники водородного охрупчивания уже присутствовавшие в материале под воздействием внешней силы ускоряют образование и распространение трещин - гидридное водородное охрупчивание. Второй тип водородной хрупкости проявляется при низких скоростях деформации, когда под действием нагрузки происходит перераспределение водорода, образование гидридов и развитие хрупкой трещины.

К счастью, в случае отсутствия трещин водородное охрупчивание является обратимым процессом и характеристики материала можно восстановить с помощью дегазирующего отжига (например, нагрева в

течение нескольких часов при повышенных температурах, в результате чего содержание водорода уменьшится).

### ***Основные причины водородного охрупчивания***

1. В процессе кристаллизации металла водород не может быть выпущен вовремя. Затем происходит диффузия водорода по направлению к дефекту металла, при комнатной температуре атомы водорода непрерывно накапливаются в дефекте металла, возникают высокие внутренние напряжения, приводящие к развитию трещины.
2. Некоторые металлы имеют большее сродство с водородом, перенасыщенные атомы водорода легко комбинируют с атомами металла, в результате чего образуются гидриды металла. Гидрид является хрупкой структурой, обычно под воздействием внешних сил часто растрескивается и, следовательно, приводит к хрупкому разрушению.

Исследования показывают, что в титане и его сплавах водород может растворяться в  $\alpha$ -фазе и  $\beta$ -фазе, а также может существовать в форме  $\gamma$ -фазы (гидрид). Когда в титане и его сплавах содержание водорода менее 0,02 %, то возникновение водородного охрупчивания гидрида предотвратится. Однако в титане и его сплавах водородное охрупчивание гидрида из-за напряжения и обратимое охрупчивание трудно избежать. В общем, влияние водорода на свойства титана и титановых сплавов в основном является водородным охрупчиванием.

### **1.6. Положительное влияние водорода на титановые сплавы**

Еще одним аспектом влияния водорода на свойства титана и его сплава является улучшение термопластичности титановых сплавов. В 1959 году, немецкие ученые, обнаружив, что водород может изменить свойства в производительности термической обработки титана, выдвинули и доказали предположение, что водород повышает пластичность титановых сплавов [11].

С тех пор ученые в нескольких странах сделали много исследований в этой области [12], особенно исследовав влияние водорода на термопластичность и характеристики обработки титановых сплавов. Термиводородная обработка титановых сплавов представляет собой процесс, в котором используется способность водорода снижать напряжения деформации и пластифицировать титановые сплавы. Благодаря этому водород считается временным легирующим элементом, который вводится в материал для достижения больших степеней деформации при меньших напряжениях. После проведения термоводородной обработки водород удаляют из материала путем вакуумного отжига [13].

Механизм высокотемпературных водородной пластификации обусловлен тем, что водород может снизить температуру  $\alpha$ - $\beta$  перехода, в результате объемная доля  $\beta$ -фазы увеличивается. Особенностью  $\beta$ -фазы является большее наличие систем скольжения, она более легко деформируется при высоких температурах. За счет этого имеет место эффект пластификации и снижение напряжения деформации. Кроме того, водород не только может вызвать новую систему скольжения, но ещё и содействовать увеличению подвижности дислокаций и росту числа дислокаций; приводит к тому, что большее число дислокаций будет участвовать в процессе скольжения, что, в свою очередь, облегчит процесс пластической деформации: водород приводит атомную силу снизиться и ускорение диффузии. Это также содействует пластичности при высоких температурах; водород может увеличить динамическое восстановление и динамический эффект рекристаллизации, помогает улучшить пластичность и уменьшить сопротивление деформации.

### **1.7. Негативное влияние водорода на титановые сплавы**

Источники водорода в титановых сплавах очень широки, в основном существуют следующие аспекты: водород растворяется в процессе плавки и

разливки, ещё в процессе термической обработки, водород поглощается из воды или других закалочных сред, из-за неправильной защиты при сварке.

Влияние водорода на  $\alpha$  и  $\beta$  фазы титана довольно сильно отличается. Содержание твердого раствора водорода в альфа фазе очень мало (0,002 мас.%), под воздействием водородной атмосферой при комнатной температуре, гидриды формируются вблизи границы раздела или интерфейса водорода и металла. Эти гидриды могут привести к водородной хрупкости сплава и снизить механические свойства титановых сплавов. Когда температура превышает температуру фазового перехода и присутствует достаточное количество водорода в альфа-решетке, то  $\alpha$  фаза превращается в  $\beta$ -фазу. При уменьшении температуры, с одной стороны,  $\beta$  фаза превращается обратно в  $\alpha$  фазу и небольшое количество гидридной фазы титана, с другой стороны, водород, поглощенный в  $\alpha$ -фазе также будет преобразован в гидрид титана. Фазовый переход зависит от количества и распределения водорода, и может снизить пластичность титанового сплава и вызвать охрупчивание водорода. Растворимость водорода в  $\beta$ -фазе титана очень высокая (до 2,1 мас. %), т.е. гидриды образуются при очень высокой концентрации водорода.

## Глава 2. Материал и методы исследования

В качестве материала исследования был выбран сплав титана Ti-6Al-4V марки ВТ6 (далее сплав ВТ6) следующего элементного состава (таблица 3).

Таблица 3. Состав титанового сплава ВТ6 в состоянии поставки

Ti	Al	V	Fe	Zr	O	C	N	Si	H	Cr+Mn	Cu+Ni
основа	6,1	3,9	0,18	0,05	0,17	0,02	0,01	0,04	0,002	<0,07	<0,1

### 2.1 Подготовка образцов

#### Полирование

Обычно механическое полирование осуществляют с помощью станков, снабженных вращающимся кругом. На поверхности круга натягивается полировальный материал - фетр, сукно и др. Для полирования изделий из металлов преимущественно используют мелкозернистые абразивы. В случае грубого полирования абразивы с размером зерна 1 – 10 мкм (частота вращения круга 400 – 600 об/мин). А для тонкого полирования размер абразивных частиц должен быть меньше, чем 1 мкм, а частота вращения круга до 300 об/мин. В многих случаях полирования должны использоваться алмазные пасты, имеющие алмазные микропорошки марки АСМ или АС.

#### Химическое полирование

По химической полировке является химическим агентом, чтобы устранить след износа поверхности образца. Электрохимические потенциалы составляющих фаз на поверхности образца металла различны, в результате чего возникает несколько микроэлектроник, которые приводят к неравномерному растворению в химическом растворе. В процессе растворения поверхность поверхности образца будет образовывать слой оксидной пленки, поверхность образца, выступающая часть тонкой пленки, из-за тонкого растворения металла и расширения медленной полированной

поверхности гладкой, но формирование Небольшие взлеты и падения, не могут достичь идеального запроса. При низком и среднем увеличении под наблюдением микроскопа эти небольшие взлеты и падения в вертикальной идентификации объектива в пределах способности все еще иметь возможность наблюдать очень четкую организацию.

### **Электрохимическое полирование**

Электрохимическое полирование также называется электролитическим полированием. Электролитическая полировка - это заготовка, которую нужно отлить в качестве анода, нерастворимый металл в качестве катода, в то же время погружают катод и анод в электролизере, дают постоянный ток для создания избирательного анодного растворения, чтобы достичь эффекта увеличения яркости поверхности детали.

## **2.2 Рентгеноструктурный анализ**

Под рентгеноструктурным анализом понимается дифракционный метод исследования структуры с помощью рентгеновских лучей. Этот метод опирается на то, что рентгеновские лучи проводят дифракцию на кристаллической решетке. Через анализ параметров и данных эксперимента можно определить параметры кристаллические структуры (параметры решеток, объемные доли фаз, размер областей когерентного рассеяния и т.д.).

Фаза - это состояние, в котором находится макроскопическая физическая система. В металловедении под фазой понимают однородную часть системы или совокупность частей, которые имеют одинаковый состав, строение и физико-химические свойства. Разные фазы отделены друг от друга поверхностями раздела (межфазными поверхностями). Состоящие в однородной фазе вещества имеют чистые физические и химические свойства, такие, как, например, плотность, структура решётки и так далее.

При рассеянии рентгеновского излучения на кристаллической поверхности выполняется уравнение Вульфа-Брэггов:

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

где:  $d$  – расстояние между смежными кристаллографическими плоскостями;  
 $\lambda$  – длина волны рентгеновских лучей;  $\theta$  – угол падения;  $n$  – порядок дифракции.

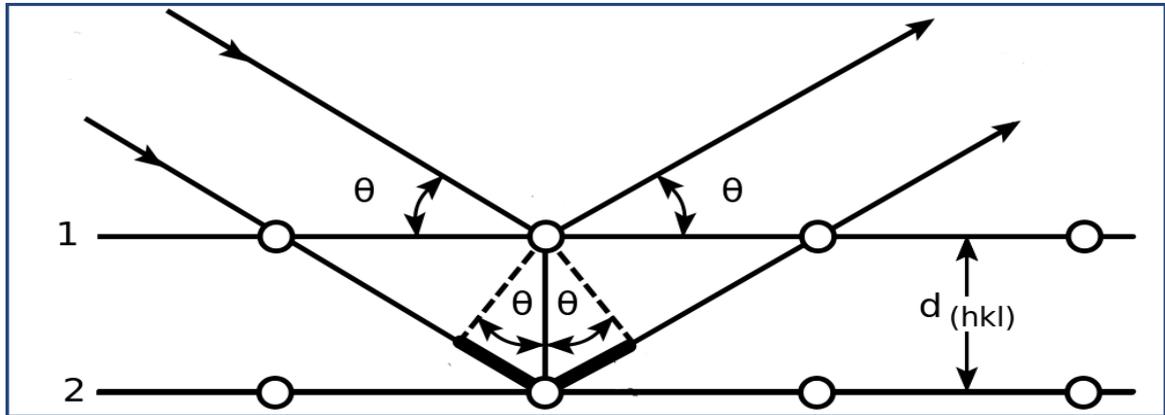


Рис. 4. Схема дифракции на кристаллической структуре

Основываясь на анализе результатов рентгеноструктурного исследования можно рассчитать параметры решетки  $\alpha$  и  $\beta$  фазы титанового сплава, используя компьютерные программы или по формулам:

Для  $\beta$  титана (ОЦК решётка):

$$d_{HKL} = \frac{a}{\sqrt{H^2 + K^2 + L^2}}$$

Для  $\alpha$  титана (ГПУ решётка):

$$d_{HKL} = \frac{a}{\sqrt{\frac{4}{3}(H^2 HK + K^2) + L^2 \left(\frac{a}{c}\right)^2}}$$

При расчете объемных долей фаз используются формулы:

$$\frac{J_{\alpha}^{(002)}}{J_{\beta}^{(110)}} = 0.168 \frac{C_{\alpha}}{1 - C_{\alpha}}; \quad C_{\beta} = 1 - C_{\alpha}$$

Или можно применить:

$$\frac{J_{\alpha}^{(101)}}{J_{\beta}^{(110)}} = 0.67 \frac{C_{\alpha}}{1 - C_{\alpha}}; \quad C_{\beta} = 1 - C_{\alpha}$$

В этих формулах:  $J$  - интегральная интенсивность,  $C$  - объемная доля фазы.

### 2.3 Метод Сиверста

Образцы насыщаются водородом в оборудовании типа Сиверста в среде осушенного водорода из газовой среды при температурах (873÷973) К и давлении 0,09атм.

#### Принцип работы

Автоматизированный аппарат GRC (рис.5.) предназначен для определения объёма сорбированного газа разными твердыми телами при различных температурах и давлений. Принцип работы GRC можно быть понятный с помощью рисунка (рис.5.). Заданный объём водорода напускают в резервуар и определяют его молярный объём ( $N_0$ ) по заданным давлению и температуре. После этого, открывают клапан, который находится между резервуаром и реакционной камерой, и водород распространяется из резервуара в реакционную камеру. После того, как реакция заканчивается, вычисляется общее молярное количество водорода ( $N_g$  в камере с образцом и в резервуаре).

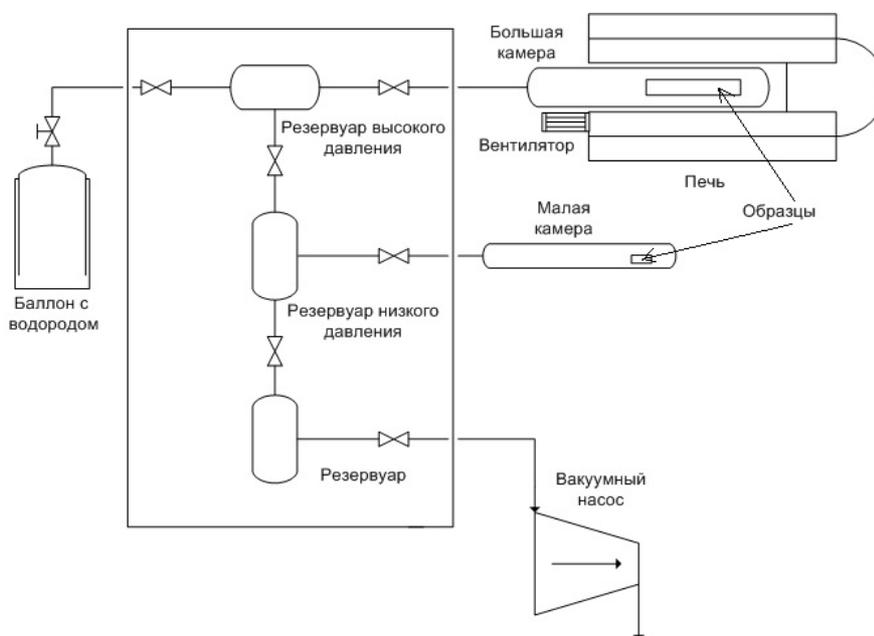


Рис. 5. Схема работы Gas Reaction Controller GRC

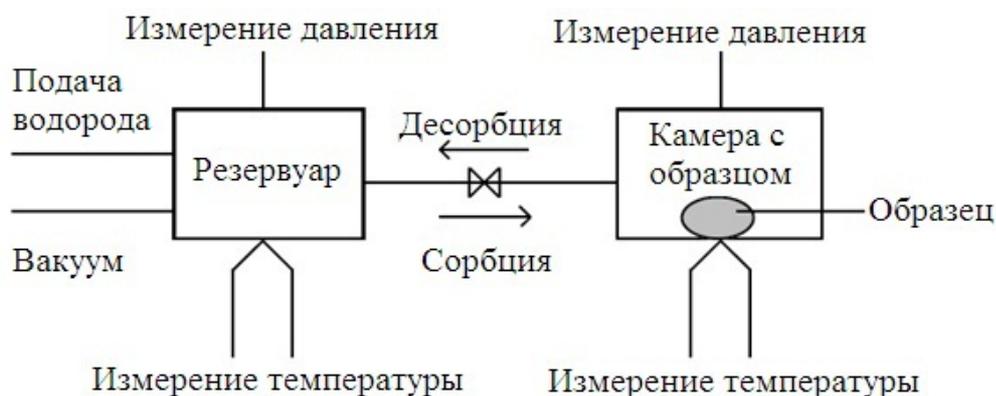


Рис. 6. Принцип работы автоматизированного комплекса GRC

Молярное количество водорода поглощается твердым телом ( $N_S$ ) определяется по формуле (1).

$$N_S = N_0 - N_g \quad (1)$$

Если у твердого тела уже имелся известный объем водорода ( $N_{S0}$ ), то перед тем, как реакция начинается должно внести значение содержания водорода в программу. Для расчета молярного количества водорода, которое поглощается твердым телом необходимо учесть начальную концентрацию водорода в твердом теле:

$$N_S = N_{S0} + N_0 - N_g \quad (2)$$

Точность системы зависит от точности измерения давления и температуры, Поскольку молярное количество водорода должно рассчитываться по закону идеального газа, т.к. молярное количество водорода рассчитывается по закону идеального газа. При постоянной температуре точное измерение давления представляет собой основной фактор и необходимое условие. При проведении эксперимента по изучению сорбции водорода на GRC точность измерения объема поглощенного водорода составляет  $0.3 \text{ см}^3$  при нормальных условиях.

Объем водорода в реакционной камере до, в процессе и после реакции с образцом определяется по давлению водорода, его температуре и занимаемым им объемом. Уравнение для одного моля газа:

$$\frac{pV}{RT} = 1 + \frac{B(T)}{V} + \frac{C(T)}{V^2} + \frac{D(T)}{V^3} \quad (3)$$

где  $B(T)$ ,  $C(T)$  и  $D(T)$  – второй, третий и четвертый коэффициенты, которые зависят от температуры. Эти коэффициенты можно рассчитать по уравнению 4:

$$B(T) = B_0 - \frac{A_0}{RT} - \frac{c}{T^3}, C(T) = -B_0b + \frac{A_0a}{RT} - \frac{B_0c}{T^3}, D(T) = \frac{B_0bc}{T^3}. \quad (4)$$

Для водорода значения констант:  $A_0 = 0.1975$ ,  $a = -0.00506$ ,  $B_0 = 0.02096$ ,  $b = -0.04359$ ,  $c = 504$ .

Из уравнений 3 и 4 количество молекул газа в известном объеме и при известных давлении и температуре рассчитывается по формуле 5.

$$n = \left(\frac{pV}{RT}\right) / \left\{1 + B(T) \frac{n}{V} + C(T) \frac{n^2}{V^2} + D(T) \frac{n^3}{V^3}\right\} \quad (5)$$

Значение  $n$  определяется операционным методом. Объём поглощенного водорода можно определить в абсолютных ( $\text{см}^3$ ) и в относительных значениях (массовые проценты). В первом случае значение количества поглощенного водорода определяется как молярный объем водорода поглощенного твердым телом (рассчитанный по формуле 1 или 2) умноженный на 22413.6. Относительное значение количества поглощенного в массовых процентах (wt) водорода находится, как:

$$wt = \frac{N_S \cdot M_G}{m \cdot 100} \quad (6)$$

где  $m$  – масса образца и  $M_G$  – молярная масса газа ( $2 \cdot 1.0079$  для водорода). При известной молярной массе образца соотношение ( $x$ ) атомов газа к атомам образца определяется, как

$$x = \frac{2N_S}{n/M} = \frac{2M}{M_G} \frac{wt}{100} = \frac{M \cdot wt}{100.79} \quad (7)$$

## 2.4. Определение отжига

Отжиг представляет собой процесс термической обработки металла. Он включает в себя нагревание до определённой температуры, выдержки в течение достаточного времени при этой температуре. А затем охлаждение с соответствующей скоростью до комнатной температуры. Цели отжига:

снизить твёрдости для того, чтобы улучшить характеристику резальной обработки, устранить внутреннее напряжение и регулировать структуру.

### ***Классификации отжига***

Различают два вида отжига:

1. Отжиг первого рода - без фазовой рекристаллизации - применяется для того, чтобы привести металл в более равновесное структурное состояние: снять наклёп, понизить твёрдость, увеличить пластичность и ударная вязкость, снять внутренние напряжения.

2. Отжиг второго рода осуществляется с фазовой рекристаллизацией: металл нагревается до температуры выше, чем критическая точка, затем необходимо провести выдержку различной продолжительности и сравнительно медленное охлаждение.

Полный и неполный отжиг

- полный отжиг состоит в том, чтобы нагреть материал до температуры выше чем, верхняя критическая точка для полного превращения структуры и затем медленно охладить.

- Неполный отжиг: осуществляется нагрев до температуры между нижней и верхней критическими точками и затем материал медленно охлаждается.

### ***Принципы выбора режимов отжига***

Обычно для сплавов титана гомогенизационный отжиг не используют, поскольку гомогенизация образцов не может существенно изменить как характер микроструктуры, так и уровень механических свойств исследованных сплавов.

Дорекристаллизационный, рекристаллизационный отжиг, а также отжиг для уменьшения остаточных напряжений можно применять только для сплавов  $\alpha$ - и  $\beta$ -типа, в которых  $\beta$ -фаза термодинамически устойчива. В таблице 4 приведены температуры начала и конца рекристаллизации, сопоставленные с температурами полиморфного превращения, а также режимы отжига полуфабрикатов из сплава ВТ6.

Таблица 4

Температуры полного полиморфного превращения ( $t_{п.п}$ ), начала ( $t_{Pн}$ ) и конца ( $t_{Pк}$ ) рекристаллизации, режимы простого отжига сплава ВТ6

$A_{с3}, ^\circ\text{C}$	$t_{п.п}, ^\circ\text{C}$	$t_{Pн}, ^\circ\text{C}$	$t_{Pн}^H / t_{п.п}$	$t_{Pк}, ^\circ\text{C}$	$t_{Pк}^K / t_{п.п}$	Температура отжига, $^\circ\text{C}$	
						Листы и листовые полуфабрикаты	Прутки, поковки, штамповки
980–1010	990	850	0,85	950	0,95	750–800	750–800

Температура рекристаллизационного отжига должна быть выше температуры начала рекристаллизации. Но она не должна быть чрезмерно высокой, если необходимо получить достаточно мелкозернистый материал. Кроме того, при высоких температурах отжига образуется значительный альфированный слой (слой, обогащенный кислородом). [14]

В работе вакуумный отжиг при  $750^\circ\text{C}$  в течение 1 часа проводили в установке типа Сиверста.

## 2.5. Методы механических испытаний

### 2.5.1 Измерение микротвёрдости по методу Виккерса

Прежде всего, твёрдость по Виккерсу представляет собой способ определения твёрдости металлов и сплавов. Во всех случаях обозначается буквами HV. Обычно HV - применяется к микроскопическому анализу.

Метод Виккерса – метод измерения металлов и сплавов, который заключается в том, что алмазный квадратный конус с углом  $136^\circ$  между противоположными гранями вдавливается в поверхность материала на заданные промежутки времени. Затем необходимо измерить длины диагонали вмятины и рассчитывать величину твёрдости по формуле:

$$HV = 1.8544 \frac{F}{d^2} = \frac{2F \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2},$$

Здесь:  $F$  – нагрузка;  $S$  - площадь вмятины (квадратный миллиметр)  $\alpha$  - угол противоположенной грани (136 градусов);  $d$  - средняя длина диагонали вмятины (миллиметр).

Стандартная форма для представления значения твердости по Виккерсу является  $xHVy$ . Например,  $180HV5$ ,  $180$  - обозначает твёрдость по Виккерсу,  $5$  - представляет собой значение нагрузки. Для наглядности приведена картинка (рис.7).

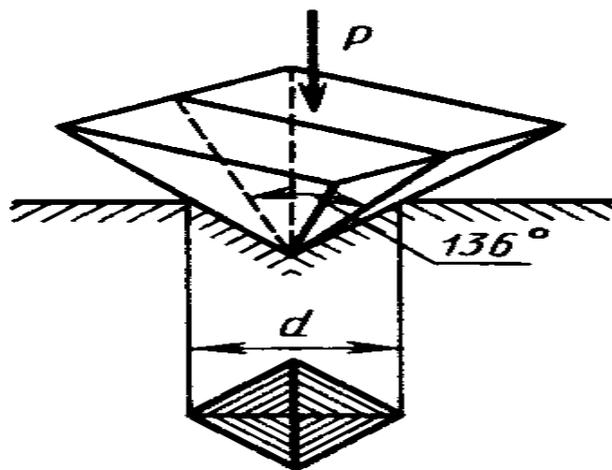


Рис. 7

### 2.5.2 Метод одноосного растяжения

Под одноосным растяжением понимается простейшая деформация, которая производится в бруске, подверженном равномерному растяжению или сжатию. Такая деформация возникает вдали от конца бруска, растягивающей сила  $F$ . Для наглядности приведена картинка (рис.8).

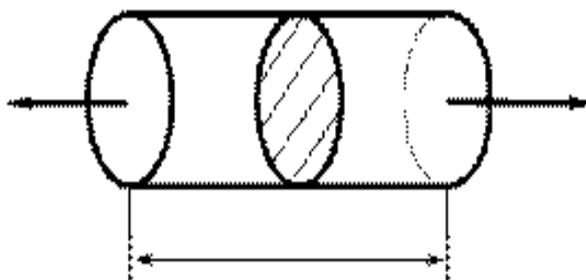


Рис. 8

В процессе испытания измеряется относительное удлинение образца или

иначе его деформация  $\varepsilon$  %, а также напряжение в образце  $\sigma$ , МПа:

$$\text{По формуле: } \varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0} * 100\%, \quad \sigma = \frac{F}{S_0}$$

Где  $S_0$  - начальная площадь поперечного сечения;  $l_0$  - начальная длина.

В конце испытания получают график растяжения материала.

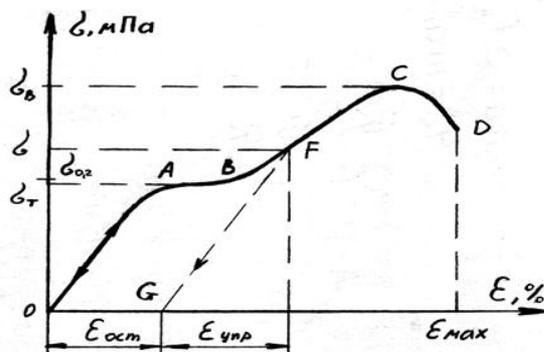


Рис.9. Типичная диаграмма растяжения металлического материала

На данном графике выделяются 4 участка: OA, AB, BC и CD. Участок OA соответствует упругой деформации. На участке AB пластическая деформация образца происходит без заметного повышения напряжения. В точке C наблюдается максимальное напряжение, предшествующее разрушению материала. Участок CD соответствует появлению и развитию на образце локального сужения. Напряжение  $\sigma_T$  называется пределом текучести,  $\sigma_{0,2}$  - это такое напряжение, при котором остаточная пластическая деформация составляет величину 0,2%. Напряжение  $\sigma_B$  называют временным сопротивлением или пределом прочности.

## Глава 3. Экспериментальная часть

### 3.1. Влияние водорода на структурно-фазовое состояние сплава ВТ6

Для исследования был использован двухфазный титановый сплав ( $\alpha+\beta$ ) типа марки ВТ6. В исходном состоянии сплав ВТ6 имеет неомогенную мелкозернистую структуру, содержащую  $\alpha$ - однофазные и ( $\alpha + \beta$ )- двухфазные области (рис. 10). Размеры однофазных  $\alpha$  областей составляют 10–40 мкм. Двухфазные ( $\alpha + \beta$ )- области окружают, как правило, однофазные области.

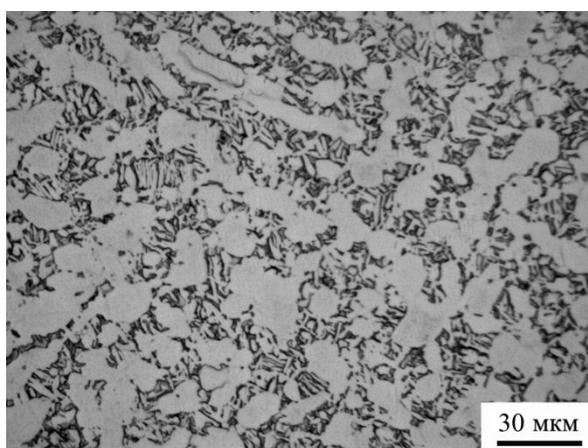


Рис. 10. Микроструктура сплава ВТ6 в исходном мелкозернистом состоянии

Рентгеноструктурный анализ был выполнен при помощи дифрактометра Shimadzu XRD 7000S. На рисунке 11 показан участок типичной дифрактограммы образца исходного сплава ВТ6. В таблице 5 приведены значения параметров решеток и объемные доли  $\alpha$  и  $\beta$  фаз. Из представленных данных видно, что в исходном состоянии сплав является двухфазным, с содержанием  $\alpha$  и  $\beta$  фаз, равными 97,8 % и 2,2 %, соответственно. Кроме того, в состоянии поставки в сплаве согласно данным рентгеноструктурного анализа присутствует текстура в направлении [002] (коэффициент Марча–Долласа равен 0,6741).

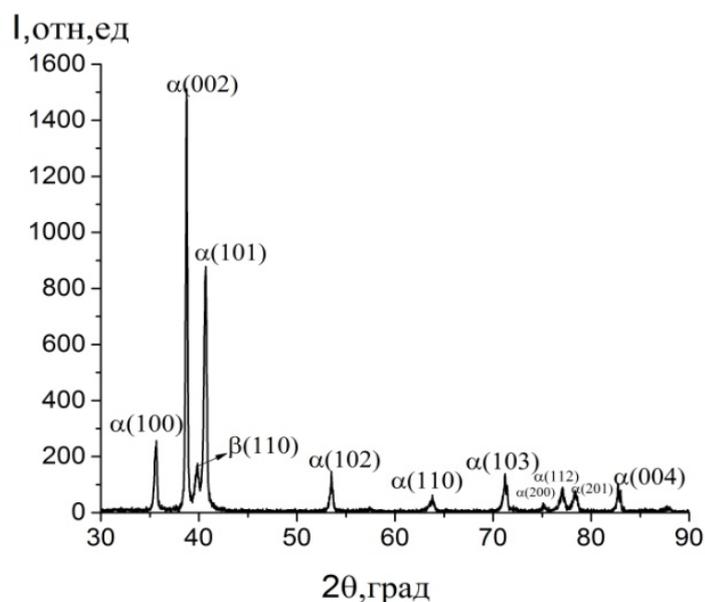


Рис. 11. Участок дифрактограммы образца титанового сплава VT6 в исходном мелкозернистом состоянии

Таблица 5. Фазовый состав и параметры решетки сплава VT6 в исходном мелкозернистом состоянии

Фазовый состав	Параметры решетки		
	$a_{\alpha}$ , нм	$c_{\alpha}$ , нм	$a_{\beta}$ , нм
97,8 об.% $\alpha$ + 2,2 об.% $\beta$	0,29263	0,46833	0,31516

Согласно данным рентгеноструктурного анализа в исходном мелкозернистом состоянии сплав имеет двухфазную  $\alpha + \beta$  структуру с объемной долей  $\beta$  фазы примерно 2 объемных процента. Кроме того, в сплаве наблюдается текстура в направлении (002).

Для снятия внутренних напряжений образцы исходного мелкозернистого сплава перед испытаниями были отожжены при 750°C в течение 1 часа.

Сорбцию водорода титановым сплавом ВТ6 проводили при постоянной температуре 500°C и давлении 2 атм. Графики насыщения водородом представлен на рисунках

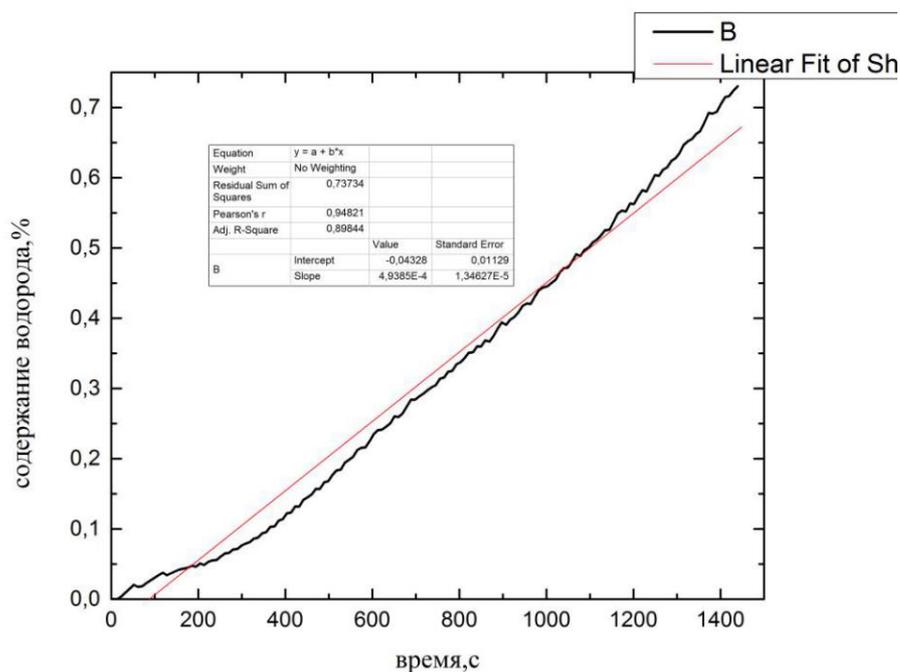


Рис.12. Сплав ВТ6 насыщается водородом при 500°C, 2 атм,1400с

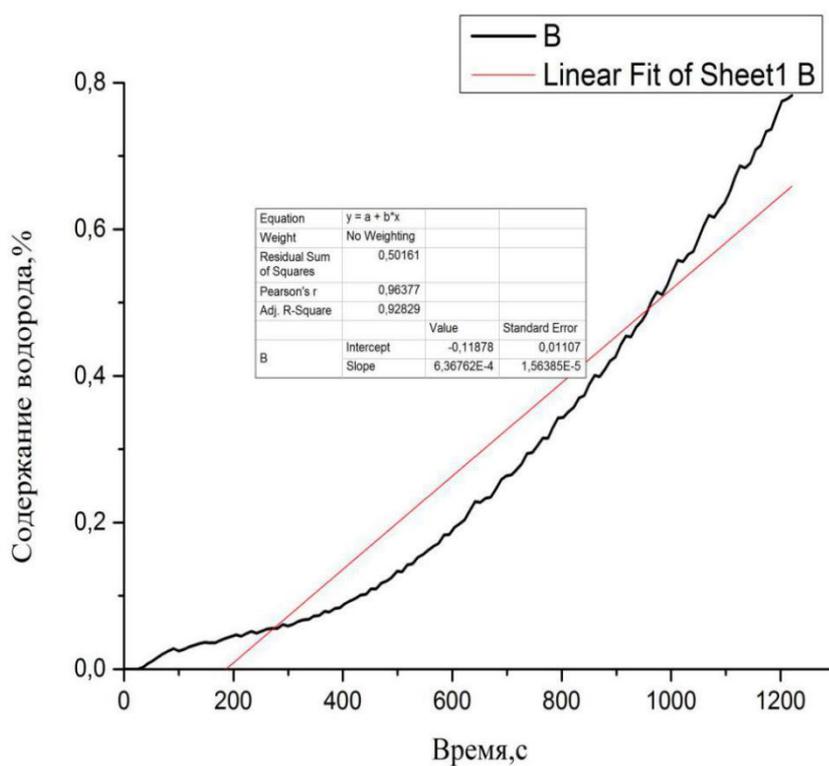


Рис.13. Сплав ВТ6 насыщается водородом при 500°C, 2 атм, 1200с

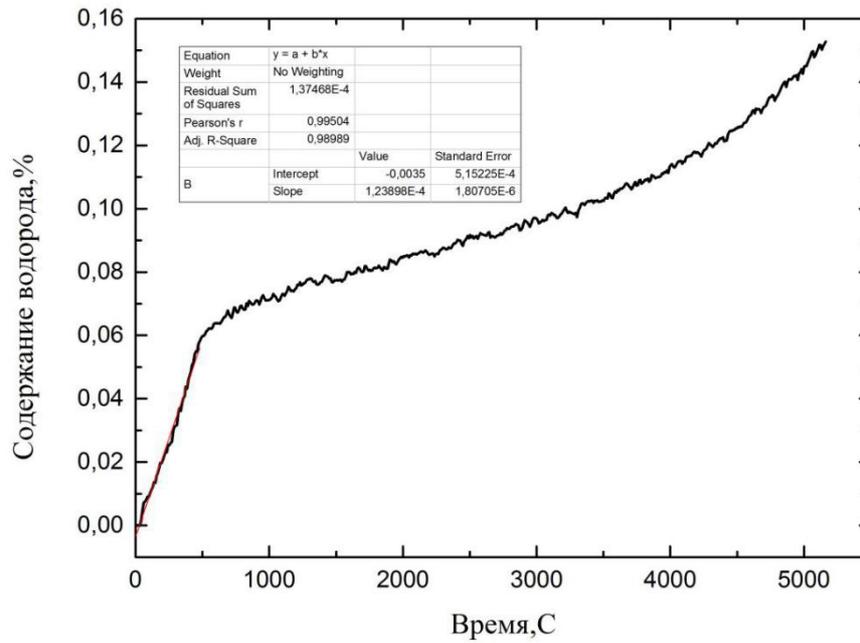


Рис.14. Сплав VT6 насыщается водородом при 500°C, 2 атм, 5000 с

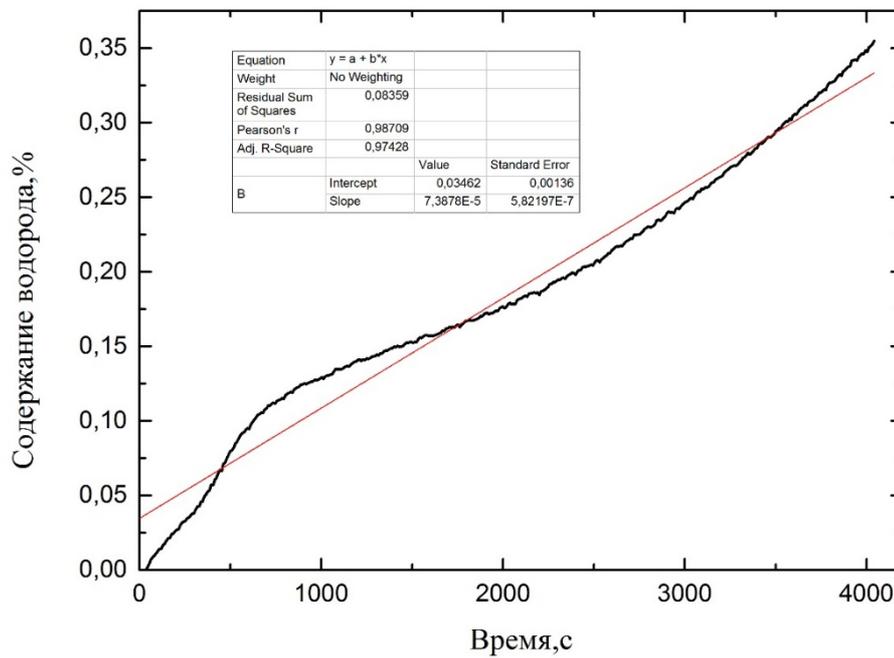


Рис. 15. Сплав VT6 насыщается водородом при 500°C, 2 атм, 4000с

Из графиков видно, что скорость наводороживания на первом графике почти не изменяется. Скорость наводороживания на втором графике постепенно увеличивается. Скорость насыщения на третьем и четвертом графиках сначала уменьшается, потом увеличивается.

Результаты наводороживания приведены в таблице 6.

Таблица 6. Значения концентрации водорода по измерениям Лесо

Материал и условия наводороживания	Концентрация водорода, мас. %
Сплав ВТ6 при 500°C, 2 атм	0,097
Сплав ВТ6 при 500°C, 2 атм	0,34
Сплав ВТ6 при 500°C, 2 атм	0,78
Сплав ВТ6 при 500°C, 2 атм	0,85

Согласно данным металлографических исследований наводороживание незначительно изменяет структурное состояние образцов (рис. 16).

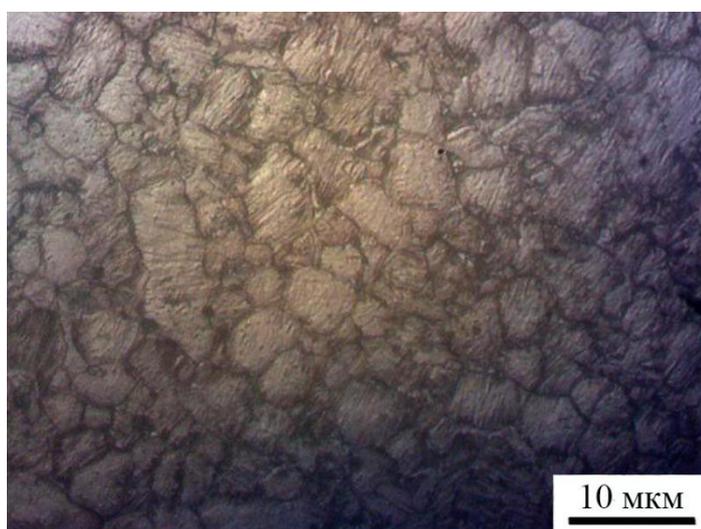


Рис. 16. Микроструктура сплава ВТ6 после наводороживания до 0,85 мас.%

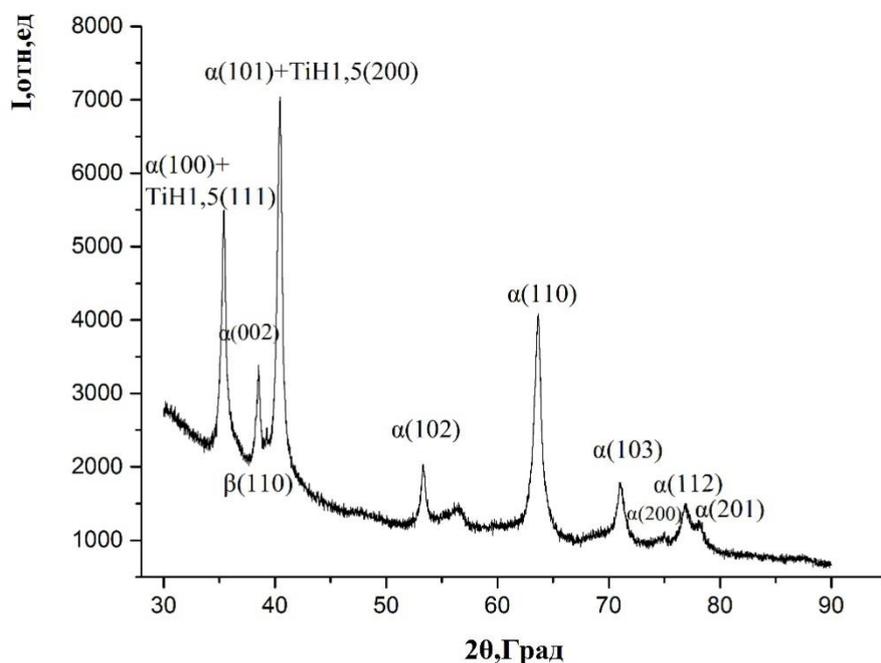


Рис. 17. Участок дифрактограммы образца титанового сплава VT6 после наводороживания до 0,85 мас.%

Таблица 7. Фазовый состав и параметры решетки сплава VT6 после наводороживания до 0,85 мас.%

Фазовый состав, об. %	Параметры решетки, нм			
	$a_{\alpha}$	$c_{\alpha}$	$a_{\beta}$	$a$ (TiH <sub>1.5</sub> )
70.55 об.% $\alpha$ + 1.55 об.% $\beta$ + 27.9 об.% TiH <sub>1.5</sub>	0,29141	0,46546	0,32294	0,43604

После наводороживания в сплаве появляются выделения гидридов TiH<sub>1.5</sub>. Это было обнаружено после сравнения дифрактограмм образца до и после насыщения водородом: после наводороживания происходит

перераспределение соотношения интенсивностей рефлексов (100) и (101) альфа фазы титана, на которые могут накладываться рефлексы (111) и (200) гидрида  $TiH_{1.5}$ . Из сравнения параметров решеток сплава ВТ6 до и после наводороживания видно, что наводороживание практически не изменяет параметры  $a$  и  $c$  альфа фазы. При этом значение параметра  $a$  решетки бета фазы немного увеличивается. Это говорит о том, что после наводороживания часть водорода находится в твердом растворе в бета фазе.

### 3.2. Влияние водорода на механические свойства сплава ВТ6

После наводороживания образцов их механические свойства были исследованы методом одноосного растяжения. В результате были получены данные, представленные на рисунках.

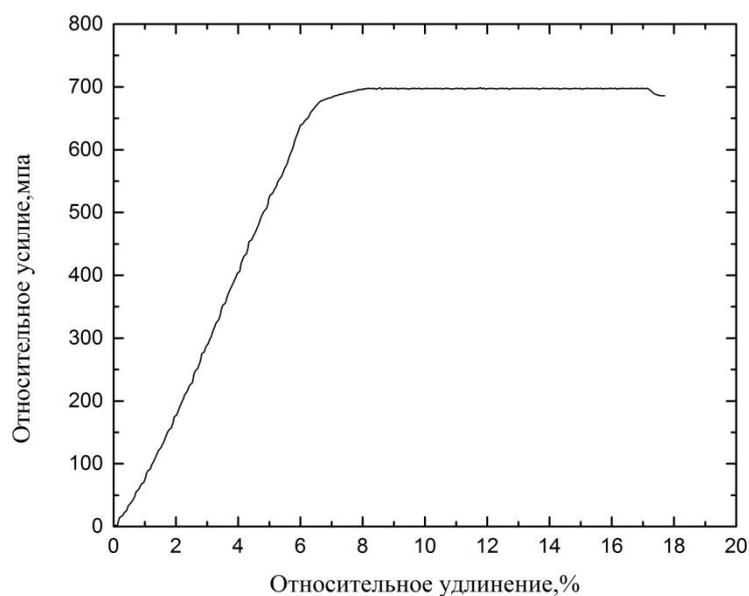


Рис.18. Кривая растяжения образца сплава ВТ6 без водорода

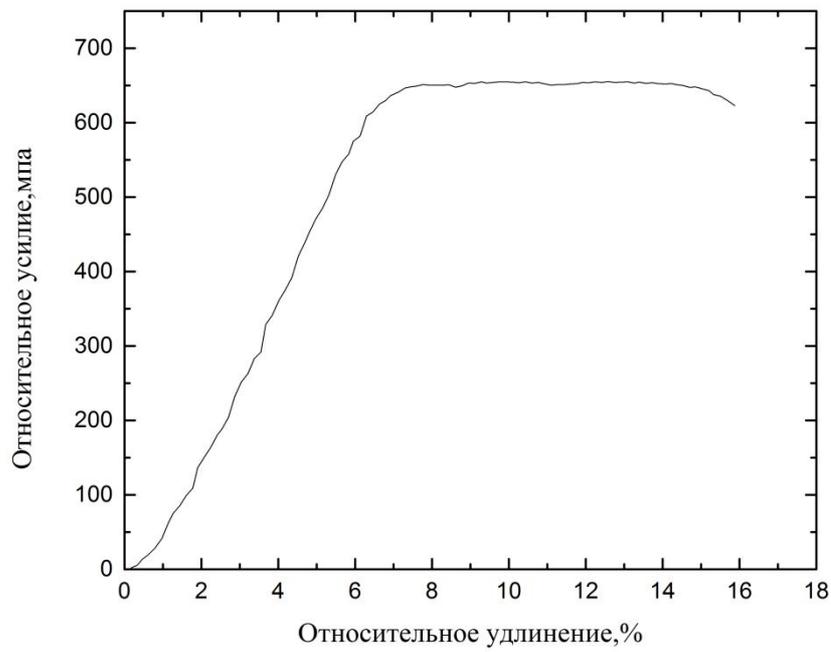


Рис. 19. Кривая растяжения образца сплава ВТ6, насыщенного водородом до концентрации 0,06%

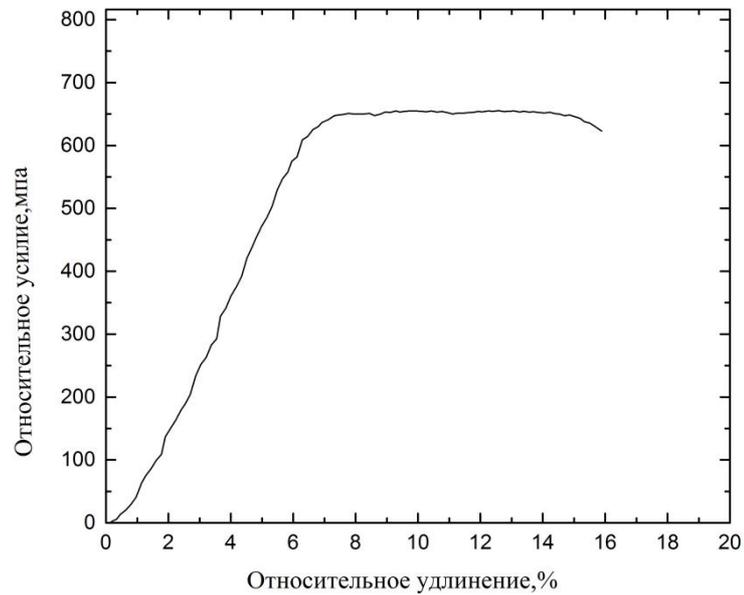


Рис. 20. Кривая растяжения образца сплава ВТ6, насыщенного водородом до концентрации 0,097 %

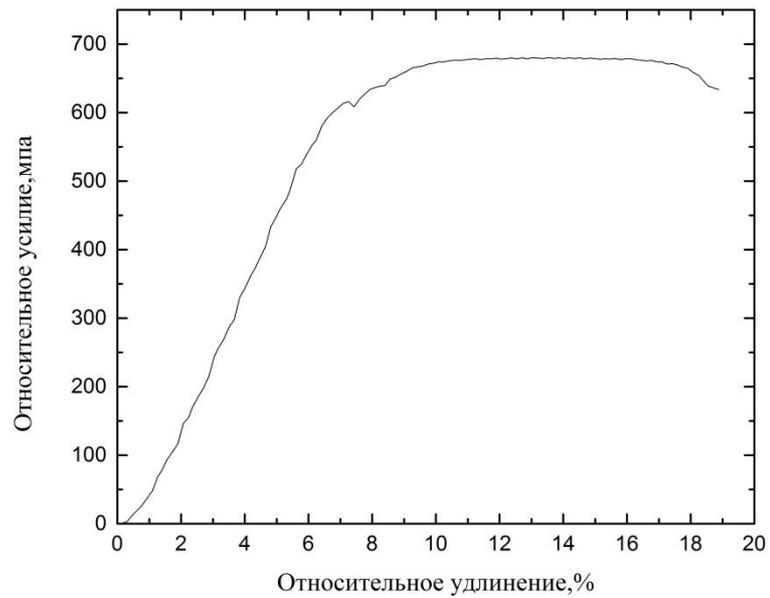


Рис. 21. Кривая растяжения образца сплава ВТ6, насыщенного водородом до концентрации 0,11 %

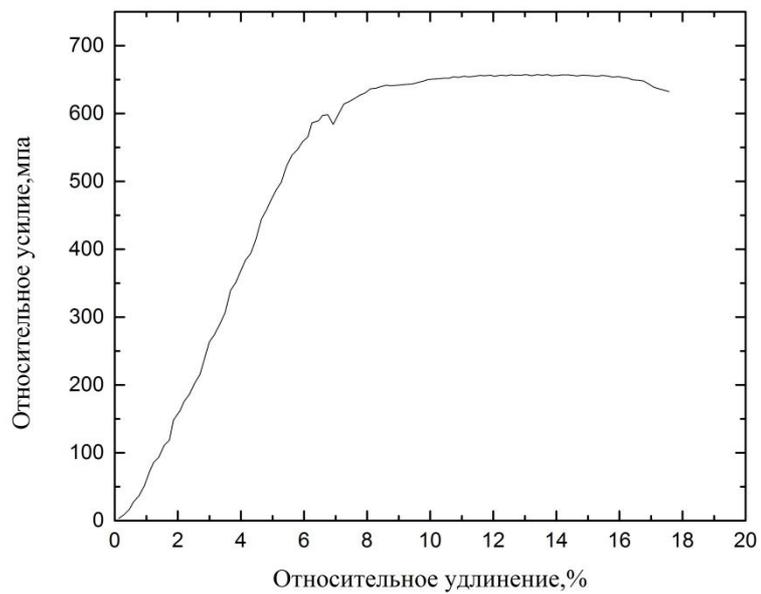


Рис. 22. Кривая растяжения образца сплава ВТ6, насыщенного водородом до концентрации 0,15 %

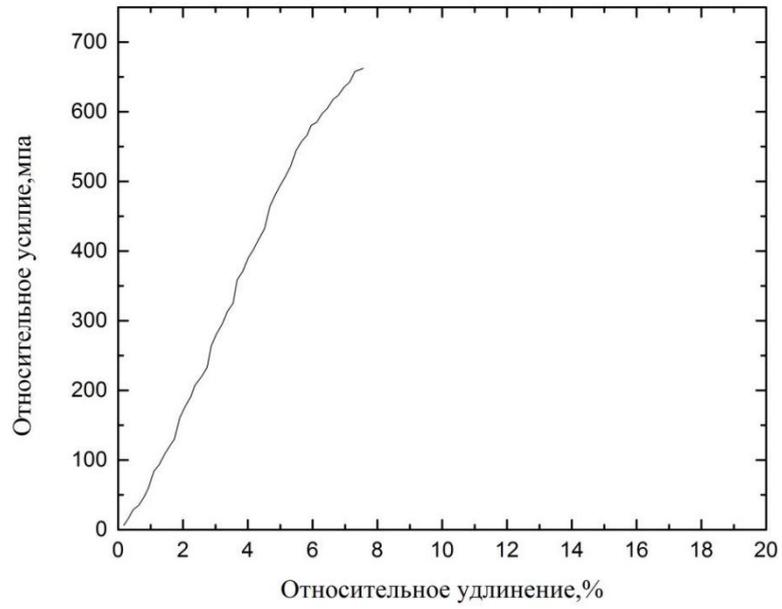


Рис. 23. Кривая растяжения образца сплава ВТ6, насыщенного водородом до концентрации 0,28 %

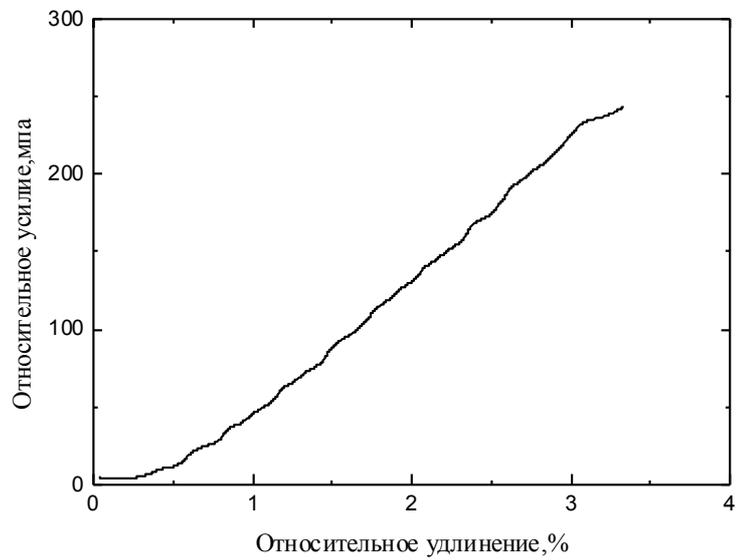


Рис. 24. Кривая растяжения образца сплава ВТ6, насыщенного водородом до концентрации 0,34 %

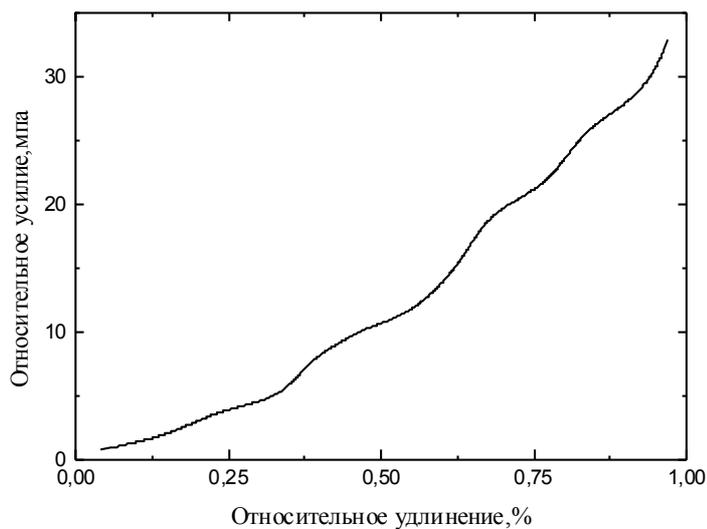


Рис.25. Кривая растяжения образца сплава ВТ6, насыщенного водородом до концентрации 0,85 %

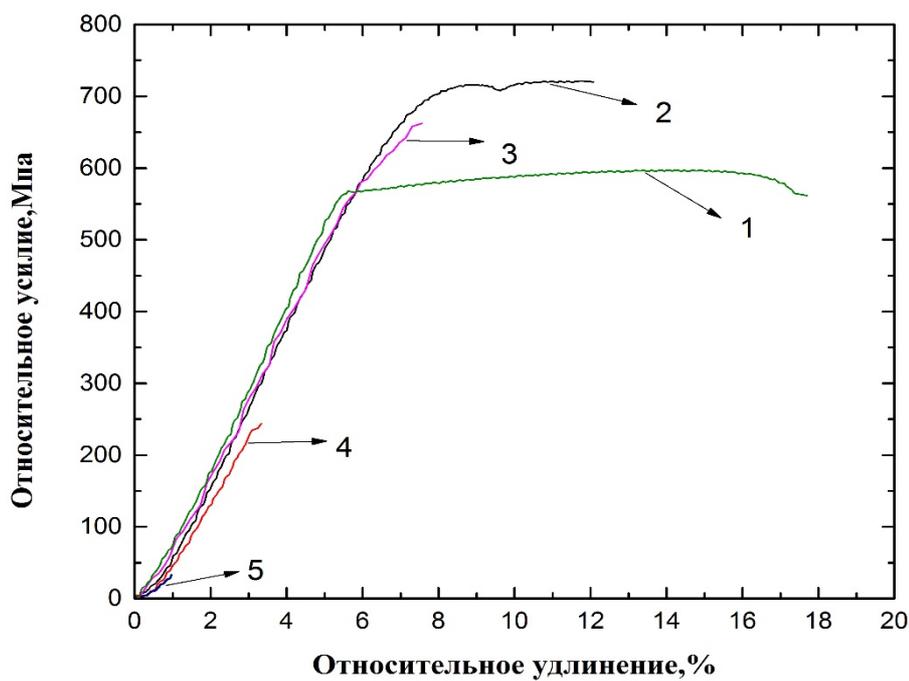


Рис. 26. Кривые растяжения образцов мелкозернистого сплава ВТ6:  
 1 – в исходном состоянии; 2 – после насыщения до концентрации 0,097 м.%;  
 3 – после насыщения до концентрации 0,28 м.%; 4 – после насыщения до  
 концентрации 0,34 м.%; 5 – после насыщения до концентрации 0,85 м.%.

Испытания на одноосное растяжение показали, что насыщение водородом в диапазоне концентраций до 0,097 м.% приводит к увеличению предела прочности и текучести (в 1,2 раза), снижению относительного удлинения (в 1,5 раза). При концентрации водорода 0,28м.% наблюдается переход от пластической деформации к хрупкой. При этом уже при концентрации 0,34м% и выше образец разрушается хрупко на упругой части кривой растяжения.

Механические свойства представлены в таблице 8.

Таблица 8. Механические свойства сплава ВТ6 в различных состояниях

Концентрация водорода, %	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\epsilon$ , %	E, МПа
0,002	540	597,2	17,7	96,3
0,097	650	721,4	12,1	92,8
0,28	630	-	7,6	90,2

### Выводы по главе 3

При анализе экспериментальных данных было установлено, что:

1. при наводороживании образцов титанового сплава ВТ6 водород находится в материале как в твердом растворе, так и в виде выделений гидридов. При этом максимальная объемная доля гидридов (27,9 %) наблюдается при наибольшей концентрации водорода из исследуемого диапазона (0,85 мас.%)
2. водород оказывает влияние на механические свойства титановых сплавов: при увеличении концентрации водорода пластичность сплава уменьшается, а прочностные характеристики возрастают. При концентрации водорода 0,28 мас.% наблюдается переход от пластической деформации к хрупкой. При этом уже при концентрации 0,34 мас.% и выше образец разрушается хрупко на упругой части кривой растяжения.

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

### **Введение**

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

Помимо превышения технических параметров над предыдущими разработками необходимо понимать коммерческую привлекательность научного исследования.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурента способных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

### **4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурс эффективности и ресурсосбережения**

#### **4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

**Целевой рынок** - сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, **сегмент рынка** – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

**Сегментирование** - это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга). Можно применять географический, демографический, поведенческий и иные

критерии сегментирования рынка потребителей, возможно применение их комбинаций с использованием таких характеристик, как возраст, пол, национальность, образование, любимые занятия, стиль жизни, социальная принадлежность, профессия, уровень дохода.

В зависимости от категории потребителей (коммерческие организации, физические лица) необходимо использовать соответствующие критерии сегментирования. Например, для коммерческих организаций критериями сегментирования могут быть: месторасположение; отрасль; выпускаемая продукция; размер и др.

Сегментировать рынок услуг по разработке титановых сплавов можно по следующим критериям: размер компании-заказчика, области применения. На основе этих можем делать карту сегментирования рынка услуг по разработке титановых сплавов.

Сплавы ВТ6 используют как в отожженном, так и в термически упрочненном состоянии, его прочность становится выше 1000 МПа, и он будет рассмотрены в разделе, посвященном высокопрочным сплавам. титановый сплав ВТ-6 наряду с высокой прочностью сохраняет хорошую технологическую пластичность в горячем состоянии, что позволяет получать из них различные полуфабрикаты: листы, прутки, плиты, поковки, штамповки, профили и др.

Несмотря на гетерофазность структуры, рассматриваемые сплавы обладают удовлетворительной свариваемостью всеми видами сварки, применяемыми для титана. Для обеспечения требуемого уровня прочности и пластичности обязательно проводят отжиг. ВТ-6 обладает высокой коррозионной стойкостью в отожженном и термически упрочненном состояниях во влажной атмосфере, морской воде, во многих других агрессивных средах, как и технический титан.

#### 4.1.2 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

Для упрощения процедуры проведения QuaD рекомендуется оценку проводить в табличной форме (табл.9.).

Таблица.9. – Оценочная карта для сравнения конкурентных разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
Показатели оценки качества разработки					
1. Время производства	0,1	75	100	0,75	7,5
2. Энергоэффективность	0,2	80	100	0,80	16
3. Надежность оборудования	0,1	80	100	0,80	8
4. Безопасность оборудования	0,3	80	100	0,80	24
5. Простота эксплуатации	0,3	75	100	0,75	22,5
6. Ремонтопригодность	0,1	82	100	0,82	8,2
7. Уровень шума	0,1	70	100	0,70	7
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>77,43</b>	<b>100</b>	<b>0,774</b>	<b>93,2</b>

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum = V_i B_i, \quad (4.2.2)$$

где  $P_{cp}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

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

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

Полученное значение  $P_{cp}$  говорит о том, что перспективность данного производства выше среднего. Значение показателя  $P_{cp}$  получилось 93,2, то такая разработка считается перспективной.

По результатам оценки качества и перспективности делается вывод об объемах инвестирования в текущую разработку и направлениях ее дальнейшего улучшения.

Технология может использоваться при проведении различных маркетинговых исследований, существенно образом снижая их трудоемкость и повышая точность и достоверность результатов.

#### 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 [15].

В таблице. 10. представлены SWOT-анализа.

Таблица. 10. Матрица SWOT

	<b>Сильные стороны научно исследовательского проекта:</b>	<b>Слабые стороны научно исследовательского проекта:</b>
	С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность метода. С2. Быстрый анализ полученных данных. С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. С4. Легкий интерфейс управления. С5. Безопасность проведения исследований.	Сл1. Проведение исследований исключительно при комнатной температуре. Сл2. Предварительная подготовка экспериментальных образцов перед исследованием. Сл3. Низкий уровень проникновения на рынок. Сл4. Отсутствие необходимого оборудования для выполнения расчетов. Сл5. Длительный срок

		расчетов.
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Решение фундаментальных задач исследования.</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p>В3. Исследования коррозионных свойств металлов.</p> <p>В4. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>Наличие необходимых материалов и оборудования, а также персонала в процессе исследований может способствовать повышению производительности в будущем.</p>	<p>Для повышения спроса на результаты исследований необходимы квалифицированные кадры среди потенциальных потребителей.</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Несвоевременное финансирование научного исследования при дальнейшем развитии проекта.</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства.</p> <p>У3. Ограничения на экспорт технологии.</p> <p>У4. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции.</p>	<p>Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями повлечет изменение спецификаций и стандартов на поставку экспериментальных металлических образцов запрещенного типа.</p>	<p>Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца будет являться неотъемлемым фактором, представляющим собой барьер для экспорта технологии. Также низкий уровень проникновения на рынок способствует несвоевременному финансированию научного исследования при дальнейшем развитии проекта.</p>

## 4.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта. Линейный график представляется в виде таблицы. Научные исследования выполнила группа, в состав которой входили научный руководитель, лаборанты, и студент.

Таблица. 11. Календарный план проекта

Основные этапы	№ работ	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка задания на НИР	1	Составление и утверждение задания НИР	Руководитель, студент-дипломник
<b>Проведение НИР</b>			
Выбор направления исследования	2	Изучение поставленной задачи и поиск материалов по теме	Студент-дипломник
	3	Выбор методов исследования	Студент-дипломник, руководитель
	4	Календарное планирование работ	Руководитель, студент-дипломник
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Разработка приборов для исследования	Руководитель, студент-дипломник
	6	Проведение экспериментов	Студент-дипломник
Обобщение и оценка результатов	7	Анализ полученных результатов, выводы	Студент-дипломник, руководитель
	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, студент-дипломник
Оформление отчета по НИР	9	Составление пояснительной записки	Студент-дипломник

#### 4.2.2 Определение трудоемкости выполнения НИОКР

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования [16].

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ож}$  используется следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (3)$$

где  $t_{\text{ож}i}$  - ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\text{min}i}$  - минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн. ;

$t_{\text{max}i}$  - максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (4)$$

где  $T_{pi}$  - продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{\text{ож}i}$  - ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

#### 4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

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

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (5)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;  $T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;  $k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (6)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;  $T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;  $T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22,$$

тогда длительность этапов в рабочих днях, следует учесть, что расчетную величину продолжительности работ  $T_k$  нужно округлить до целых чисел.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  необходимо округлить до целого числа.

Таблица. 12. Временные показатели проведения ВКР

№ раб.	Исполнители	Продолжительность работ					
		$t_{\min}$ , чел-дн	$t_{\max}$ , чел-дн	$t_{\text{ож}}$ , чел-дн	$T_p$ , раб.дн	$T_k$ , кал.дн	
1	Руководитель, студент-дипломник	1	4	2	4	5	
2	Студент-дипломник	15	40	25	17	21	
3	Студент-дипломник, руководитель	5	10	8	4	5	
4	Руководитель, студент-дипломник	4	12	9	7	9	
5	Руководитель, студент-дипломник	10	25	19	10	12	
6	Студент-дипломник	15	25	16	16	20	
7	Студент-дипломник, руководитель	5	10	8	4	5	
8	Руководитель, студент-дипломник	2	5	4	4	5	
9	Студент-дипломник	2	7	5	5	6	
Итого						Рук овод ител ь	33
						Сту дент	71

На основе табл. 12 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта на основе табл. 13 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу [17].

Таблица. 13. Календарный план проведения НИР

Этапы	Вид работы	Исполнители	$t_k$	Месяцы																
				Февраль	Март	Апрель	Мая	Июнь												
1	Составление и утверждение задания НИР	Студент-дипломник, руководитель	5																	



- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

### 4.3.1 Расчет материальных затрат НИИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} \quad (4.3.1)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;  $N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);  $C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);  $k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица .14. Материальный затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Z <sub>м</sub> ), руб.
Сплавы	Шт.	20	100	2000
Бумага	Лис.	150	2	300
Интернет	М/бит	1	350	350
Ручка	Шт.	1	20	20
Тетрадь	Шт.	1	50	50

Итого	522	2700
-------	-----	------

#### 4.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

Таблица .15. Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Время использования оборудования, ч	Цена использования оборудования, руб./ч.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1.	Установка автоматизированного комплекса Gas Reaction Controller	10	500	20,75
2	Стенд измерения параметров ультразвука	80	800	27,86
3	Индукционный нагреватель	20	30	2,45
4	Компьютер	40	300	10,23
Итого:				61,29

Затраты на электроэнергию для установки:

$$Z_{\text{элек.}} = (1,5\text{кВ} \times 80\text{час} + 0,5\text{кВт} \times 10\text{час} + 0,16\text{кВт} \times 20\text{час} + 0,12\text{кВт} \times 40\text{час}) \times 6 \text{ руб.кВт/час} = 798 \text{ руб.}$$

Таким образом, затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ равен 62088 руб.

### 4.3.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату. Заработная плата рассчитывается по формуле 6:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (4.3.2)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;  $Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по формуле 7:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (4.3.3)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;  $Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 8:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (4.3.4)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года (при шестидневной неделе  $M=10,4$ );  $F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала ( $F_d=1794$ ).

Баланс рабочего времени показан на таблице .16

Таблица.16. Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководите ль	Инжене р
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	66	66
- выходные дни		
- праздничные дни		

Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48	48
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (4.3.5)$$

где  $Z_{tc}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{tc}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от  $Z_{tc}$ );

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в табл.17.

Таблица.17. Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{осн.},$ руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m,$ руб.	$Z_{дн.},$ руб.	Т раб.дн и	З итого
Руководитель	23100	0,3	-	1,3	30030	915	33	30195
Инженер	9893	0,3	-	1,3	12860	532	71	37772

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.) [18].

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (4.3.6)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

В данный раздел включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы) [19].

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10 – 15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (4.3.7)$$

где  $Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата, руб.;  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной зарплаты;  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, руб. Пример расчета:

$$Z_{\text{доп}} = 0,15 \times 989,19 = 153,87$$

#### 4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} Z_{\text{доп}} + Z_{\text{доп}}, \quad (4.3.3)$$

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

На 2015 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2015 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица.18. Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата (12% от основной), руб
-------------	--------------------------------	--

Руководитель проекта	30195	3623,4
Студент-дипломник	37772	4532,64
Коэффициент отчислений	0,271	
Итого	20629,34	

#### 4.3.5 Формирование бюджет затрат НИИ

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в табл.19.

Таблица.19. Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты НИИ	2700
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	62088
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	67967
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	8156,04
Отчисления во внебюджетные фонды	20629,34
Бюджет затрат НИИ	161540,38 869612

#### Вывод

При планировании научно-исследовательской работы был произведен подсчет бюджета исследования. В процессе формирования бюджета были использованы группировки по материальным затратам (2700 руб), затратам на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ (62088 руб), затратам по основной заработной плате исполнителей темы (67967 руб), затратам по дополнительной заработной плате (8156,04 руб), отчислениям во внебюджетные фонды (20629,34 руб). Всего бюджет составил 161540,38 руб. Данная оценка коммерческой ценности необходима, чтобы представлять финансовое состояние и перспективы проводимых научных исследований.

## **Глава 5. Социальная ответственность**

### **Введение**

Исследовательская работа на тему исследования влияния водорода на параметры распространения рэлеевской волны в титановом сплаве ВТ6 предполагает проведение работ на различных установках. Таких, как установка по насыщению водородом, измерению параметров распространения рэлеевской волны и т.д. Основной задачей в данной работе является изучение распределения гидридов в образцах из титанового сплава ВТ6. Поэтому рассмотрение безопасности и гигиены труда при осуществлении работ по наводороживанию с помощью стенда измерения параметров ультразвука особенно важно при проведении данного исследования.

### **5.1 Техногенная безопасность**

Работа стенда измерения параметров ультразвука осуществляется за счет питания от сети переменного тока напряжением 220 В. При проведении работ на стенде измерения параметров ультразвука возможно воздействие вредных факторов таких, как:

- микроклимат,
- электромагнитные поля,
- шум,
- освещение,

Также возможно воздействие следующих опасных производственных факторов:

- электрическое напряжение;
- воздействие высокой температуры;

Воздействие электрического напряжения на человека связано с протеканием через него тока. Прохождение тока может вызывать у человека раздражение и повреждение различных органов. Пороговый неотпускающий

ток составляет 50 Гц (6-16мА). Защита от воздействия электрического тока осуществляется путем проведения организационных, инженерно-технических и лечебной- профилактических мероприятий.

При рассмотрении воздействия высокой температуры на организм человека важно отметить, что запрещается открывать крышку нагретой печи, дотрагиваться до камеры, а также необходимо одевать спецодежду, во избежание получения термических ожогов при работе с установкой, в которую помещен исследуемый образец.

При утечках газа из баллона возможно возгорание. Перед работой необходимо проверить целостность газовых баллонов, прочность их крепления, отсутствие утечки газа. Вентиль и резьба должны быть исправно, манометр должен быть проверен и исправлен, редуктор должен соответствовать газу в баллоне.

При вредном воздействии ПЭВМ на организм человека происходит нагрузка на зрение, заболевание кожи лица, нервные и психические заболевания и т.д. Допустимая напряжённость электрического поля: 25 В/м (5Гц-2кГц) и 2,5 В/м (2-400 кГц). Для защиты от электромагнитных полей используются различные фильтры. Ориентация светопроёмов должна быть северо-восточной или северной. Источники искусственного освещения: люминесцентные лампы типа ЛБ и ДРЛ. Оптимальные параметры микроклимата. При работе с ПЭВМ уровень звука не должен превышать значений, установленных для данных видов работ [20].

Для удобства работы в помещении необходима нормировка параметров микроклимата. Необходимо применение защитных мероприятий по способам и средствам защиты от высоких и низких температур, системы отопления, вентиляции и кондиционировании воздуха, искусственное освещение и т.п.

## **5.2 Анализ вредных и опасных факторов**

### **5.2.1 Электромагнитные поля**

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

Нормы напряженности электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг монитора по электрической составляющей, соответствующие, приведены в таблице.20.

Таблице.20. Нормы напряженности поля

Наименование параметров	Допустимые значения
Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см. Вокруг ВДТ по электрической составляющей должна быть не более: – в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц – в диапазоне частот 2—400 кГц	25 В/м 2,5 В/м
Плотность магнитного потока должна быть не более: – в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц – в диапазоне частот 2 – 400 кГц	250 нТл 25 нТл
Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать	500 В

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

### 5.2.2 Шум

В работе основными источниками шума являются генератор сигналов. По санитарным нормам, допустимым уровнем шума принято считать: 55 децибел (дБ) в дневное время и 40 децибел (дБ) ночью. Уровень шума генератора сигналов составляет 15–20 дБА.

Длительное воздействие *шума* на организм человека приводит к следующим последствиям:

- а) снижается производительность труда;
- б) ослабляется память, внимание, острота зрения и чувствительность к предупредительным сигналам;
- в) снижается чувствительность слуха.

Для доведения уровня шума до санитарных норм следует придерживаться следующих правил при организации труда в помещении:

1. внутренний блок кондиционера следует располагать вдали от людей, занимающихся творческой деятельностью (программисты), и не использовать на полную мощность, если позволяют климатические условия;
2. пользоваться МФУ во время перерывов в работе (при отсутствии срочности);
3. своевременно осуществлять профилактику системных блоков компьютеров (очистка от пыли и смазывание движущихся частей охлаждающих установок, замена излишне шумных комплектующих).

### 5.2.3 Освещение

Рациональное освещение рабочего места позволяет предупредить травматизм и многие профессиональные заболевания. Правильно организованное освещение создает благоприятные условия труда, повышает работоспособность и увеличивает производительность труда. Освещение на

рабочем месте должно быть таким, чтобы человек мог без напряжения выполнять свою работу. Существуют три вида освещения: естественное, искусственное, совмещенное.

К системам производственного освещения предъявляются следующие требования:

- a. соответствие уровня освещенности характеру выполняемой работы;
- b. достаточно равномерное распределение яркости на рабочих поверхностях и в окружающем пространстве;
- c. оптимальная направленность излучаемого осветительными приборами светового потока;
- d. долговечность, экономичность, электро- и пожаробезопасность, эстетичность, удобство и простота эксплуатации.

В производственных и административно-общественных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, разрешено применение системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов).

Зрительная работа программиста характеризуется как работа очень высокой степени точности. Что требует освещенности в 300 – 500 лк. Допускается установка светильников местного освещения для подсветки документов, но с таким условием, чтобы оно не создавало бликов на поверхности экрана и не увеличивало освещенность экрана более чем на 300 лк. Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель с защитным углом не менее 40 градусов [21].

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

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

### **5.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности**

Для обеспечения безопасности перед началом работы необходимо правильно надеть спецодежду, подготовить для работы необходимый инструмент и приспособления, приготовить рабочий стол. Также необходимо проверить отсутствие внешних повреждений электрооборудования, наличие и исправность контрольных, измерительных и сигнальных приборов, компьютера, тумблеров, переключателей и т.п. При выявлении неисправностей, не допускается проводить ремонт самостоятельно, необходимо доложить руководителю лаборатории. Наладка прибора и его ремонт осуществляется только сервис-инженерами.

Запрещается приступать к работе, если выявлены неисправности любого используемого оборудования, если персонал не прошел в установленном порядке обучение и проверку знаний безопасности труда.

Работа с стендом должна производиться в чистом помещении, свободном от пыли, паров, кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающий коррозию. Недопустимо наличие открытого огня около прибора.

### **5.4 Особенности законодательного регулирования проектных решений**

К работе на стенде измерения параметров ультразвука допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющие медицинские противопоказания, прошедшие обучение безопасности труда и инструктаж на рабочем месте.

К самостоятельной работе допускаются работники после специального обучения и проверки знаний норма и правил работы с электроустановками, правил безопасности работы с газовыми баллонами, приобретенных навыков и безопасных способов выполнения работы на

стенде измерения параметров ультразвука, имеющие не менее II группы по электробезопасности и получившие допуск к работе с газовыми баллонами.

Повторная проверка знаний норм и правил электробезопасности, правил безопасной работы с газовыми баллонами проводится с работниками не реже 1 раза в 12 месяцев, повторный инструктаж на рабочем месте – не реже 1 раза в 3 месяца

Проведение всех видов инструктажа должно оформляться в Журнале регистрации инструктажа установленного образца, с обязательными подписями получившего и проводившего инструктаж, с указанием даты проведения инструктажа, наименования и номеров инструкции на виды работ, по которым проводится инструктаж.

По данной теме рассматриваются законодательный и нормативные документы:

- инструкция № 2-25 по охране труда при выполнении работ на установке Gas Reaction Controller;
- инструкция № 2-14 по охране труда при работе с электрооборудованием напряжением до 1000 В ;
- инструкция № 2-07 по охране труда при работе с баллонами, работающими под давлением.

Документы по воздействию ПЭВМ:

- инструкция № 2-08 по охране труда при работе с ПЭВМ и ВДТ;
- СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы;
- ГОСТ Р 50948-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности;
- ГОСТ Р 50949-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности;

– ГОСТ Р 50923-96. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения.

Микроклимат:

– ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные помещения.

Параметры микроклимата в помещении;

– ГОСТ 12.1.005 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;

– СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

### **5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

При обнаружении неисправной работы стенда измерения параметров ультразвука необходимо прекратить работу, выйти из программы, отключить питание компьютера, отключить генератор сигналов, частотомер, стенд измерения параметров ультразвука от электросети и известить об этом руководителя.

При возникновении возгорания необходимо немедленно прекратить работу, отключить электрооборудование, позвонить в подразделение пожарной охраны по телефону 01 или 010, сообщить о случившемся руководителю подразделения и приступить к тушению огня первичными средствами пожаротушения.

При поражении работника электрическим током необходимо как можно скорее освободить пострадавшего от воздействия электрического тока, проверить состояние пострадавшего и вызвать при необходимости скорую помощь. До приезда скорой помощи оказать пострадавшему необходимую первую помощь или, при необходимости, организовать доставку пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение, о произошедшем несчастном случае поставить в известность руководителя структурного подразделения.

Еще вероятная чрезвычайная ситуация (ЧС) – это пожар.

Пожарная профилактика основывается на устранении благоприятных условий возгорания. В рамках обеспечения пожарной безопасности решаются четыре задачи: предотвращение пожаров и возгорания, локализация возникших пожаров, защита людей и материальных ценностей, тушение пожара. Предотвращение пожара достигается путем исключения легко воспламеняемых предметов и источников возгорания, а также поддержанием среды в условиях, препятствующих возгоранию [22].

В современных ЭВМ очень высокая плотность размещения элементов электронных схем. В непосредственной близости друг от друга располагаются соединительные провода, коммутационные кабели, элементы электронных микросхем. При протекании по ним электрического тока выделяется определенное количество теплоты, что может привести к повышению температуры до 80 – 100 °С. При этом возможно плавление изоляции, и как следствие короткое замыкание, которое сопровождается искрением и ведет к недопустимым перегрузкам элементов микросхем. Для отвода избыточной теплоты в ЭВМ используют внутренние вентиляторы.

Напряжение к электроустановкам подается по кабельным линиям, которые так же представляют особую пожарную опасность. Пожарная опасность производственных зданий и помещений определяется особенностями выполняемых в них технологических процессов.

Возникновение пожара в рассматриваемом помещении обуславливается следующими факторами:

- наличие легко воспламеняемых элементов: документы, двери, столы и т.п.;
- наличие кислорода, как окислителя процессов горения.

Пожар может возникнуть из-за:

- неисправности электропроводки, розеток и выключателей, которые могут привести к короткому замыканию или пробое изоляции;
- использования поврежденных электроприборов;

- использования в помещении электронагревательных приборов с открытыми нагревательными элементами;
- попадания молнии в здание;
- неаккуратного обращения с огнем и несоблюдения мер пожарной безопасности.

Согласно классификации производств по пожарной опасности (ППБ-03), в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества помещения делятся на категории А, Б, В, Г, Д. Данное помещение относится к категории В, поскольку горючие вещества и материалы находятся в твердом состоянии без выделения пыли.

Для тушения пожара имеются пожарные стволы, внутренние пожарные водопроводы, огнетушители и сухой песок [23].

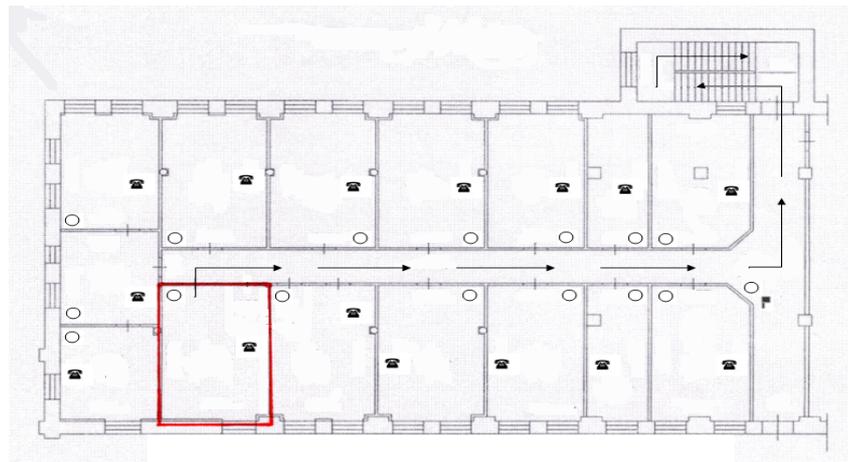
Вода используется для тушения пожаров в помещениях программистов только в случае опасности повреждения или полного выхода из строя дорогостоящего оборудования. При этом, по возможности, необходимо защитить компьютеры от попадания влаги.

Для тушения пожаров на начальных стадиях широко применяются огнетушители. Поэтому в отделах с ПЭВМ применяются главным образом углекислотные огнетушители, достоинством которых является высокая эффективность тушения пожара и сохранность электронного оборудования.

Благодаря диэлектрическим свойствам углекислого газа можно использовать эти огнетушители даже в том случае, когда не удастся обесточить электроустановку сразу [24].

Для предотвращения возникновения пожара с работниками здания проводятся специальные семинары, на которых происходит знакомство с основами противопожарной безопасности и обучение работе с первичными средствами пожаротушения.

На рисунке 27 изображен план эвакуации.



Размещение на плане эвакуации:  
 ○ - огнетушитель  
 ☎ - телефон  
 → - путь движения при эвакуации  
 ■ - пожарный кран

Рисунок 27. План эвакуации

### 5.6 Расчет воздухообмена в жилых и общественных помещениях

В жилых и общественных помещениях постоянным вредным выделением является выдыхаемая людьми углекислота ( $CO_2$ ). Определение необходимого воздухообмена производится по количеству углекислоты, выделяемой человеком и по допустимой концентрации её.

Потребный воздухообмен в жилых и общественных помещениях определяется по формуле [25]:

$$L = \frac{G}{x_B - x_H}, \quad (5.6.1)$$

При выполнении работы на установке по насыщению водородом образцов работает один человек.

Выделяемое количество  $CO_2$  одним человеком = 23 л/ч.

Допустимая концентрация вредности в воздухе рабочей зоны помещения (согласно ГОСТ 12.1.005-88)  $x_B = 1$  л/м<sup>3</sup>.

Допустимая концентрация вредности в воздухе больших городов (ГН 2.1.6.1338-03)  $x_H = 0,5$  л/м<sup>3</sup>.

Определим потребный воздухообмен для помещения по формуле (5.6.1):

$$L = 23 / (1 - 0,5) = 46 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

**Вывод:** в ходе рассмотрения безопасности и гигиены труда при осуществлении работ по наводороживанию с помощью стенда измерения параметров ультразвука, были выявлены вредные и опасные факторы рабочей зоны, причины и средства защиты, рассмотрены чрезвычайные ситуации и поведение в них. Также был произведен расчет воздухообмена в помещении рабочей зоны с стендами измерения параметров ультразвука, в котором работает один человек. Рассчитанный воздухообмен помещения равен  $46 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

### **Заключение**

В теоретической части было изучено, что параметры решётки ВТ6 и объём долей фаз могут определяться с помощью рентгеноструктурного анализа. По методу Виккерса мы можем измерить микротвёрдость металлов. Был изучен такой метод исследования механических свойств, как одноосное растяжение. Были проведены предварительные исследования структурно-фазового состояния титанового сплава ВТ6 в исходном мелкозернистом состоянии. При анализе экспериментальных данных было установлено, что водород определённой концентрации может влиять на механические свойства титановых сплавов. Это воздействия водорода на титановые сплавы преимущественно включают в себя водородное охрупчивание и водородное пластифицирование. Из графиков растяжения видно, что при насыщении титанового сплава ВТ6 водородом до концентрации больше, чем 0,3 % образец сплава разрушается хрупко на упругой части кривой растяжения.

В процессе формирования бюджета были использованы группировки по материальным затратам (2700 руб), затратам на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ (62088 руб), затратам по основной заработной плате исполнителей темы (67967 руб), затратам по дополнительной заработной плате (8156,04 руб), отчислениям во внебюджетные фонды (20629,34 руб). Всего бюджет составил 161540,38 руб.

Данная оценка коммерческой ценности необходима, чтобы представлять финансовое состояние и перспективы проводимых научных исследований.

В ходе рассмотрения безопасности и гигиены труда при осуществлении работ по наводороживанию с помощью стенда измерения параметров ультразвука, были выявлены вредные и опасные факторы рабочей зоны, причины и средства защиты, рассмотрены чрезвычайные ситуации и поведение в них. Также был произведен расчет воздухообмена в помещении рабочей зоны с стендами измерения параметров ультразвука, в котором работает один человек. Рассчитанный воздухообмен помещения равен 46 м<sup>3</sup>/ч.

### Список использованных источников

1. <https://ru.wikipedia>.
2. Валиев Р.З., Александров И.В. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. – М.: Логос, 2000. – 272 с.
3. И.Н. Самарова. Водородное охрупчивание титана и его сплавов. – 2012.-42 с.
4. Колачев Б. А., Габидуллин Р. М., Пигузов Ю. В. Технология термической обработки цветных металлов и сплавов. Учебник (2-е издание, переработанное и дополненное). М.: Metallurgy. 1992. — 272 с.
5. Белова С.Б., Колачев Б.А., Мамонов И.М. Параметры диффузии элементов замещения в  $\alpha$ - и  $\beta$ -титане // Научные труды (Вестник МАТИ). 2002. №5(77). С. 5–9.
6. Ильин А.А. Механизм и кинетика фазовых и структурных превращений в титановых сплавах. - М.: Наука, 1994. - 304 с.
7. Ильин А.А., Колачев Б.А., Носов В.К., Мамонов А.М. Водородная технология титановых сплавов. – М.: МИСИС, 2002. – 390 с.
8. Скворцова С.В. Структурные аспекты комплексных технологий обработки титановых сплавов, основанных на термическом воздействии: Автореф. дисс. д.т.н. М. 2008.60с.
9. Мамонов А.М. Научные основы и технология термоводородной обработки полуфабрикатов и изделий из конструкционных и жаропрочных титановых сплавов: Автореф. дисс. д.т.н.. М. 1998. 44 с.
10. Kolachev B A. Hydrogen Embrittlement for Nonferrous Metals. Moscow: Metallurgy Press, 1996, 73-74.
11. Hirth J P. Effect of hydrogen on the properties of iron and steel // Met Trans, 1980, 11(6): 861-890.
12. Yeh M S. Hydrogen-induced subcritical crack growth in Ti-6Al-4V alloy // Mat Sci and Eng A, 1998, 242:96.

13. Feng J C, H, He P. Effect of hydrogen on diffusion bonding of the hydrogenated Ti-6Al-4V alloy containing 0.3% hydrogen International Journal of Hydrogen Energy, 2007, 32(14): 3054-3068.
14. Меркулова, Г. А. Металловедение и термическая обработка цветных сплавов: учеб. пособие / Г. А. Меркулова. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2008. – 312 с.
15. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений "Методы менеджмента качества" №1 2003 г.
16. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Функционально-стоимостный анализ. Экскурс в историю. "Методы менеджмента качества" №7 2002 г.
17. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с.
18. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. – 399 с.
19. Сущность методики FAST в области ФСА [Электронный ресурс] <http://humeur.ru/page/sushhnost-metodiki-fast-v-oblasti-fsa>
20. P. Hautojarvi, C. Corbel, in: Proceedings of the International School of Physics "Enrico Fermi", Course CXXV, Ed. A. Dupasquier, A.P. Mills, IOS Press, Varenna 1995, p. 491.
21. R. Krause-Rehberg and H. S. Leipner, Positron Annihilation in Semiconductors (Springer, Heidelberg, 1999).
22. P. Asoka-Kumar, K. G. Lynn, and D. O. Welch, J. Appl. Phys. 76, 4935 (1994).
23. R. N. West, in: Positron in Solids, Topics in Current Physics vol., 12, Ed. P. Hautojarvi, Springer-Verlag, Berlin 1979, p. 89.
24. R. Suzuki, Y. Kobayashi, T. Mikado, H. Ohgaki, M. Chiwaki, T. Yamazaki, and T. Tomimatsu, Jpn. J. Appl. Phys. B 30, L532 (1991).
25. K. Saarinen, J. Nissila, P. Hautojärvi, J. Likonen, T. Suski, I. Grzegory, B. Lucznik, and S. Porowski, Appl. Phys. Lett. 75, 2441 (1999).