

**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>Исследование влияния водорода на параметры распространения рэлеевской волны в титановом сплаве ВТ6.</b>

УДК 669.295.5:543.272:669.788

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б30	Инь Хуавэй		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гаранин Георгий Викторович	К. Т. Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность 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.



<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Обзор литературных источников;</li> <li>– Подготовка образцов;</li> <li>– Исследование влияния водорода на параметры распространения рэлеевской волны в титановом сплаве ВТ6;</li> <li>– Анализ полученных результатов;</li> <li>– Социальная ответственность;</li> <li>– Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;</li> <li>– Заключение.</li> </ul>
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
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>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОФ ФТИ	Гаранин Георгий Викторович	к. т. н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б30	Инь Хуавэй		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
150Б30	Инь Хуавэй

<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>

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Определение стоимости ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых информационных и человеческих</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Знакомство и отбор норм и нормативов расходования ресурсов</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Знакомство с системой налогообложения, со ставками налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НИИ</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет.</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Определение ресурсной, финансовой, экономической составляющей</i>
<b>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i></li> <li>2. <i>Матрица SWOT</i></li> <li>3. <i>Альтернативы проведения НИ</i></li> <li>4. <i>График проведения и бюджет НИ</i></li> <li>5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i></li> </ol>	

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

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
150Б30	Инь Хуавэй		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
150Б30	Инь Хуавэй

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

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

<p>1. <i>Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, 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. <i>Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i></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</li> </ul>

	<p>эргономические требования и требования безопасности;</p> <ul style="list-style-type: none"> <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 измерения.</li> </ul> <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> </ul>	<p>3. Факторы рабочего места, влияющие на окружающую среду:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Выброс в атмосферу рабочего газа;</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <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>	<ul style="list-style-type: none"> <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> <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>	<p>5. Правовые вопросы обеспечения безопасности</p>
<b>Перечень графического материала:</b>	
<p>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</p>	<p>1.Схема расположения оборудования; 2. План размещения светильников на потолке рабочего помещения.</p>

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

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 77 с., 23 рисунков, 6 таблиц, 40 литературных источника.

Ключевые слова: титановый сплав ВТ6, водород, водородное охрупчивание, акустические методы контроля, рэлеевская волна, скорость распространения рэлеевской волны, коэффициент затухания распространения рэлеевской волны.

Объектом исследования являются акустические свойства образцов из титанового сплава ВТ6, с формой в виде двухсторонней лопатки с размером рабочей части (шейки) 30x8 мм; толщина образцов составляла 1,5 мм. Образцы были использованы для исследования влияния водорода на параметры распространения рэлеевской волны в титановом сплаве ВТ6 с использованием методов акустического неразрушающего контроля. Получены зависимости влияния содержания водорода на скорость и коэффициент затухания рэлеевской волны.

**Цель работы** - изучение влияния содержания водорода в титановом сплаве ВТ6 на параметры распространения рэлеевской волны.

В первой главе представлен теоретический обзор описания водородной хрупкости ВТ6. Далее проведен акустический неразрушающий метод контроля.

Во второй главе описаны экспериментальные методы и приборы для измерения скорости и коэффициента затухания распространения рэлеевской волны.

В третьей главе описаны результаты проведенного исследования.

Область применения: результаты работы могут быть применены для разработки методики неразрушающего контроля содержания водорода и водородного охрупчивания в титановом сплаве ВТ6.

## Содержание

Введение.....	1
Глава 1 Применение ультразвуковых методов для контроля водородного охрупчивания титанового сплава ВТ6 .....	2
1.1 Свойства и применение титанового сплава ВТ6.....	2
1.2 Водородная хрупкость сплава ВТ6 .....	3
1.3 Система титановый сплав ВТ6 – водород .....	4
1.4 Физические основы акустических неразрушающих методов контроля.....	5
1.5 Рэлеевские волны (поверхностные волны).....	8
1.5.1 Затухание рэлеевской волны .....	10
1.5.2 Влияние дефектов поверхности на распространение рэлеевской волны.....	11
Глава 2 Методы исследования .....	12
2.1 Подготовка образцов.....	12
2.2 Получение рэлеевских волн .....	14
2.3 Измерение скорости распространения рэлеевской волны методом автоциркуляции .....	15
2.4 Измерение коэффициента затухания распространения рэлеевской волны импульсным методом.....	20
Глава 3 Результаты и их обсуждение.....	24
3.1 Исследование влияния водорода на скорость распространения рэлеевской волны в титановом сплаве ВТ6 .....	24
3.2 Исследование влияния водорода на коэффициент затухания распространения рэлеевской волны в титановом сплаве ВТ6 .....	28
Заключение .....	34
Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	36
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурс эффективности и ресурсосбережения .....	36

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	36
4.1.2 Технология QuaD.....	37
4.1.3 SWOT-анализ .....	39
4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	40
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	40
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения НИОКР .....	41
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования .....	42
4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	46
4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ .....	46
4.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.....	47
4.3.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы..	48
4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	50
4.3.5 Формирование бюджет затрат НТИ .....	51
Глава 5. Социальная ответственность.....	53
5.1 Техногенная безопасность.....	53
5.2 Анализ вредных и опасных факторов .....	54
5.2.1 Электромагнитные поля .....	54
5.2.2 Шум.....	55
5.2.3 Освещение .....	56
5.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности .....	57
5.4 Особенности законодательного регулирования проектных решений.....	58
5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	59
5.6 Расчет воздухообмена в жилых и общественных помещениях .....	62
Вывод.....	63
Список использованных источников .....	64

## **Введение**

Данная работа посвящена разработке экспрессного акустического неразрушающего метода контроля содержания водорода в титановом сплаве ВТ6. Изделия из титановых сплавов, в том числе и из сплава ВТ6, широко используются в различных отраслях промышленности благодаря высокой коррозионной стойкости, коррозионно-механической прочности [1]. Но в процессе обработки и эксплуатации, поверхность и объем изделий могут подвергаться воздействию водорода, что приводит к водородному охрупчиванию, и влияет на механические свойства сплава. Таким образом, контроль водородного охрупчивания является особенно важным. Скорость рэлеевской волны, и её затухание тесно связаны с упругими и механическими свойствами поверхности исследуемого материала. Таким образом, измеряя скорость поверхностной волны и её затухание, можно получить информацию о свойствах исследуемого материала [2].

Цель работы: изучение влияния содержания водорода на параметры распространения рэлеевской волны в титановом сплаве ВТ6.

Для достижения цели были решены следующие задачи:

1. Изучить свойства титанового сплава ВТ6.
2. Освоить работу на стенде акустических измерений.
3. Изучить свойства системы металл-водород.
4. Измерить скорость и коэффициент затухания рэлеевской волны в исходных образцах из титанового сплава ВТ6.
5. Подготовить образцы с различным содержанием водорода.
6. Определить зависимости параметров распространения рэлеевской волны от содержания водорода в сплаве ВТ6.

# Глава 1 Применение ультразвуковых методов для контроля водородного охрупчивания титанового сплава ВТ6

## 1.1 Свойства и применение титанового сплава ВТ6

Свойства титановых сплавов могут улучшаться путем добавления легирующих элементов, стабилизирующих  $\beta$ -фазу при термической обработке двухфазных ( $\alpha+\beta$ ) сплавов. Преимуществом двухфазных ( $\alpha+\beta$ ) - сплавов является способность затвердевать путем термической обработки (заковки и старения), что позволяет получить значительный прирост прочности и термостойкости. Благодаря более пластичной  $\beta$ -фазе эти сплавы более технологичны и лучше обрабатываются давлением, чем  $\alpha$ -сплавы [3].

Титановый сплав ВТ6 относится к ( $\alpha+\beta$ ) - сплавам. Его типичная микроструктура состоит из фазы  $\alpha$ , которая формируется из высоко температурной  $\beta$ -фазы, и частичных остаточных включениях  $\beta$ -фазы [4]. Размер зерна его  $\alpha$  фазы меньше чем у других  $\alpha$ -сплавов, также  $\alpha$  фаза имеет особенности расположения. В сплаве ВТ6 границы  $\beta$ -фазы отчетливо выделяются. Граница зерен содержит различные по форме и размерам пучки фаз  $\alpha$ . На рисунке 1.1 показана типичная микроструктура титанового сплава ВТ6.

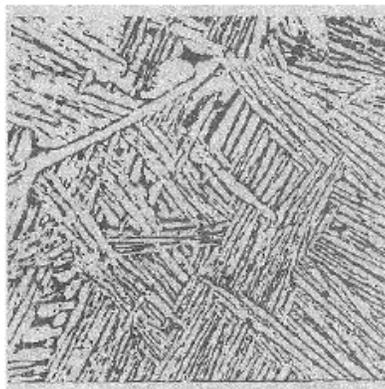


Рис.1.1 типичная микроструктура титанового сплава ВТ-6

Химический состав в ВТ6										
Fe	C	Si	V	N	Ti	Al	Zr	O	H	Приме- сей
≤ 0.3	≤ 0.1	≤ 0.15	3.5-5.3	≤ 0.05	86.45- 90.9	5.3-6.8	≤ 0.3	≤ 0.2	≤ 0.015	Прочи- х 0.3

Таб. 1.1 Химический состав в ВТ6

Легирующие элементы ВТ6, которые имеют общие черты коррозионной стойкости титана, включают Al, Sn, O, N, C [5]. В титановый сплав входит алюминий, который благоприятно влияет на жаропрочность и прочность продукции, а также ванадий, способный повысить прочность металла и сделать его более пластичным.

Титановый сплав ВТ6 может участвовать во многих соединениях, его химические свойства активны. В то же время ВТ6 имеет чрезвычайно высокую устойчивость к коррозии является одним из немногих металлов: Он почти вечен в холодной и кипящей воде, в воздухе, очень устойчив в неорганических и органических кислотах, растворах многих солей и морской воде [6]. Из-за его стойкости к коррозии в морской воде он превосходит все металлы, кроме драгоценных металлов - золота, платины и т.д. [7].

## 1.2 Водородная хрупкость сплава ВТ6

Водород, вызывающий водородную хрупкость титановых сплавов. Водородная хрупкость титана и его сплавов заключается в резком снижении механических свойств [8]. В данной работе исследование внешнего водородного охрупчивания - происходит в результате поглощения водорода твердым металлом. Это может произойти во время термообработки при высокой температуре и во время работы.

Так же водород поступает в металл во время плавки и последующей обработки, в частности при травлении полуфабрикатов [9]. Водород не растворяется в  $\alpha$ -титане

и он образует гидридную фазу, что снижает ударную вязкость, особенно при испытаниях с задержкой разрушения.

Характерные признаки водородного охрупчивания  $\alpha+\beta$ -титановых сплавов определяются наличием гидридной фазы. Водород является элементом, стабилизирующим  $\beta$ -фазу, он имеет большее сродство с  $\beta$ -фазой в  $\alpha+\beta$ -сплавах чем с  $\alpha$ -фазой [10]. Из-за того, что водород легко растворяется в  $\alpha$ -фазе, по сравнению со сплавами с непрерывной  $\beta$ -фазой, и сплавами с однородной микроструктурой, в титановом сплаве ВТ6 образование гидридной фазы начинается при более низкой концентрации водорода [11]. Алюминий, добавляют для повышения растворимости водорода в  $\alpha$ -фазе и препятствуют образованию гидридной фазы в сплаве. Водород может быть удален из металла посредством отжига.

Титановый сплав ВТ6 используется в сборных конструкциях летательных аппаратов, применяется для изготовления отдельных деталей газовых турбин и двигателей, в медицине, для изготовления крупногабаритных сварных изделий различного назначения. Он может сохранять хорошую технологическую пластичность в горячем состоянии, что позволяет получать различные полуфабрикаты из него: листы, прутки, плиты, поковки, штамповки, профили и др.

### **1.3 Система титановый сплав ВТ6 – водород**

Задача исследования влияния водорода и дефектов водородного происхождения на физико-механические свойства по-прежнему является актуальной. Для гидридообразующих титановых сплавов ВТ6, водород - одна из самых вредных примесей и не может служить легирующим для него элементом. Поэтому многочисленные исследования направлены на устранение вредного влияния водорода на свойства ВТ6. Малая растворимость водорода в титане приводит к образованию гидридов даже при небольших концентрациях внедренного водорода. Гидридные выделения снижают пластичность металла и

уменьшают его трещиностойкость. Степень деградации прочностных характеристик сплавов напрямую зависит от содержания водорода.

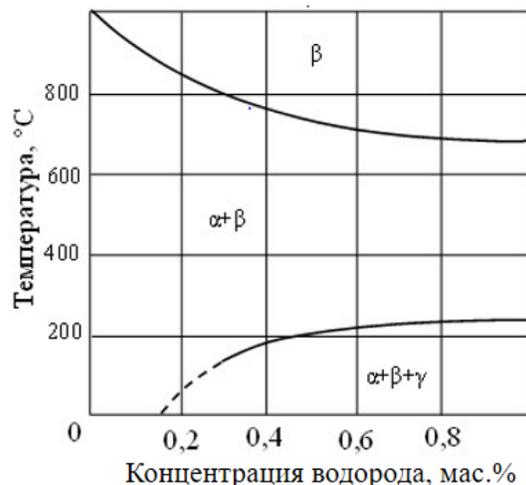


Рис. 1. 2. Фазовая диаграмма системы титановый сплав ВТ6 – водород [12]

#### 1.4 Физические основы акустических неразрушающих методов контроля

Акустические неразрушающие методы контроля оккупируют центральные места среди методов неразрушающего контроля. Они имеют высокую чувствительность, способность, выявлению дефектов различных размеров и формы. Акустические неразрушающие методы могут проводить контроль разнообразных образцов и материалов. Выгодная отличительная особенность акустических неразрушающих методов - возможность обнаружения дефектов, расположенных внутри образцов. Используя акустические методы, можно не только обнаружить дефект, но и определить его местоположение в изделии, указать, хотя бы приближенно, его размеры, сделать заключение о форме дефекта [13]. Для правильного использования методов необходимо знать физические основы.

Генерация ультразвуковых волн опирается на высокочастотную вибрацию источника звука и упругую среду распространения механической вибрации. Таким образом, механические вибрации и колебания являются физической основой акустических неразрушающих методов контроля [14]. Колебания- это такие процессы, при которых состояние системы воспроизводится через определенные

промежутки времени. Колебания бывают различной физической природы, мы используем акустические колебания.

Физические величины, описания ультразвуковых основных физических характеристик - скорость звука  $c$ , длина волны  $\lambda$ , частота  $f$ , период  $T$ , циклическая частота  $\omega$  [15]. Частота и период определяются источником волны, и скорость звука определяется формой волны. Отношения между этими величинами следующее:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{\lambda}{c} \quad (1.1)$$

Говорят, что такие волны имеют линейную поляризацию, они относятся к объемным волнам [16]. Среди объемных различают продольные и поперечные волны, распространяющиеся вдоль свободной границы твердого тела и быстро затухающие с глубиной, являются поверхностными волнами (волны Рэлея).

Если упругая волна падает на границу раздела двух сред, то могут происходить несколько явлений: отражение, преломление и трансформация волн. Угол падения, при котором преломленная поперечная волна выходит на поверхность раздела сред, называется вторым критическим углом,  $\beta_2$ . Преломленная поперечная волна при этом превращается в поверхностную волну Рэлея. При значениях угла падения, превышающих  $\beta_2$ , объемные однородные волны во второй среде отсутствуют. Значение критического угла для границы оргстекло-сталь таковы:  $\beta_2 = 56^\circ - 57^\circ$  [17].

На рис. 1.3 схематично показано, какие волны возникают во второй среде при падении продольной волны при  $c_{\text{пада}} < c_{\text{пр}}$ .  $c_{\text{пр}}$  - преломленная скорость и  $c_{\text{пад}}$  - падающая скорость. При  $\beta > \beta_2$  объемных волн во второй среде нет, а вдоль границы раздела бежит поверхностная волна. На этой основе мы получили рэлеевской волны в эксперименте.

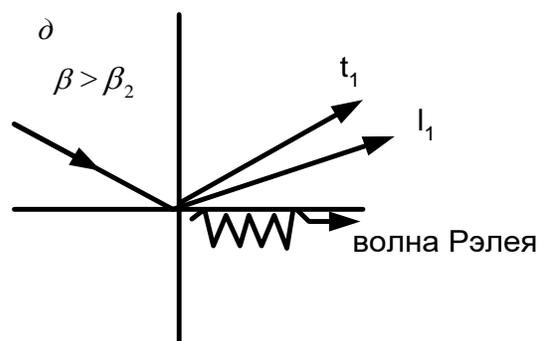


Рис. 1.3 Отражение, преломление и трансформация волн при разных углах падения

Передача и прием упругой волны представляет собой электрический преобразователь [18]. Электроакустические преобразователи трансформируют электрическую энергию в механические колебания и обратно.

Ультразвуковые измерения контактным способом используют контактные преобразователи, которые прижимают к поверхности образцов, предварительно смазанной контактной жидкостью [19]. Иногда слой жидкости заменяется эластичным протектором. Толщина слоя контактной среды не превышает  $\lambda/2$ .

В ходе эксперимента, наибольшее применение находят пьезоэлектрические преобразователи [20]. Пьезоэлектрические преобразователи. В основу положен принцип прямого и обратного пьезоэффекта. Прямым пьезоэффектом называется возникновение связанных электрических зарядов на поверхности тела при его деформации (рис. 1.4, а). Если на пластинку из пьезоэлектрического материала падает упругая волна, вызывая его деформацию, то на поверхности пластинки возникают переменные электрические заряды [21-23]. Это явление используется при приеме упругих волн. Обратным пьезоэффектом называется изменение размеров тела в электрическом поле ( $E$  на рис. 1.4, б). Явление обратного пьезоэффекта применяют для возбуждения волн.

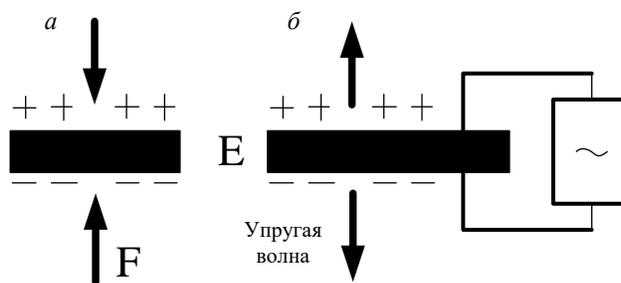


Рис. 1.4 Явления прямого (а) и обратного пьезоэффекта (б)

Прямой и обратный пьезоэлектрический эффект наблюдается в некоторых кристаллах, такие как кварц. Для возбуждения нужного вида колебаний пластинку вырезают вдоль определенного кристаллографического направления. Ультразвуковой контроль преобразователя, обычная сегнетоэлектрическая пьезоэлектрическая керамика. Пьезокерамическому материалу придают требуемую форму, пока он находится в пластичном состоянии.

### 1.5 Рэлеевские волны (поверхностные волны)

В общем случае в среде могут распространяться упругие волны нескольких типов, характеристики которых несут информацию о различных свойствах среды [24]. Наряду с объёмными (продольными и поперечными) упругими волнами в исследованиях широко применяются поверхностные волны.

Если твёрдое тело ограничено, то помимо продольных и поперечных волн в нём могут существовать и другие типы волн, характеристики которых определяются наличием границы. Граница изменяет упругие свойства твёрдого тела около неё и вдали от неё по-разному. Так, свободная поверхность твёрдого тела оказывается своеобразным волноводом, способным переносить упругие волны, локализованные в приповерхностном слое - поверхностные волны; они называются также волнами Рэлея. Рэлеевская волна состоит из продольных и поперечных волн, которые распространяются вдоль границы полупространства с теми же скоростями и влажностью с глубиной, [25-28] она локализована в поверхностном слое толщиной  $\lambda_R$ .

Для практических расчётов удобно пользоваться приближённым решением уравнения.

$$c_R \approx c_t \frac{0.875 + 1.125\sigma}{1 + \sigma} \quad [4]$$

Величина  $c_R/c_t$  слабо зависит от коэффициента Пуассона. Согласно формуле, в практически интересном диапазоне  $0.25 \leq \sigma \leq 0.35$  получается  $c_R \approx (0.92 - 0.94) c_t$ .

На рис.1.5 показан характер деформации среды при распространении в ней поверхностной волны [29].

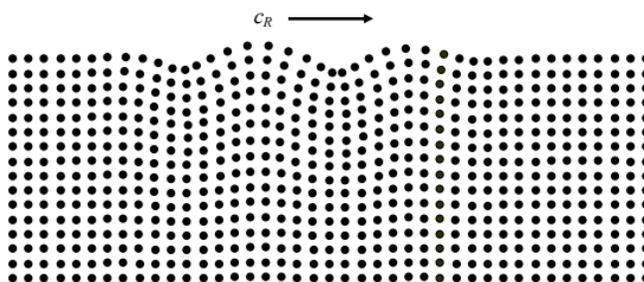


Рис.1.5 Деформация среды при распространении в ней поверхностной волны Рэля

Видно, что рэлеевская волна не похожа ни на продольную, ни на поперечную волну. Кроме уже обсуждённой выше локализации деформаций вблизи поверхности в слое порядка длины волны, отметим смешанный продольно-поперечный характер смещений частиц среды.

Применение рэлеевских волн в различных измерительных устройствах вызвано особенностями данных волн: Использование рэлеевской волны в различных измерительных устройствах обусловлено особенностями этих волн:

- 1) Звуковой сигнал может быть получен из любой точки распространения поверхностной волны [30];
- 2) относительно большая концентрация энергии в волне из-за малости слоя локализации волны.

Таким образом, рэлеевская волна широко используются в исследованиях свойств поверхности и свойств поверхностного слоя тела.

### 1.5.1 Затухание рэлеевской волны

Так как волны Рэлея не проникают в глубину твердого тела, их амплитуда отличается от источника (в дифракционной зоне Фраунгофера) уменьшением с расстоянием  $R$  пропорционально  $(k_R R)^{-1/2}$  из-за расходимости волнового пучка, излучаемого источником [31]. Это уменьшение то же самое с цилиндрическими волнами, т.е. Медленнее, чем объем, в котором аналогичная зависимость можно описываться законом  $(k_l, rR)^{-1}$ .

Уменьшение амплитуды волн Рэлея, обусловленное поглощением и рассеянием упругой энергии, должно характеризоваться особенностями, характерными для продольных и поперечных волн, поскольку волна Рэлея, как уже отмечалось, представляет собой комбинацию этих волн. Изучение поглощения и рассеяния рэлеевских волн довольно слабо на ультразвуковых частотах. Но изучение затухание объемных (продольных и поперечных) ультразвуковых волн подробно [32]. Коэффициент затухания рэлеевской волны на длине волны представляет собой линейную комбинацию аналогичных коэффициентов затухания продольных и поперечных волн:

$$\gamma = C\alpha + (1 - C)\beta, \quad (1.2)$$

Величина  $C$  зависит от коэффициента Пуассона  $\nu$ . Для всех материалов, удельный вес  $\beta$  больше, чем  $\alpha$ , т. е. примерно при тех же значениях  $\alpha$  и  $\beta$  коэффициент затухания рэлеевской волны  $\gamma$  в основном определяется затуханием поперечной волны  $\beta$ .

Если на поверхностном слое имеют дефекты, то они сильно влияют на распространение рэлеевских волн. При распространении рэлеевской волны вдоль поверхности любой вид дефектов (трещины, царапины, неровности и т. д.) вызывает рассеянную (отраженную) рэлеевскую волну [33], а также продольную и поперечную волны, распространяющиеся вовнутрь среды. Из-за этих явлений исходная волна Рэлея будет ослаблена.

### **1.5.2 Влияние дефектов поверхности на распространение рэлеевской волны**

При распространении рэлеевской волны по поверхности, любые дефекты (трещины, царапины, неровности и т. Д.) вызывают рассеянные (отраженные) рэлеевские волны, а также продольные и поперечные волны, распространяющиеся глубоко в среду. Из-за этих разбросов исходная рэлеевская волна будет ослаблена. Вопрос о влиянии поверхностных дефектов на распространение рэлеевских волн очень важен для использования волн. Вопрос можно разделить на две части - влияние единичных и множественных дефектов на рэлеевскую волну. Экспериментальное влияние на поверхность дефектов на поверхности волны Рэлея в модели дефекта. Эксперименты по исследованию влияния единичных дефектов поверхности на распространение рэлеевской волны происходят на поверхностных дефектах. Обычно рассматривается два типа моделей поверхностных дефектов: линейные поверхностные дефекты и местные дефекты.

В первой главе представлено описание свойств титанового сплава ВТ6, а также явление водородной хрупкости в сплаве ВТ6. Далее приведен краткий обзор акустических неразрушающих методов контроля. Описаны свойства рэлеевской волны и области её применения при неразрушающем контроле.

Степень деградации прочностных характеристик титанового сплава ВТ6 прямо зависит от содержания водорода, что ставит задачу разработки способа неразрушающего контроля содержания водорода и дефектов водородного происхождения.

## Глава 2 Методы исследования

### 2.1 Подготовка образцов

Образцы из ВТ6 в данной работе для исследования влияния водорода на параметры распространения рэлееской волны, имеют форму двусторонней лопатки с рабочей частью (шейкой) размером 30x8 мм; Толщина образцов составляла 1,5 мм.

После изготовления исходные образцы подвергались вакуумному отжигу при температуре 650 °С в течение 3 часов, с последующим охлаждением в вакуумной печи.

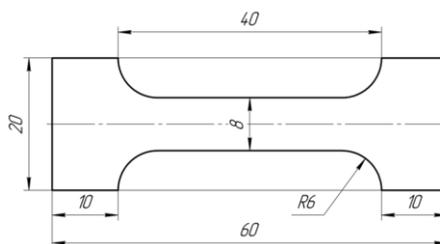


Рис.2.1 Эскиз исследуемых образцов из ВТ6

Образцы были насыщены водородом на установке Gas Reaction Controller фирмы Advanced Materials Corporation.

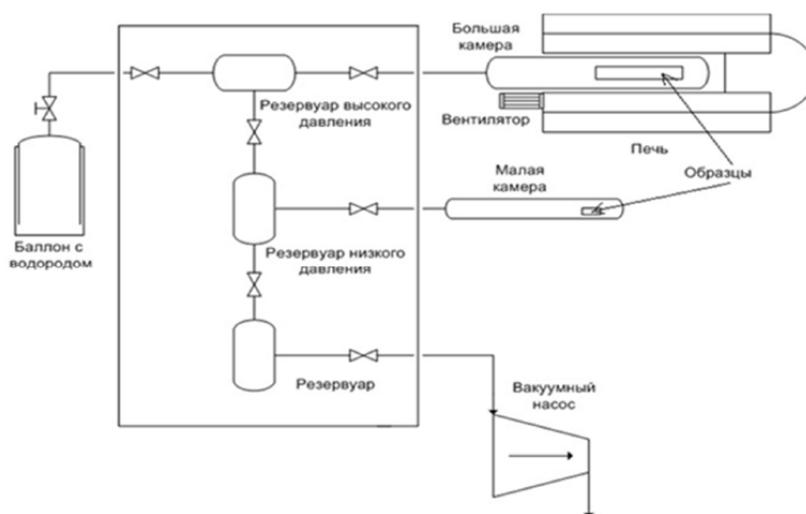


Рис. 2.2 Схема установки Gas Reaction Controller

Когда титан нагревается в атмосфере водорода, он поглощает водород до тех пор, пока не установится равновесная концентрация, которая зависит от парциального давления водорода в газовой среде. Соотношение между давлением водорода в газовой среде и концентрацией водорода в твердом растворе:

$$[H_x] = K \sqrt{P_{H_2}}$$

Где  $K$  - коэффициент распределения водорода;  $P_{H_2}$  - давление водорода в газовой фазе;  $[H_x]$  - концентрация водорода в твердом растворе.

Скорость поглощения водорода имеет высокое значение при температуре около  $300^\circ\text{C}$  и с дальнейшим повышением температуры быстро возрастает. При этих температурах гидриды титана формируются на поверхности титана, после образования которого происходит поглощение водорода с постоянной скоростью. Способность абсорбции водорода титаном уменьшается (но не полностью устраняется), если плотная оксидная пленка образуется на поверхности.

На первой стадии камера с образцом для наводороживания откачивается до давления  $10^{-3}$  торр, потом нагревается до температуры гидрирования  $T = 600^\circ\text{C}$  в течение 2 часов. Затем камера заполняется водородом с начальным давлением  $P_{H_2}$ . Начальное давление водорода выбирали экспериментально, чтобы получить заданную концентрацию водорода в образце. На заключительном этапе насыщения камеру снова откачивают до давления  $10^{-3}$  торр, при котором образцам дают остыть до комнатной температуры.

Интегральное содержание водорода (в мас. %) В образцах контролировали массовым методом в зависимости от соотношения:

$$n = \frac{m_{\text{обр}+H_2} - m_{\text{обр}}}{m_{\text{обр}}}$$

где  $m_{\text{обр}}$  - масса исходного образца,  $m_{\text{обр}+H_2}$  - масса наводороженного образца. В среднем масса исходного образца составляла 4 г. Погрешность измерения массы весами составляла  $\pm 0,1$  мг.

№ образца	Парциальное давление $P_{H_2}$ , торр	Концентрация водорода, мас. %
2	973	0,22±0,02
4	973	0,19±0,02
5	300	0,145±0,015
8	100	0,0375±0,0036
11	50	0,010±0,001
12	50	0,015±0,001
15	300	0,16±0,01
16	50	0,0175±0,0017
17	100	0,0425±0,0040
18	50	0,0125±0,0012

Таб. 2.1 Условия наводороживания образцов

## 2.2 Получение рэлеевских волн

Благодаря своим свойствам и особенностям, описанным ранее, рэлеевские поверхностные волны являются удобным инструментом для изучения свойств твердого тела. В нашей работе, для определения влияния водорода на параметры распространения ультразвуковой волны в сплаве ВТ6, также используются волны этого типа.

В настоящей работе для того чтобы получить рэлеевские волны, используется метод «клина», который преобразует продольные волны в рэлеевские. В методе (рис. 2.3) одна грань пластмассовой призмы имеет акустический контакт с поверхностью образца [34].

Пьезопластинка, которая располагается на наклонной грани призмы, излучает продольную плоскую волну. Продольная волна падает на угол  $\theta$  к границе сплава с призмой. Угол  $\theta$  выбирается из условия  $\sin \theta = c_{\text{КЛ}}/c$ , где  $c_{\text{КЛ}}$  - скорость продольной волны в пластмассовой призме;  $c$  - скорость рэлеевской волны в образце

(соотношение должно быть таким, что  $c_{\text{кл}} < c$ , поэтому материал призмы обычно из пластмассы). В то же время на границе призмы и сплава создано периодическое возмущение пространственного периода, которое равно длиной волны Рэлея в образце. Поскольку  $\theta = \arcsin(c_{\text{кл}}/c)$  больше, чем угол полного внутреннего отражения, для продольной и поперечной волн, волны, прошедшие в образец, являются неоднородными и её возмущение затухает с глубиной. Это возмущение происходит рэлеевскую волну, которая распространяется в направлении оси  $x$ , вдоль поверхности образца. Наилучшее возбуждение достигается, когда выступающая часть края призмы на наклонной поверхности совпадает с передней кромкой пьезоэлектрической керамической пластины, метод показан на рисунке 2.3. В методе «клина» только одна рэлеевская волна возбуждается, и уровень продольной волны составляет 20-30 дБ ниже.

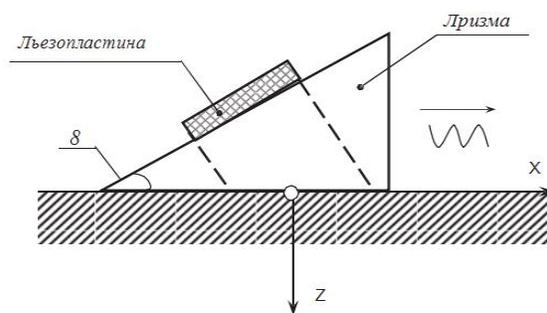


Рис.2.3 Схема метода «клина» для возбуждения рэлеевской волны

### 2.3 Измерение скорости распространения рэлеевской волны методом автоциркуляции

Определение скорости распространения рэлеевской волны осуществлялось на стенде акустических измерений, функциональная схема акустического стенда приведена на рисунке.

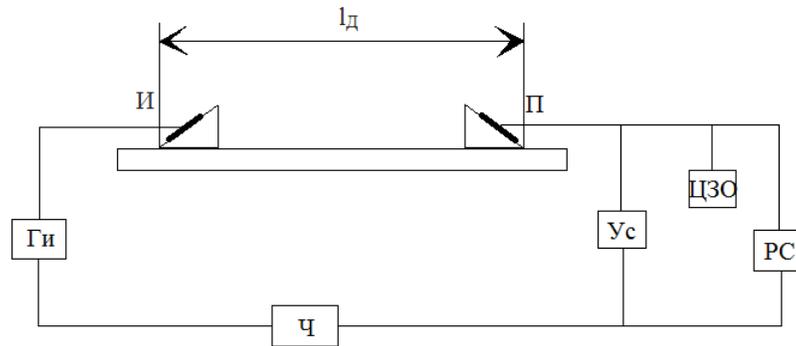


Рис. 2.4 Функциональная схема стенда для измерения скорости распространения рэлеевской волны методом автоциркуляции.

Обозначения: Г<sub>И</sub> - импульсный генератор, l<sub>д</sub> - базовое расстояние между датчиками, РС - компьютер, И - излучатель, ЦЗО - цифровой запоминающий осциллограф, П - приемник, Ч - частотомер, Ус - усилитель сигнала.

Стенд состоит из отдельных приборов, подключаемых по схеме, необходимой для проведения измерения выбранного параметра. В стенде используются: двухкоординатная система позиционирования датчиков и образца на основе позиционеров Standa 8MT175, контроллера PCI-7334 и драйвера шаговых двигателей MID-7602 фирмы National Instruments, импульсный генератор Tabor Model 8500, частотомер ЧЗ-85/3, цифровой запоминающий осциллограф Tektronix TDS2024В. Все приборы соединяются по интерфейсам RS232 и USB к персональному компьютеру, и снабжены программным обеспечением, позволяющим автоматизировать управление стендом и проведение измерений.

Внешний вид генератора импульсов, цифровой запоминающий осциллограф и частотомера приведены на рис. 2.5 и рис. 2.6 и рис. 2.7.

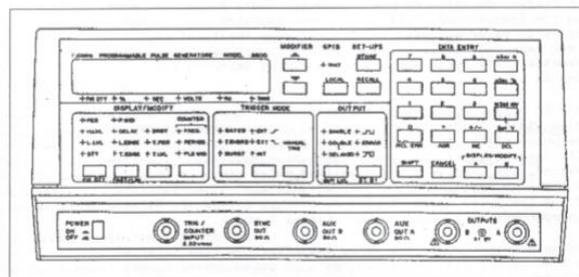


Рис. 2.5 Внешний вид импульсный генератор Tabor Model 8500



Рис. 2.6 Внешний вид частотомер ЧЗ-85/3



Рис 2.7 Внешний вид цифровой запоминающий осциллограф Tektronix TDS2024B

Для управления системой позиционирования ультразвукового стенда контроля в среде LabView разработано управляющее программное обеспечение, которое обеспечивает функционирование системы высокоточного позиционирования датчиков и образца. Система позиционирования датчиков и образца имеет два канала, первый используется для перемещения исследуемого образца вдоль датчиков, второй - для изменения расстояния между датчиками. При измерении частоты автоциркуляции получаемая с частотомера информация обрабатывается и записывается в файл вместе с координатами положения позиционеров [35].

Работа стенда осуществляется по следующему алгоритму: генератор импульсов формирует импульс, который через преобразователь-излучатель возбуждает в образце рэлеевскую волну. Возбужденный импульс распространяется

по образцу и регистрируется приемником. Контроль параметров регистрируемого импульса обеспечивается с помощью цифрового осциллографа. формирования синхронизирующего импульса заданной длительности. Импульс с выхода одновибратора подается на измерительный вход частотомера и на синхронизирующий вход генератора импульсов, замыкая тем самым петлю обратной связи генератора. Частота импульсов с выхода одновибратора, измеренная частотомером, является мерой скорости распространения рэлеевской волны в образце [36].

Измеряемым параметром для измерения скорости распространения рэлеевской волны является частота автоциркуляции. Частота автоциркуляции зависит от времени распространения сигнала по образцу и по цепям обратной связи, что можно выразить соотношением:

$$f_{Ц} = \frac{1}{t_{ЗАД} + t_{АП} + t_{ОБР}}, \quad (2.1)$$

где  $t_{ЗАД}$  - время задержки возбуждающего импульса относительно запускающего импульса;  $t_{АП}$  - время задержки сигнала, определяющееся используемой аппаратурой;  $t_{ОБР}$  - время распространения рэлеевской волны в образце,  $f_{Ц}$  - частота автоциркуляции.

Таким образом, мы можем определить время распространения рэлеевской волны в образце с помощью измерения частоты автоциркуляции и определения параметров устройства:

$$t_{ОБР} = \frac{1}{f_{Ц}} - t_{АП} - t_{ЗАД}, \quad (2.2)$$

Выражая через частоту автоциркуляции, получим выражение для определения скорости рэлеевской волны:

$$v_{р\acute{e}} = \frac{l_{д} f_{Ц}}{\frac{1}{f_{Ц}} - t_{АП} - t_{ЗАД} - (t_{АП} + t_{ЗАД}) f_{Ц}}, \quad (2.3)$$

Основные особенности метода автоциркуляции:

- 1) высокая степень автоматизации при проведении измерений;
- 2) высокая точность измерения.

## 2. Разностный метод

Для определения скорости рэлеевской волны, используется разностными методам. Используя датчик с изменяемым базовым расстоянием  $l_D$  появляется возможность определить скорость распространения рэлеевской волны  $V_{PB}$  с помощью разностного метода. Если мы измеряем две различной величины  $l_D$  в одном и том же образце, исходя из (2.3) можно записать следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} V_{PB} \left[ \frac{1}{f_{Ц1}} - (t_{АП} + t_{ЗД}) \right] &= l_{D1} \\ V_{PB} \left[ \frac{1}{f_{Ц2}} - (t_{АП} + t_{ЗД}) \right] &= l_{D2} \end{aligned}, \quad (2.4)$$

Учитывая, что для измерения данного стнда, заданные параметры настройки, датчиков и исследуемых образцов, и величины  $t_{ЗД}$ ,  $t_{АП}$  и  $V_{PB}$  можно считать постоянными, мы вычитаем второе уравнение на первое и получим выражения:

$$V_{PB} = \frac{l_{D1} - l_{D2}}{\frac{1}{f_{Ц1}} - \frac{1}{f_{Ц2}}}, \quad (2.5)$$

В приведенном выше выражении, только основная частота автоциркуляции и длина этих датчиков, как существуют параметры. Частота автоциркуляции может быть измерена с высокой точностью, и, следовательно, в этом случае, в погрешности измерения скорости распространения рэлеевской волны основной вклад вносит ошибка при определении расстояния между датчиками.

Измерение скорости рэлеевской волны в образцах из титанового сплава ВТ6 проводилось со следующими параметрами: начальное расстояние между датчиками

- 0 мм, шаг приращения расстояния между датчиками - 1 мм, количество точек измерения - 6. Измерения скорости рэлеевской волны проводились с применением датчиков с резонансной частотой 5 МГц.

На рисунке 2.9 приведена зависимость расстояния между датчиками от величины обратной частоты автоциркуляции.

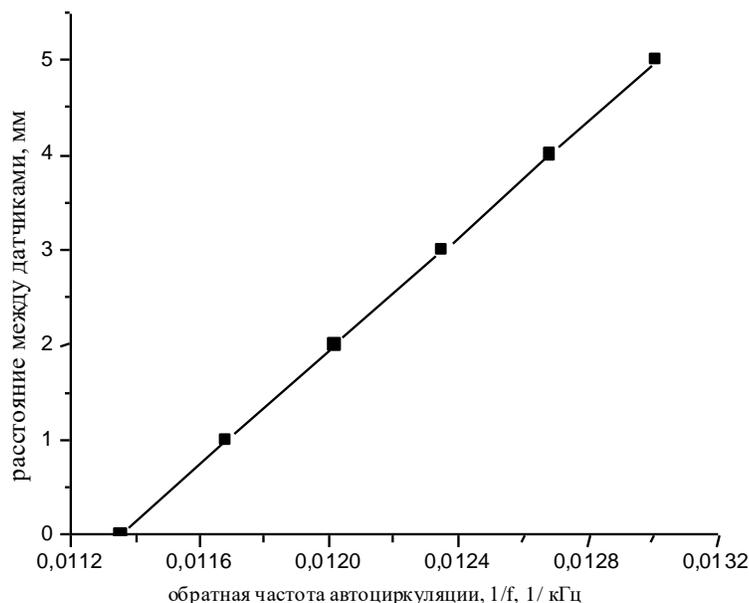


Рис. 2.9 График зависимости расстояния между датчиками от величины обратной частоты автоциркуляции

По экспериментальным точкам проведена линейная аппроксимация ( $R^2 = 1$ ), в соответствии с разностным методом (2.5) скорость распространения рэлеевской волны в образце (наклон линии) равна 3007,0 м/с.

#### **2.4 Измерение коэффициента затухания распространения рэлеевской волны импульсным методом**

В нашей работе для определения коэффициента затухания рэлеевской волны используется стенд акустических измерений по схеме, которая приведена на рис. 2.10.

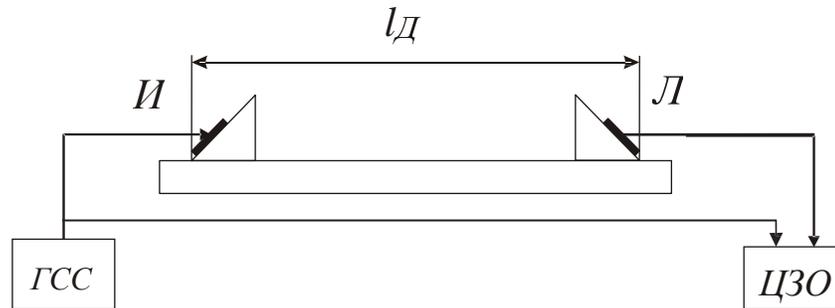


Рис. 2.10 Структурная схема установки измерения коэффициента затухания рэлеевской волны.

Обозначения:  $l_D$  - расстояние между датчиками, ГСС - генератор сигналов специальной формы, П – приемник, ЦЗО - цифровой запоминающий осциллограф, И - излучатель. Генератор сигналов специальной формы Agilent 33250A испускает частоту. Частота пакета импульсов выбиралась равной резонансной частоте приемника и излучателя – 5 МГц, для получения максимальной амплитуды акустического сигнала. Амплитуда импульсов на выходе генератора составляла 20В. Цифровой запоминающий осциллограф TDS2024В используется для измерения отношения амплитуды напряжения сигнала на излучателе к амплитуде напряжения на приемнике рэлеевской волны. Внешний вид генератора сигналов специальной формы Agilent 33250A приведен на рис. 2.10.



Рис. 2.11 Внешний вид генератора сигналов специальной формы Agilent 33250A.

Если ультразвуковая волна распространяется в металле, то для амплитуды акустического давления в начале и конце участка можно записать:

$$p = p_0(1 + R)e^{-\alpha x}, \quad (2.6)$$

где  $p$ ,  $p_0$  - амплитуды акустического давления в начале и конце участка;  $R$  - коэффициент отражения;  $\alpha$  - коэффициент затухания. Так как излучатель и приемник выполнены из того же материала, поэтому  $\frac{p}{p_0} = \frac{A}{A_0}$ , где  $A$ ,  $A_0$  - напряжение показано на цифровом запоминающем осциллографе и напряжение испускания генератора. Уравнение (2.6) может написать

$$A = A_0(1 + R)e^{-\alpha x}, \quad (2.7)$$

Это график отношения между  $A$  и расстояния распространения  $x$ :

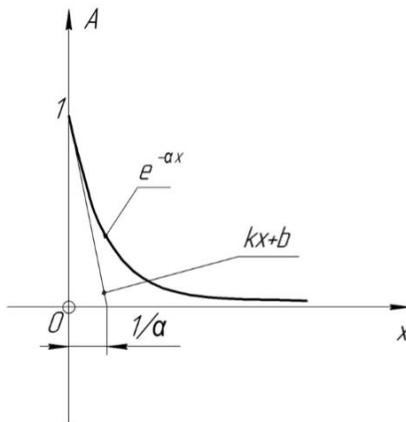


Рис. 2.12 Определение коэффициента затухания по углу наклона касательной

Приемник движется в любом положении  $x_i$ , значение напряжения осциллографа отображает  $A_i$ , то

$$\ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = \ln(1 + R) - \alpha x, \quad (2.8)$$

Пусть  $y = \ln\left(\frac{p}{p_0}\right) = \ln\left(\frac{A}{A_0}\right)$ ;  $b = \ln(1 + R)$ , то уравнение (2.8) может написать в виде:

$$y = b - \alpha x, \quad (2.9)$$

Для нахождения коэффициента затухания, можно использовать касательную к огибающей кривой затухания (рис. 2.12), тогда коэффициент затухания равен:

$$\alpha = -k, \quad (2.10)$$

На графике (2.12) видно, что начальный участок кривой затухания описывается прямой. В этом случае, для нахождения коэффициента затухания,

можно использовать касательную к огибающей кривой затухания. На нашей работе, максимальное измеряемое расстояние между излучателем и приемником - 10мм, это краткое расстояние, поэтому мы можем использовать и уравнение (2.7) и касательную прямую линию для определения коэффициента затухания.

В представляемой работе измерения коэффициента затухания проводились с изменением расстояния между датчиками от 0 до 10 мм с шагом 0,5 мм, и измерением амплитуды регистрируемого сигнала в каждой точке. Для каждого образца, приемник двигался туда и обратно. Таким образом, в каждой точке измерялись 2 значения амплитуды. Далее определялся зависимость нормированного значения амплитуды регистрируемого сигнала от расстояния между датчиками.

Измерения коэффициента затухания проводились с применением датчиков с резонансной частотой 5 МГц. Данная частота выбрана как наиболее оптимальная, исходя из соотношения величины длины рэлеевской волны в исследуемом образце (и как следствие глубины распространения поверхностной волны), и толщины образца. Для более высоких частот начинает оказывать влияние состояние поверхности образцов.

Во второй главе описаны: подготовка образцов из титанового сплава ВТ6 с помощью установки Gas Reaction Controller; способ определения интегрального содержания водорода в образцах весовым методом; методы измерения скорости и коэффициента затухания распространения рэлеевской волны, и конфигурация использованного стенда акустических измерений.

## Глава 3 Результаты и их обсуждение

### 3.1 Исследование влияния водорода на скорость распространения рэлеевской волны в титановом сплаве ВТ6

На таблице 3.1 показана скорость рэлеевской волны и погрешность её измерения в исходных образцах. Скорость рэлеевской волны и ошибка её измерения определялись по результатам трех измерений для каждого образца.

номер образца	скорость рэлеевской волны, м/с	погрешность измерения, м/с
2	2974,6	4,0
3	3020,1	2,9
4	2999,3	3,4
5	3007,4	5,5
8	3019,0	5,9
11	3005,5	1,3
12	2990,3	6,9
15	3003,0	5,9
16	2985,4	3,9
17	3031,8	6,7
18	2993,6	2,6

Таб. 3.1. Скорость рэлеевской волны и погрешность её измерения в исходных образцах.

Для исследования влияния водорода на параметры распространения рэлеевской волны в титановом сплаве ВТ6 были проведены измерения ранее подготовленных образцов с различным содержанием водорода. Измерение параметров распространения рэлеевской волны проводилось на ультразвуковом стенде контроля, описанном в главе 2.

Абсолютное значение скорости рэлеевской волны определялось как касательная наклона прямой, которая аппроксимирует зависимость увеличения расстояния между датчиками от обратной частоты автоциркуляции, уравнение

прямой было определяется методом наименьших квадратов с использованием программного пакета Origin 9.0.

В таблице 3.2 представлены полученные данные о скорости рэлеевской волны до и после наводороживания, а также концентрация водорода после насыщения. Скорость рэлеевской волны и ошибка её измерения определялись по результатам трехкратных измерений для каждого образца.

№ образца	Концентрация водорода, мас.%	$V_R$ , м/с	$V_{R(H_2)}$ , м/с	$\Delta V_R$ , м/с	$\Delta V_R \%$
2	0,22	2974,6±4,0	2918,1±3,0	56,5±5,0	-1,9
3	0	3020,1±2,9	-	0	0
4	0,19	2999,3±3,4	2936,7±6,3	62,5±7,1	-2,1
5	0,145	3007,4±5,5	2971,8±5,1	35,6±7,4	-1,2
8	0,0375	3019,0±5,9	2995,8±4,6	23,2±7,5	-0,8
11	0,010	3005,5±1,3	3009,0±2,4	3,5±2,7	0,1
12	0,0150	2990,3±3,9	2982,6±1,7	7,7±4,3	-0,3
15	0,16	3003,0±5,9	2942,2±6,0	60,8±8,4	-2,0
16	0,0175	2985,4±3,9	2973,9±3,3	11,5±5,1	-0,4
17	0,0425	3031,8±6,7	2987,0±4,5	44,8±8,0	-1,5
18	0,0125	2993,6±2,6	3010,0±2,2	16,4±2,9	0,6

Таб. 3.2 Полученные данные о скорости рэлеевской волны до и после наводороживания

На рисунке 3.1 представлен график соотношения между относительным изменением скорости распространения рэлеевской волны после наводороживания

и концентрацией водорода в образце. Относительное изменение скорости вычислялось как следующее выражение:

$$\Delta V_R = V_R(H_2) - V_R, \quad (3.1)$$

Где  $V_R(H_2)$  - скорость распространения рэлеевской волны после наводороживания,  $V_R$  - скорость распространения рэлеевской волны до наводороживания.

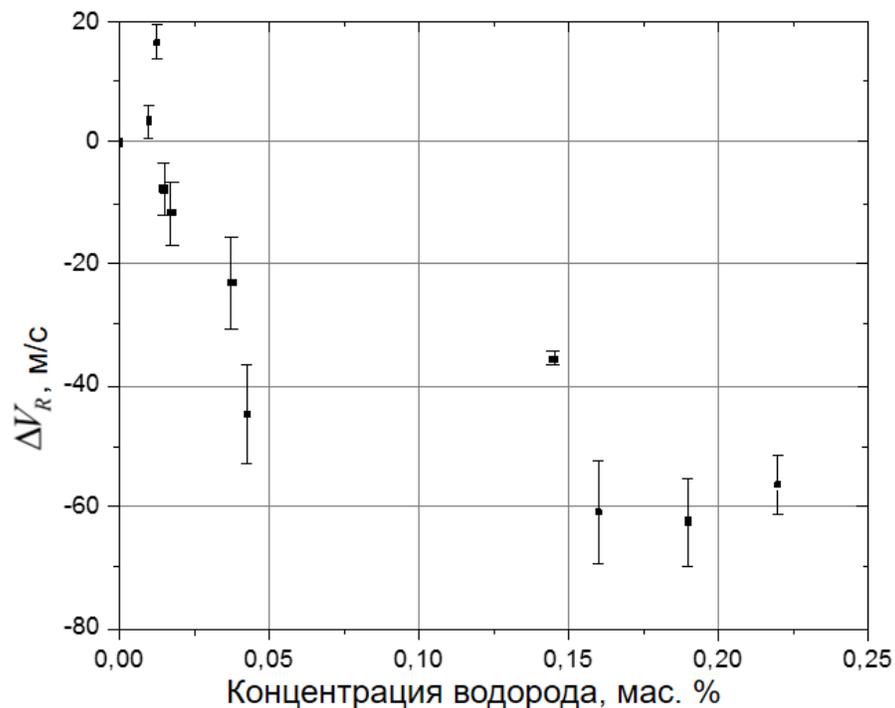


Рис.3.1 Относительное изменение скорости рэлеевской волны после гидрирования из концентрации водорода в образцах

На рисунке 3.2 более подробно представлено соотношение между относительным изменениям скорости распространения рэлеевской волны после наводороживания и концентрациям водорода в образцах с малыми концентрациями водорода - до 0,05 мас. %.

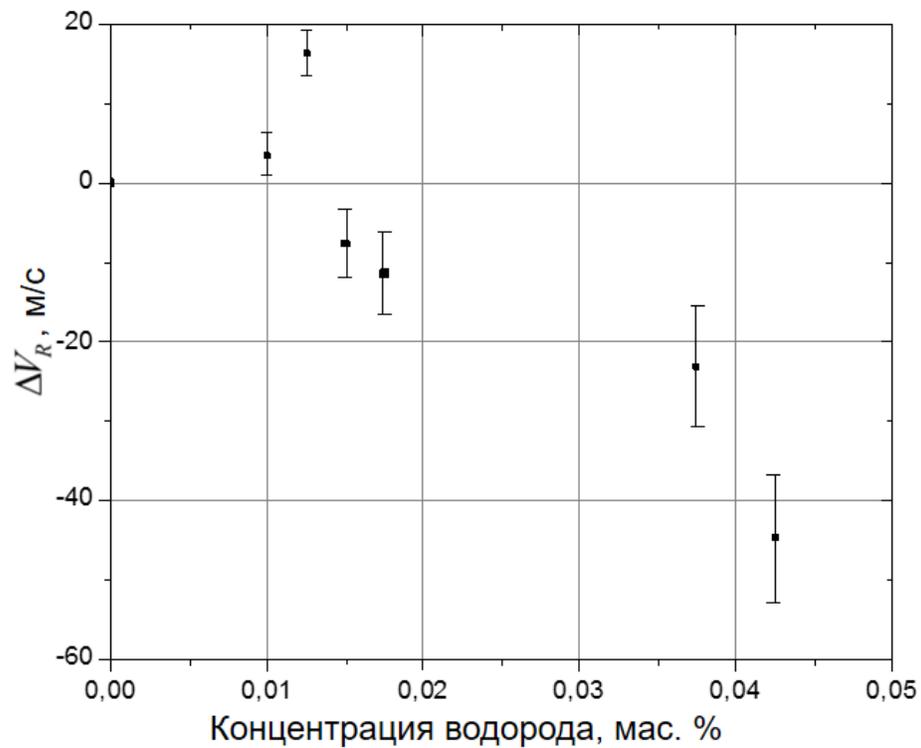


Рис.3.2 Относительное изменение скорости рэлеевской волны после гидрирования из концентрации водорода в образцах с малыми концентрациями водорода

На полученной экспериментально зависимости наблюдается две области. В диапазоне концентраций водорода от 0 до 0,04 мас. % значение скорости рэлеевской волны у наводороженных образцов уменьшается, по сравнению с исходными образцами, с практически линейной зависимостью на величину -45 м/с (на -1,5%) для концентрации водорода 0,043 мас. %.

В диапазоне концентраций водорода от 0,05 до 0,25 мас. % значения скорости рэлеевской волны у наводороженных образцов меньше чем у исходных, но с ростом концентрации водорода значение скорости меняется незначительно, в пределах от -45 м/с до -60 м/с (-1,5% до -1,9%).

Отдельно выделяются две точки в области концентрации водорода менее 0,013 мас. % - здесь скорость рэлеевской волны незначительно увеличивается на величину 16 м/с (0,6 %).

### 3.2 Исследование влияния водорода на коэффициент затухания распространения рэлеевской волны в титановом сплаве ВТ6

На графике (3.3) показано зависимость нормированного значения амплитуды регистрируемого сигнала от расстояния между датчиками в одном из образцов измерения используются и уравнение (2.7) и касательной прямой линии для определения коэффициента затухания:

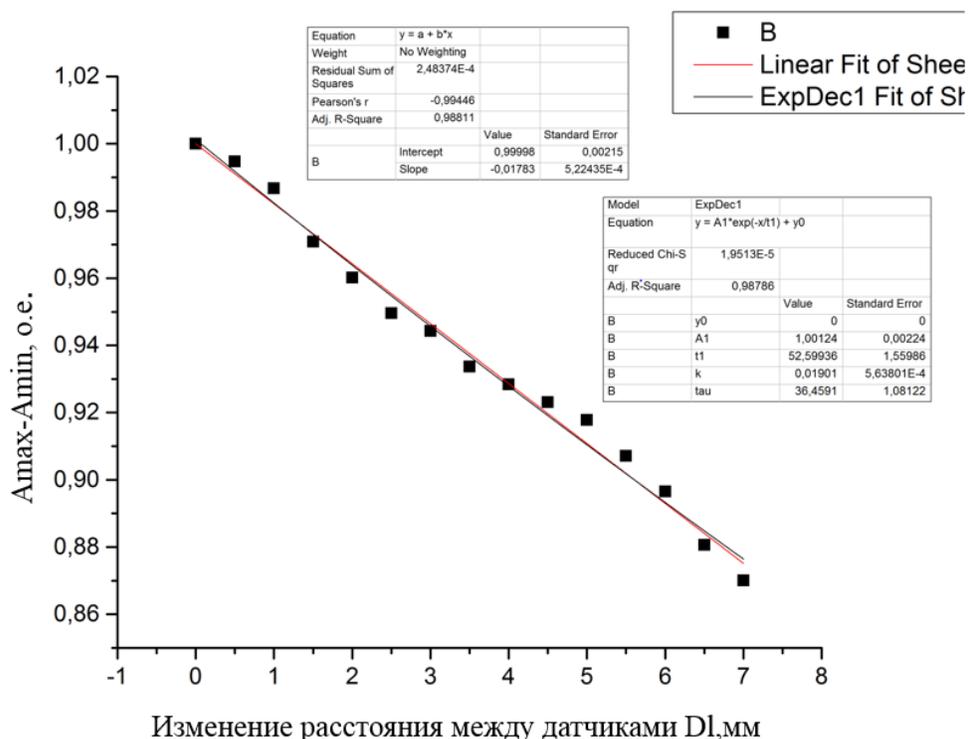


Рис. 3.3 Зависимость нормированного значения амплитуды регистрируемого сигнала от расстояния между датчиками.

Для определения зависимости коэффициента затухания от содержания водорода в ВТ6 были проведены измерения по методике, описанной в разделе 2.4 настоящей работы.

В таблице 3.3 представлены результаты средние значения коэффициента затухания и них погрешностей в исходных образцах.

№ образца	$\alpha_1$ до водородирования, Нп/мм
2	0,0230±0,0010
4	0,0232±0,0025
5	0,0243±0,0005
8	0,0381±0,0011
11	0,0302±0,0013
12	0,0315±0,0016
15	0,0204±0,0004
16	0,0280±0,0010
17	0,0365±0,0022
18	0,0370±0,0010

Таб. 3.3 Коэффициент затухания рэлеевской волны в исходных образцах

В таблице 3.4 представлены результаты измерений значения коэффициента затухания для наводороженных образцов. Среднее значение коэффициента затухания и погрешность его определения рассчитывались по результатам трех измерений, проведенным для каждого наводороженного образца. Зависимость была определена по разнице между коэффициентами затухания рэлеевской волны до и после наводородирования от содержания водорода в образцах.

№ образца	Концентрация водорода, мас. %	$\alpha_1$ до водородоживания, Нп/мм	$\alpha_2$ после водородоживания, Нп/мм	$\Delta\alpha = \alpha_1 - \alpha_2$ , Нп/мм
2	0,22	0,0230±0,0010	0,0600±0,0010	0,037±0,001
4	0,19	0,0232±0,0025	0,0545±0,0008	0,038±0,003
5	0,145	0,0243±0,0005	0,0560±0,0010	0,032±0,001
8	0,0375	0,0381±0,0011	0,0620±0,0030	0,024±0,003
11	0,0100	0,0302±0,0013	0,0309±0,0007	-0,002±0,001
12	0,0150	0,0315±0,0016	0,0320±0,0020	0,010±0,003
15	0,16	0,0204±0,0004	0,0442±0,0002	0,0160±0,0004
16	0,0175	0,0280±0,0010	0,0600±0,0010	0,041±0,001
17	0,0425	0,0365±0,0022	0,0600±0,0010	0,026±0,002
18	0,0125	0,0370±0,0010	0,0295±0,0003	-0,007±0,001

Таб. 3.4 Коэффициент затухания рэлеевской волны в наводороженных образцах.

На рисунке 3.4 представлена зависимость изменения коэффициента затухания рэлеевской волны после наводороживания от содержания водорода в образцах.

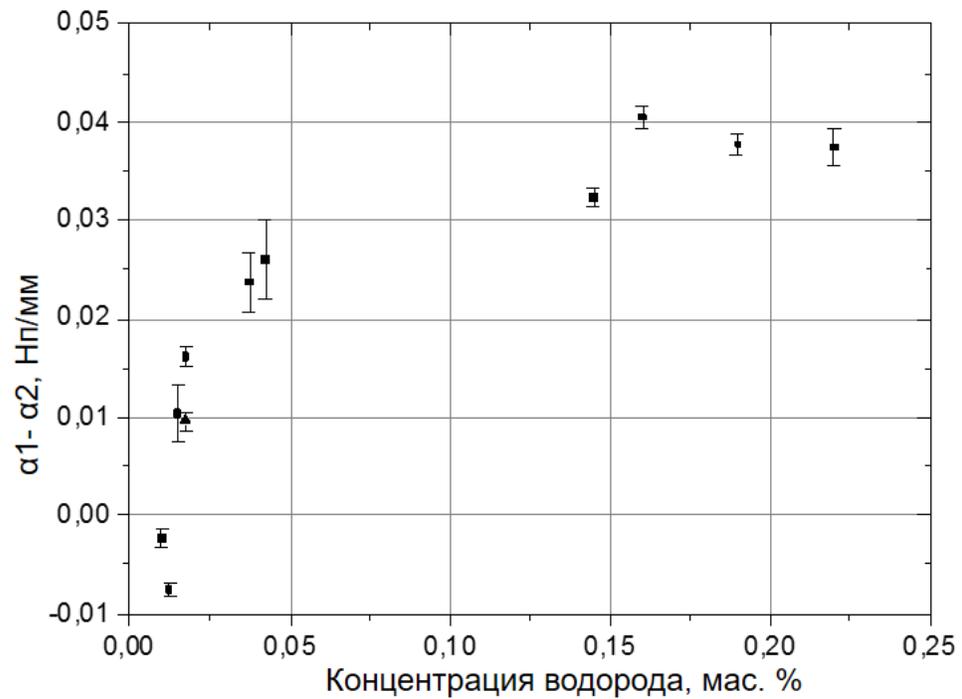


Рис. 3.4 Зависимость разницы между коэффициентами затухания рэлеевской волны до и после наводороживания от содержания водорода в образцах из титана VT6

На рисунке 3.5 более подробно представлена зависимость разницы между коэффициентами затухания рэлеевской волны до и после наводороживания от содержания водорода в образцах с малыми концентрациями водорода - до 0,05 мас. %.

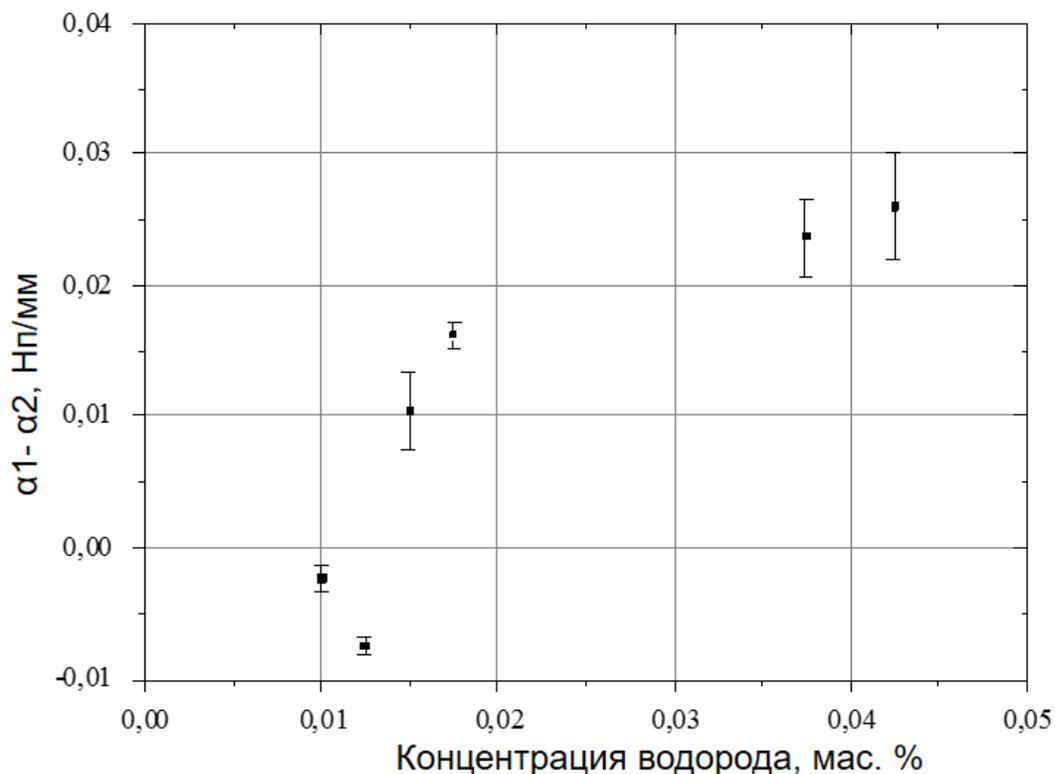


Рис. 3.5 Зависимость разницы между коэффициентами затухания рэлеевской волны до и после наводороживания от содержания водорода в образцах с малыми концентрациями водорода

На полученной экспериментально зависимости коэффициента затухания от содержания водорода также можно выделить две области. В диапазоне концентраций от 0 до 0,04 мас. % наблюдается линейный рост коэффициента затухания в наводороженных образцах по сравнению с исходными, относительное изменение достигает 0,03 Нп/мм для концентрации водорода 0,04 мас. %.

В диапазоне концентраций водорода от 0,05 до 0,25 мас. % значения коэффициента затухания рэлеевской волны у наводороженных образцов больше чем у исходных, но с ростом концентрации водорода значение коэффициента затухания меняется незначительно, на величину от 0,03 Нп/мм до 0,04 Нп/мм.

Здесь так же можно выделить две точки в области концентрации водорода менее 0,013 мас.% - коэффициент затухания рэлеевской волны для них незначительно уменьшается на величину не более -0,007 Нп/мм.

На рисунке 3.6 показана корреляционная зависимость между изменением коэффициента затухания рэлеевской волны и изменением скорости рэлеевской волны от содержания водорода. Видно, что вид корреляционной зависимости является практически линейным.

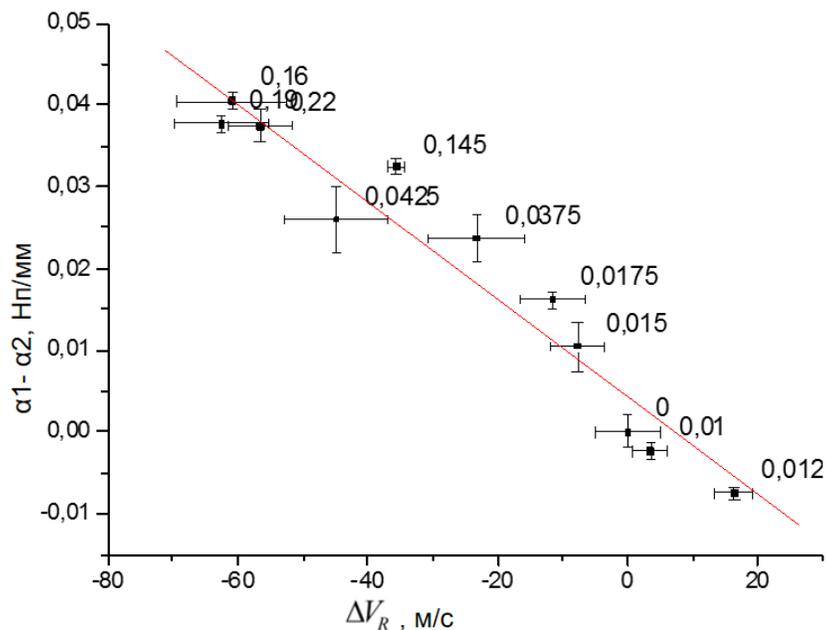


Рис. 3.6 Зависимость коэффициента затухания рэлеевской волны от скорости рэлеевской волны

В третьей главе описаны результаты проведенного экспериментального исследования параметров распространения рэлеевской волны в титановом сплаве ВТ6. Получены зависимости между относительным изменениям скорости распространения и коэффициента затухания рэлеевской волны и концентрацией водорода в образцах.

## Заключение

Титановый сплав ВТ6 относится к  $(\alpha+\beta)$  – сплавам, с относительным объемом  $\alpha$ -фазы ~80% и объемом  $\beta$ -фазы ~20% [40]. При этом растворенный водород преимущественно взаимодействует с  $\beta$ -фазой, и при наводороживании при высокой температуре и последующем охлаждении, водород стабилизирует  $\beta$ -фазу, что может приводить к увеличению ее относительного содержания.

В результате работы получена зависимость изменения скорости распространения и коэффициента затухания рэлеевской волны от содержания водорода в образцах из сплава ВТ6.

Полученные значения скорости и коэффициента затухания рэлеевской волны для образцов в области концентрации водорода менее 0,013 мас.%, здесь скорость увеличивается, а коэффициент затухания уменьшается, говорят о том, что в этих образцах водород находится преимущественно в растворенном состоянии, и не оказывает значительного влияния на упругие свойства материала.

Далее в диапазоне концентраций водорода до 0,04 мас. % значение скорости рэлеевской волны у наводороженных образцов уменьшается, по сравнению с исходными образцами, на величину -45 м/с (на -1,5%) для концентрации водорода 0,043 мас. %, и наблюдается увеличение коэффициента затухания в наводороженных образцах по сравнению с исходными, относительное изменение достигает 0,03 Нп/мм для концентрации водорода 0,04 мас. %. Изменение параметров распространения поверхностной волны здесь можно связать с увеличением объема  $\beta$ -фазы при увеличении содержания водорода [37].

В диапазоне концентраций водорода от 0,05 до 0,25 мас. % значения скорости рэлеевской волны у наводороженных образцов меньше чем у исходных, но с ростом концентрации водорода значение скорости меняется незначительно, в пределах от -45 м/с до -60 м/с (-1,5% до -1,9%), значения коэффициента затухания рэлеевской волны у наводороженных образцов больше чем у исходных, но с ростом

концентрации водорода значение коэффициента затухания меняется так же незначительно, на величину от 0,03 Нп/мм до 0,04 Нп/мм. Изменение параметров распространения поверхностной волны в этом диапазоне концентраций водорода, можно объяснить началом процесса гидридообразования с выделением гидридной фазы [37].

Комплексное применение полученных зависимостей параметров распространения поверхностной волны позволяет предложить способ для оценки содержания водорода в титановом сплаве ВТ6 в диапазоне концентраций водорода от 0,01 до 0,05 мас. %.

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

### **Введение**

В процессе поиска источников финансирования научных исследований и коммерциализации их результатов необходимым условием является оценка коммерческой ценности произведения. В то же время разработчики должны представить современное состояние и перспективы своих научных исследований.

В дополнение к предыдущему развитию технических параметров, но также необходимо понимать коммерческую привлекательность научных исследований.

Цель раздела «Финансовый менеджмент, сбережения ресурсов и сбережения ресурсов» заключается в разработке и создании компетенций для развития потенциала для удовлетворения современных потребностей в ресурсоэффективности и ресурсосбережении.

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

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

Чтобы проанализировать потребителей результатов исследований, необходимо учитывать целевой рынок и проводить его сегментацию.

Целевой рынок - это сегменты рынка, на которых развитие будет продано в будущем. В свою очередь, сегмент рынка является специально выбранной частью рынка, группой потребителей с определенными общими чертами.

Сегментация является разделением покупателей в однородных группах требуется для каждого продукта (услуги). Вы можете использовать географические, демографические, поведенческие и другие критерии сегментации потребительского рынка,

Согласно категории потребителей (бизнес-организация, физическое лицо) с использованием соответствующих критериев разделения. Например, для

организации бизнеса, критерии сегментации могут быть: местоположение; Филиал; Производимые продукты; Размер и так далее.

Рынок услуг по разработке титанового сплава разделен по следующим критериям: размер клиентской компании, сфера применения. Исходя из этого, мы можем отобразить сегментацию рынка услуг для разработки титановых сплавов.

Сплавы ВТ6 используются как в отожженном, так и термически упрочненном состоянии, его прочность становится выше 1000 МПа, и это будет рассмотрено в разделе, посвященном высокопрочным сплавам. Высокопрочный титановый сплав ВТ6 в горячем состоянии для поддержания хорошей технической пластичности, который можно получить из различных полуфабрикатов: листа, бара, листа, поковки, тиснения, профилей и т. Д.

Несмотря на гетерофазную структуру, рассматриваемые сплавы имеют удовлетворительную свариваемость для всех типов титановой сварки. Для обеспечения требуемого уровня прочности и пластичности отжиг является обязательным. ВТ6 обладает высокой коррозионной стойкостью в отожженных и термически упрочненных условиях во влажной атмосфере, воде.

#### **4.1.2 Технология QuaD**

Технология QuaD (QUality ADvisor) - это гибкий инструмент для измерения характеристик, характеризующих качество новой разработки и ее перспективы на рынке, и позволяет вам принять решение о целесообразности инвестирования денег в исследовательский проект.

Чтобы упростить процедуру QuaD, рекомендуется, чтобы форма была оценена в табличной форме (табл. 4. 1).

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>

Таб. 4. 1 Оценочная карта для сравнения конкурентных разработок

Оценка качества и переднего плана технологии QuaD определяется:

$$P_{cp} = \sum V_i B_i, \quad (4.1)$$

где  $P_{cp}$  - средневзвешенное значение показателей качества и перспективы развития науки;

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

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

Полученное значение PSR показывает, что перспективы этого производства выше среднего. Значение индикатора PSR оказалось равным 93,2, тогда такая разработка считается многообещающей.

Исходя из результатов оценки качества и перспектив, делается вывод о размере инвестиций в текущее развитие и направлениях его дальнейшего совершенствования.

Эта технология может быть использована при проведении различных маркетинговых исследований, что значительно снижает их трудоемкость и повышает точность и надежность результаты.

### 4.1.3 SWOT-анализ

*SWOT* - Сильные и слабые стороны, возможности и угрозы - это всесторонний анализ исследовательского проекта. [38].

	<p align="center"><b>Сильные стороны научно исследовательского проекта:</b></p> <p>C1. Заявленная экономичность и энергоэффективность метода.</p> <p>C2. Быстрый анализ полученных данных.</p> <p>C3. По сравнению с другими технологиями стоимость производства низкая.</p> <p>C4. Легкий интерфейс управления.</p> <p>C5. Безопасность проведения исследований.</p>	<p align="center"><b>Слабые стороны научно исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1. Проводите исследования исключительно при комнатной температуре.</p> <p>Сл2. Предварительная подготовка экспериментальных образцов перед исследованием.</p> <p>Сл3. Низкий уровень проникновения на рынок.</p> <p>Сл4. Отсутствие необходимого оборудования для выполнения расчетов.</p> <p>Сл5. Длительный срок расчетов.</p>
<p align="center"><b>Возможности:</b></p> <p>V1. Решение фундаментальных задач исследования.</p> <p>V2. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p>	<p>Наличие необходимых материалов и оборудования, а также персонала в процессе исследований может повысить производительность в будущем.</p>	<p>Чтобы увеличить спрос на результаты исследований, среди потенциальных потребителей необходим квалифицированный персонал.</p>

<p>В3. Исследования коррозионных свойств металлов.</p> <p>В4. Повышение стоимости конкурентных разработок.</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 приведет к изменению спецификаций и стандартов поставки экспериментальных образцов металлов запрещенного типа.</p>	<p>Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания прототипа станет неотъемлемым фактором, который представляет собой барьер на пути экспорта технологий. Также низкий уровень проникновения на рынок способствует несвоевременному финансированию научных исследований в дальнейшем развитии проекта.</p>

Таб. 4. 2. Матрица SWOT

## 4.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

В рамках планирования научного проекта необходимо составить расписание календаря и сетевого графика. Линейный график представлен в виде таблицы. Научные исследования проводились группой, состоящей из научного руководителя и студента.

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

Таб. 4.3 Календарный план проекта

#### 4.2.2 Определение трудоемкости выполнения НИОКР

Трудоемкость проведения научных исследований оценивается экспертно в человеко-днях и носит вероятностный характер, поскольку зависит от ряда факторов, которые трудно принять во внимание. Для определения ожидаемой (средней) величины трудоемкости:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (4.2)$$

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

$t_{\text{min}i}$  - минимально возможная трудоемкость для заданного  $i$ -го задания (оптимистическая оценка: при условии наиболее благоприятного совпадения), чел.-дн.;

$t_{\text{max}i}$  - максимально возможная трудоемкость данной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: предполагая самое неблагоприятное совпадение), чел.-дн.

В соответствии с ожидаемой трудоемкостью рабочее время каждой работы определяется рабочим днем  $T_p$ , с учетом параллельной работы нескольких исполнителей. Такой расчет необходим для обоснованного расчета заработной платы, поскольку удельный вес заработной платы в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65%

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (4.3)$$

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

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

$Ч_i$  - количество исполнителей, которые выполняют ту же работу на этом этапе, чел.

### 4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Во время диссертации студент в основном является участником относительно небольшой научной темы. Поэтому наиболее удобным и очевидным является производство ленточных устройств для проведения научной работы в виде диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта - это горизонтальная ленточная диаграмма, в которой работы по теме представлены длительными промежутками времени, характеризующимися датами начала и конца выполнения этих работ.

Для удобства составления графика продолжительность каждого из этапов работы с рабочих дней должна быть переведена на календарные дни. Для этого используйте следующую формулу:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4.4)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4.5)$$

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:

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

Затем, при продолжительности стадий в рабочих днях, следует учитывать, что оценочное значение продолжительности работы  $T_k$  должно быть округлено до целых чисел. Вычисленные значения в календарных днях для каждой работы должны быть округлены до целого числа.

	Исполнители	Продолжительность работ
--	-------------	-------------------------

№ раб.		$t_{min,}$ чел-дн	$t_{max,}$ чел-дн	$t_{ож,}$ чел-дн	$T_p,$ раб.дн	$T_k,$ кал.д н	
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						Руководитель	33
						Студент	71

Таб. 4.4 Временные показатели проведения ВКР

На основе таблицы. 4.4 составляется расписание календаря. График рассчитан на максимальную продолжительность выполнения работ в рамках исследовательского проекта на основе таблицы. 4.5 с разбивкой по месяцам и десятилетиям (10 дней) на период периода диплома. В то же время работа над диаграммой должна быть выделена с разными оттенками в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Этапы	Вид работы	Исполнители	t <sub>k</sub>	Февраль	Март	Апрель	Мая	Июнь
1	Составление и утверждение задания НИР	Студент-дипломник, руководитель	5					
2	Изучение поставленной задачи и поиск материалов по теме	Студент-дипломник	21					
3	Выбор методов для исследования	Студент-дипломник, руководитель	5					
4	Календарное планирование работ	Студент-дипломник, руководитель	9					
5	Разработка приборов для исследования	Студент-дипломник, руководитель	12					
6	Проведение экспериментов	Студент-дипломник	20					
7	Анализ полученных результатов, выводы	Студент-дипломник, руководитель	5					
8	Оценка эффективности полученных результатов	Студент-дипломник, руководитель	5					
9	Составление пояснительной записки	Студент-дипломник	6					

 - руководитель,  - студент-дипломник

Таб. 4.5. Календарный план проведения НИР

### 4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Если бюджет на ИППП полного и надежного отражение всех видов планирования затрат до его реализации родственного предусмотрено. используемый в процессе ИППП бюджетов в соответствии со следующей категорией стоимости образования в статьях:

- материальные затраты на ИППП;
- расходы на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата для исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые взносы);
- расходы на научные и производственные поездки;
- Контрагентные затраты;
- Накладные расходы.

#### 4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расх}i}, \quad (4.6)$$

где  $m$  - количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;  $N_{\text{расх}i}$  - количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);  $\Pi_i$  - 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.

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.
Образцы	Шт.	20	200	4000
Бумага, печать	Лис.	150	2	300
Интернет	Мбайт	1000	0,2	200
Ручка	Шт.	1	20	20
Тетрадь	Шт.	1	50	50
Итого			272,2	4570

Таб. 4.6. Материальный затраты

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

В этой статье описываются все затраты, связанные с конкретным устройством (устройством, инструментом, стойкой, устройством и механизмом) для обработки определенных тем.

При покупке специального оборудования необходимо сохранить расходы на его доставку и установку в размере 15% от его цены.

№ п/п	Наименование оборудования	Время использования оборудования, ч	Цена использования оборудования, руб./ч.	Общая стоимость использования оборудования, руб.
1.	Установка автоматизированного комплекса Gas Reaction Controller	16	1000	16000
2	Стенд измерения параметров ультразвука	80	400	32000
3	Компьютер	40	50	2000
Итого:				50000

Таб. 4.7. Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Затраты на электроэнергию для установки:

$$Z_{\text{элек.}} = (1,5 \text{ кВт} \times 80 \text{ час} + 0,5 \text{ кВт} \times 16 \text{ час} + 0,12 \text{ кВт} \times 40 \text{ час}) \times 6 \text{ руб. кВт/час} = 796,8 \text{ руб.}$$

Таким образом, затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ равен 50796,8 руб.

#### 4.3.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

Статья включает в себя базовую заработную плату сотрудников, непосредственно занимающихся реализацией проекта (включая бонусы, доплаты) и дополнительные оклады. Зарплата рассчитывается по формуле 6:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (4.7)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  - основная заработная плата;  $Z_{\text{доп}}$  - дополнительная заработная плата.

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (4.8)$$

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 8:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (4.9)$$

где  $Z_{\text{м}}$  - месячный должностной оклад работника, руб.;  $M$  - количество месяцев работы без отпуска в течение года (при шестидневной неделе  $M=10,4$ );  $F_{\text{д}}$  - действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала ( $F_{\text{д}}=1794$ ).

Баланс рабочего времени показан на таблице 4.8.

Показатели рабочего времени	Руководите ль	Инжене р
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	66	66
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48	48
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Таб. 4.8. Баланс рабочего времени

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (4.10)$$

где  $Z_{\text{тс}}$  - заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$  - премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{\text{тс}}$ );

$k_{\text{д}}$  - 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  $Z_{\text{тс}}$ );

$k_{\text{р}}$  - районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Базовый оклад включает бонус в размере 20-30% в месяц от тарифа или зарплаты. В таблице 4.9 суммируется расчет базового оклада.

Исполнители	$Z_{\text{осн.}}$ , руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$ , руб.	$Z_{\text{дн}}$ , 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

Таб. 4.9. Расчет основной заработной платы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (4.11)$$

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

В этот раздел входит сумма платежей, предусмотренных трудовым законодательством, например, оплата регулярных и дополнительных отпусков; Оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; Вознаграждение за длительную службу и т. д. (В среднем - 12% от суммы базовой заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается на основе 10-15% базовой заработной платы, сотрудников, непосредственно вовлеченных в реализацию темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (4.12)$$

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:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}}(Z_{\text{доп}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.13)$$

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

На 2015 год в соответствии с Федеральным законом от 24 июля 2009 года №212-ФЗ сумма страховых премий составляет 30%. На основании пункта 1 статьи 58 Закона № 212-ФЗ для учреждений, осуществляющих учебную и научную деятельность в 2015 году, установлен льготный тариф в размере 27,1%.

Исполнитель	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата (12% от основной), руб.
Руководитель	30195	3623,4
Студент-	37772	4532,64
Коэффициент отчислений	0,271	
Итого	20629,34	

Таб. 4.10. Отчисления во внебюджетные фонды

#### 4.3.5 Формирование бюджет затрат НИИ

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в табл. 4.11.

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты НИИ	4570
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	50796,8
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	152119,18

Таб. 4.11. Расчет бюджета затрат НИИ

#### Вывод

При планировании исследовательской работы рассчитывался бюджет исследования. В процессе формирования бюджета группы использовались для материальных затрат (4570 рублей), расходов на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ (50796,8 рублей), расходов на основную заработную плату исполнителей темы (67967 рублей), Дополнительные расходы на оплату труда (8156, 04 руб.), Отчисления в внебюджетные фонды (20629,34 руб.). Общий бюджет составил 152119,18 рублей. Эта оценка коммерческой ценности необходима для представления финансового состояния и перспектив текущих исследований.

## **Глава 5. Социальная ответственность**

### **Введение**

Исследовательская работа по изучению влияния водорода на параметры распространения волны Рэлея в титановом сплаве ВТ6 включает работу на различных установках. Например, установка при насыщении водородом, измерение параметров распространения волны Рэлея и т. д. Основная задача в этой работе - изучить распределение гидридов в образцах из титанового сплава ВТ6. Поэтому изучение безопасности и гигиены труда при проведении работ по гидрогенизации с помощью стенда измерения параметров ультразвука особенно важно при проведении этого исследования.

### **5.1 Техногенная безопасность**

Работа стенда ультразвукового измерения выполняется за счет питания от сети переменного тока напряжением 220 В. При выполнении работ на стенде для ультразвукового исследования воздействие таких вредных факторов, как:

- микроклимат,
- Электромагнитные поля,
- шум,
- осветительные приборы,

Возможны также следующие опасные производственные факторы:

- электрическое напряжение;
- воздействие высоких температур;

Воздействие на людей из-за электрического тока напряжение проходит через него. Прохождение тока может вызвать раздражение и повреждение различных органов человека. Пороговый ток без отключения составляет 50 Гц (6-16 мА). Благодаря внедрению организационных, инженерных, медицинских и профилактических мер для предотвращения воздействия тока.

При рассмотрении воздействия высокой температуры на организм человека важно обратить внимание на запрещение открытия крышки для открытия печи, прикасаться к камере, а одежду следует носить во избежание термических ожогов при работе с установкой, в которую образец помещается.

Если есть утечка газа из цилиндра, это может привести к пожару. Перед эксплуатацией необходимо проверить целостность цилиндров, прочность на сжатие и утечку газа. Клапаны и резьбы должны быть проверены правильно, манометр должен быть осмотрен и исправлен, а редуктор должен соответствовать газу в цилиндре.

Поскольку вредного воздействия компьютера на организм человека, нагрузка на глаза, на лице болезни кожи, нервных и психических заболеваний, и так далее. Допустимое электрическое поле  $25 \text{ В / м}$  (от  $5 \text{ Гц}$  до  $2 \text{ кГц}$ ) и  $2,5 \text{ Вт / о}$  ( $2\text{-}400 \text{ кГц}$ ). Различные фильтры используются для защиты от электромагнитных полей. Ориентация световые линии должны быть на северо-востоке или на севере. Источники искусственного освещения: люминесцентные типа ЛБ и ДРЛ. Оптимальные параметры микроклимата. Если вы хотите работать с уровнем звука ПК, не превышают значения, указанные для этих типов задач.

Для удобства работы в помещении необходимо нормализовать параметры микроклимата. Необходимо применять защитные меры для методов и средств защиты от высоких и низких температур, систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, искусственного освещения и т. Д.

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

### **5.2.1 Электромагнитные поля**

Чтобы проанализировать результаты работы, вы должны работать с компьютером. Источники электромагнитного излучения являются электрическими сигналами цепей, когда компьютер работает. Нарушения в организме человека под действием электромагнитных полей низкого напряжения являются обратимыми.

При разработке систем, органов пищеварения и некоторые биологические параметры крови на теле человека в зоне повышенного риска обнаженных заболеваний нервной и сердечно-сосудистой системы. Сильным источником электромагнитных полей в системах отклонения катушки номеров расположены вблизи основания ЭЛТ-мониторов.

Нормы напряженности электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг монитора в соответствии с соответствующей электрической составляющей приведены в таблице 5.1.

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

Таб. 5. 1 Нормы напряженности поля

Для поддержания максимально допустимой напряженности электромагнитного поля расстояние от глаз до монитора должно составлять 60-70 см, но не менее 50 см. Двукратное увеличение расстояния приводит к 32-кратному уменьшению плотности мощности на низких частотах на оператора.

### 5.2.2 Шум

В работе основными источниками шума являются генератор сигналов. Согласно санитарным нормам, приемлемым уровнем шума считается: 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) производительность труда снижается;
- В) ослаблены память, внимание, острота зрения и чувствительность к предупреждающим сигналам;
- С) снижается чувствительность слуха.

Для приведения уровня шума к санитарным нормам при организации работы в помещениях следует соблюдать следующие правила:

1. внутренний блок кондиционера должен находиться вдали от людей, занимающихся творчеством (программистов), и не использовать на полную мощность, если позволяют климатические условия;
2. использовать МФП во время перерывов (при отсутствии срочности);
3. своевременно предотвращать блоки компьютерных систем (удаление пыли и смазка движущихся частей охлаждающих устройств, замена излишне шумных компонентов).

### **5.2.3 Освещение**

Рациональное освещение рабочего места помогает предотвратить травмы и многие профессиональные заболевания. Правильно организованное освещение создает благоприятные условия работы, повышает эффективность и увеличивает производительность труда. Освещение на рабочем месте должно быть таким, чтобы человек мог работать без стресса. Существует три типа освещения: естественное, искусственное, комбинированное.

К промышленным осветительным системам предъявляются следующие требования:

- А. Уровень освещения соответствует характеру работы;

В. Распределение яркости рабочей поверхности и окружающего пространства довольно равномерное;

С. Лучший направленности освещения световой поток, излучаемый устройством;

Д. Прочность, экономичность, электрическая и пожарная безопасность, эстетика, удобство и простота использования.

В промышленных и общественно-административных помещениях при первом использовании документов допускается комбинированная система освещения (общее освещение дополнительно устанавливается с использованием местных осветительных приборов, предназначенных для освещения местоположения документов).

Визуальная работа программиста характеризуется как работа с очень высокой степенью точности. Для этого требуется освещение от 300 до 500 люкс. Вы можете установить локальные осветительные устройства для осветительных документов, но при условии, что они не выделяют блики на поверхности экрана и не увеличивают освещение экрана более чем на 300 люкс. Местные светильники должны иметь полупрозрачные зеркала с защитным углом не менее 40 градусов.

В качестве источников света при искусственном освещении предпочтительно использовать в основном люминесцентные лампы типа ЛВ. Освещение должно выполняться в виде непрерывных или прерывистых линий светильников, расположенных со стороны рабочей станции, параллельно линии визирования пользователя в линейном расположении персональных компьютеров (ПК). Когда компьютеры расположены по периметру комнаты, линии светильников должны располагаться над столом ближе к переднему краю, обращенному к оператору.

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

Чтобы обеспечить безопасность, вы должны правильно надеть рабочую одежду, подготовить необходимые инструменты и инструменты для работы,

подготовить рабочий стол. Также проверьте, не повреждено ли электрооборудование, наличие и работу приборов и сигнальных устройств, компьютеров, тумблеров, выключателей и т. д. При обнаружении неисправности ремонт не допускается. Об этом вы должны сообщить руководителю лаборатории. Настройку и ремонт устройства выполняют только сервисные инженеры.

Запрещается начинать работу, если обнаруживается, что какое-либо оборудование было дефектным, если персонал не прошел обучение и не знал о безопасности в установленном порядке.

Работайте в чистых помещениях в чистых помещениях, парах, кислотах и щелочах, опасных газов и других вредных примесей, что вызывает коррозию. Точная копия недопустима.

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

Для работы на стенде ультразвукового исследования допускаются лица моложе 18 лет и без медицинских противопоказаний, обучение и инструктаж по безопасности на работе.

Для самостоятельной работы работникам разрешается после специальной подготовки и тестирования знаний о норме и правилах работы с электроустановками, правила безопасности при работе с газовыми баллонами, приобретенные навыки и безопасные способы выполнения работ на ультразвуковом измерительном стенде, имеющие как минимум II группы для электробезопасности и доступа к работе с газовыми баллонами.

Повторные проверки знаний о нормах и правилах электробезопасности, правила безопасной работы с газовыми баллонами проводятся с работниками не реже одного раза в 12 месяцев, переобучение на рабочем месте - по крайней мере, один раз в 3 месяца.

Проведение всех видов инструктажа должно проводиться в Инструкции в соответствии с установленной схемой с обязательными подписями лица, которое

получило и выполнило инструкцию, указав дату инструкции, имя и номер инструкции для видов Работ, для которых Инструкция дается.

По этой теме рассмотрите законодательные и нормативные документы:

Руководство № 2-25 об охране труда при работе над газовым контроллером;  
Инструкция № 2-14 об охране труда с использованием электрооборудования до 1000 В;

Инструкция № 2-07 об Безопасность при работе с баллонами давления.

Документы о воздействии ПК: инструкция № 2-08 по охране труда при работе с ПК и VDT; SanPiN 2.2.2 / 2.4.1340-03. Требования к персональной компьютерной гигиене и порядок работы;

ГОСТ Р 50948-01. Способ отображения личной информации. Общие эргономические требования и требования безопасности;

ГОСТ Р 50949-01. Способ отображения личной информации. Методы измерения 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 Жилые здания и общественные места. Параметры микроклимата в помещении;

ГОСТ 12.1.005 Общие требования к здоровью и гигиене для воздушных рабочих зон;

SanPiN 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату в промышленных предприятиях.

## **5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Если вы обнаружили сбой в ультразвуковом сканере, вам необходимо остановить работу, выйти из программы, отключить питание компьютера,

отключить генератор сигналов, частотомер, ультразвуковой измеритель от электрической сети и уведомить диспетчера.

В случае пожара необходимо немедленно прекратить работу, выключить электрооборудование, вызвать пожарную службу 01 или 010, сообщить диспетчеру и начать тушение пожара средствами пожаротушения.

Если работник получил травму от электрического тока, необходимо как можно скорее освободить пострадавшего, проверить состояние пострадавшего и вызвать скорую помощь, если это необходимо. До прибытия скорой помощи предоставьте жертве необходимую первую помощь или, если необходимо, организуйте доставку жертвы в ближайшее медицинское учреждение, сообщите руководителю структурного подразделения об инциденте.

Другая вероятная авария (ES) - это пожар.

Предотвращение пожаров основано на устранении благоприятных условий для воспламенения. В рамках пожарной безопасности разрешено четыре: противопожарная и противопожарная защита, локализация пожаров, защита людей и имущества, борьба с пожарами. Предотвращение возгорания достигается путем устранения воспламеняющихся предметов и источников воспламенения, а также для поддержания окружающей среды в условиях, которые препятствуют возгоранию.

В современных компьютерах очень высокая плотность расположения элементов электронных схем. В непосредственной близости друг от друга расположены соединительные провода, коммутационные кабели, элементы электронных микросхем. Когда через них проходит электрический ток, образуется некоторое количество тепла, что может привести к повышению температуры до 80-100 ° C. В этом случае можно расплавить изоляцию и, как следствие, короткое замыкание, которое сопровождается искрением и приводящим к недопустимым перегрузкам элементов чипа. Чтобы удалить избыточное тепло в вашем компьютере, используйте внутренние вентиляторы.

Напряжение в кабеле обеспечивается электрическими линиями, что также определенный риск возникновения пожара. Опасность пожаротушения промышленных зданий и помещений определяются спецификой работы в них процессы.

Возникновение пожара в помещении, принимает во внимание следующие факторы:

- наличие горючих элементов.
- кислород присутствует в качестве окислителя в процессе сжигания

Пожар может произойти из-за:

- неисправность проводки, розетки и выключатели, которые могут стать причиной короткого замыкания или пробоя изоляции;
- использование поврежденных электроприборов;
- использование электрических нагревателей с открытыми нагревательными элементами в пространстве;
- удар молнии в здание;
- неточное обращение с огнем и несоблюдение мер пожарной безопасности.

Согласно классификации производства пожарной опасности (РРВ-03), в зависимости от характеристик веществ, используемых в производстве, и их количества, помещения делятся на категории А, В, С, D, D. Это число классифицировано в Категория В. Поскольку горючие материалы и материалы находятся в твердом состоянии без выброса пыли.

Для тушения огня применяли огнетушительные барабаны, внутренние пожарные водопроводные трубы, огнетушители и сухой песок [39].

Вода используется для тушения пожаров в помещениях программистов только в случае опасности повреждения или полного отказа от дорогостоящего оборудования. В этом случае, если это возможно, необходимо защитить компьютеры от влаги.

Огнетушители широко используются для тушения пожаров на начальных стадиях. Поэтому отделы с ПК используют в основном огнетушители с диоксидом углерода, преимуществом которых является высокая эффективность пожаротушения и безопасность электронного оборудования.

Благодаря диэлектрическим свойствам двуокиси углерода эти огнетушители могут использоваться, даже если электроинсталляция не может быть немедленно отключена.

Во избежание пожара проводятся специальные семинары с работниками здания, где они знакомятся с основами пожарной безопасности и обучением при работе с первичными средствами пожаротушения.

На рисунке 5.1 показан план эвакуации.

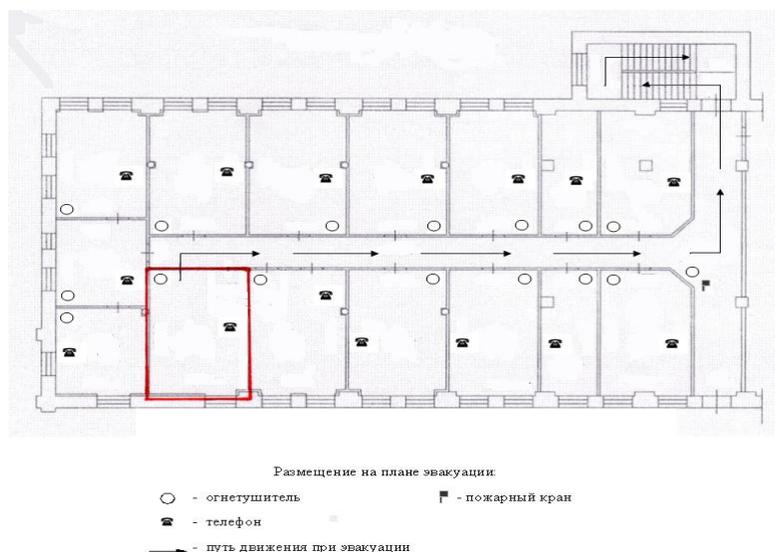


Рис. 5.1 План эвакуации

## 5.6 Расчет воздухообмена в жилых и общественных помещениях

В жилых и общественных помещениях двуокись углерода ( $\text{CO}_2$ ), выдыхаемая человеком, является постоянным вредным выбросом. Определение

Необходимый воздухообмен осуществляется за счет количества выделяемого человеком углекислого газа и его допустимой концентрации.

Потребный воздухообмен в жилых и общественных помещениях определяется по формуле [40]:

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

При работе над установкой на водородную насыщенность образцов работает один человек.

Выделяемое количество  $\text{CO}_2$  одним человеком = 23 л/ч.

Допустимая концентрация вредности в воздухе рабочей зоны помещения (согласно ГОСТ 12.1.005-88)  $x_B = 1 \text{ л/м}^3$ .

Допустимая концентрация вредности в воздухе больших городов (ГН 2.1.6.1338-03)  $x_H = 0,5 \text{ л/м}^3$ .

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 со стендам измерения параметров ультразвука, в котором работает один человек. Рассчитанный воздухообмен помещения равен  $46 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

## Список использованных источников

1. А. Д. Погребняк, Е. А. Базыль, Н. В. Свириденко./ Влияние облучения электронными и ионными пучками на физико-механические свойства титановых сплавов.// М. : Машиностроение, 2001.-С. 257,258
2. Викторов. И. А./ Звуковые поверхностные волны в твердых телах.// М.: наука, 1981. -С. 3.
3. Каблов Е.Н./ Материалы и химические технологии для авиационной техники //Вестник Российской академии наук. 2012. Т. 82. №6. С. 520–530.
4. Тарасов Ю.М., Антипов В.В./ Новые материалы ВИАМ – для перспективной авиационной техники производства ОАО «ОАК» //Авиационные материалы и технологии. 2012. №2. С. 5–6.
5. Шмотин Ю.Н., Старков Р.Ю., Данилов Д.В., Оспенникова О.Г., Ломберг Б.С./ Новые материалы для перспективного двигателя ОАО «НПО „Сатурн”» //Авиационные материалы и технологии. 2012. №2. С. 6–8.
6. Каримова Л. Р./ Коррозионные свойства титана и его сплавов.// - С.10
7. Скворцова С.В., Панин П.В., Ночовная Н.А. и др./ Влияние водорода на фазовые и структурные превращения в титановом сплаве ВТ6 //Технология легких сплавов. 2011. №4. С. 35-40.
8. Г.В. Гаранин./ Ультразвуковой стенд контроля физико-механических свойств металлов и сплавов (на примере системы титан-водород) .// Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. - С.13.
9. 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.

10. Панин П.В./ Закономерности формирования фазового состава и структуры в титановых сплавах при термоводородной обработке и пластической деформации: Автореф. дисс. к.т.н.// М. 2009. С.- 24.

11. Скворцова С.В., Панин П.В., Ночовная Н.А. и др./ Влияние водорода на фазовые и структурные превращения в титановом сплаве ВТ6 //Технология легких сплавов. 2011. №4. С. 35–40.

12. P.V. Panin, E.V. Alexeev. / Способы описания фазового состава титановых сплавов, дополнительно легированных водородом (обзор).// УДК 669.295.615.46., 2015-С. 3.

13. Романов И.О., Строителев Д.В., Макиенко В.М./ Физические основы неразрушающих методов контроля.// Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2008. -С. 72.

14. Неразрушающий контроль: Справ.: В 7 т. / Под общ. ред. В.В. Клюева. Т. 3: Ультразвуковой контроль. // И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге. М.: Машиностроение, 2004 - С. 864.

15. Финкель В.М./ Физика разрушения.// М.: Metallurgy, 1970 - С. 376.

16. Ринкевич А.Б., Смородинский Я.Г., Волкова Н.Н., Загребин Б.Н./ Групповая скорость ультразвука в трансверсально - изотропной среде // Дефектоскопия. 1994. N2. С.58-63

17. В.В. Клюева, А.П. Гусенкова./ Надежность машин. Энциклопедия машиностроения.//– М. : Машиностроение, 2001. - С. 592.

18. Ринкевич А.Б.,Смородинский Я.Г./ Физические основы акустического контроля, Екатеринбург, // Изд. "Таймер", 2001 - С.112.

19. Смородинский Я.Г./ Лучевая скорость в аустените в модели трансверсальноизотропной среды // Дефектоскопия. 1999. N 4,- С.3-8.

20. Ринкевич А.Б., Смородинский Я.Г., Насыров Р.Ш./ Измерение характеристик рассеяния электронов проводимости в металлах с помощью ультразвука // Высокочистые вещества. 1989. Т. 2. № 3.- С.42-45.
21. Ринкевич А.Б., Смородинский Я.Г./ Анализ параметров и технических характеристик современных ультразвуковых дефектоскопов общего назначения //Дефектоскопия. 2002. № 9.- С.3-27.
22. Кретов Е.Ф./ Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении.// С.-П., Радиоавионика, 1995,- С. 327.
23. Душина Ж.В./ Физические основы ультразвуковой дефектоскопии и технология ультразвукового контроля деталей подвижного состава.// М., 2000,- С. 102
24. Гришин А.С./ Рэлеевские волны в изотропной среде. Аналитические решения и аппроксимации// Изв. РАН. МТТ, 2001, No.1, С. 48 - 52.
25. И.П. Чернов, Ю.П. Черданцев, А.М. Лидер, Г.В. Гаранин./ Физические свойства насыщенных водородом металлов и сплавов.// – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. - С. 186.
26. Ринкевич А.Б., Смородинский Я.Г., Загребин Б.Н./ Поляризация волн при наклонном падении на границу аустенитного материала // Материалы VI Российской научно-технической конференции "Средства неразрушающего контроля", Саратов, изд. СГУ, 1995,- С.51-52
27. Викторов И.А., Волны Рэля и Лэмба// М. Наука, 1967.- С.34.
28. Гринченко В.Т., Мелешко В.В. Гармонические колебания и волны в упругих телах// Киев, Наукова Думка, 1981.- С.29 -35.
29. Кольский Г./ Волны напряжения в упругих телах// М. ИЛ, 1955. – С. 63.

30. Карлов Н.В., Кириченко Н.А./ Колебания, волны, структуры// М. Физматлит, 2003. - С.31.
31. Егоров Н. Н./ Затухание Рэлея в упругом слое на полупространстве // Применение ультразвуки к исследованию вещества. вып. 15, 1981.
32. Дерягин Б. В./ Физика упругих волн.// Прикл геофизика ч. I, -вып. 2, 1934
33. Давыдова Н. И./ изучение на моделях зависимости динамических характеристик продольных головных волн от мощности преломляющего слоя.//Изв. АН СС СР, геофиз. 1, 1962.
34. Викторов И.А./ Звуковые поверхностные волны в твердых телах. // М. :Наука, 1981-С.48
35. Муравьев, В.В./ Скорость звука и структура сталей и сплавов. / В.В. Муравьев, Л.Б. Зувев, К.Л. Комаров.// Новосибирск: Наука. – 1996. – С. 185.
36. Егоров Н. Н./ Затухание Рэлея в упругом слое на полупространстве.// Применение ультразвуки к исследованию вещества. вып. 15, 1981.
37. П. В. Панин, Д. А. Дзунович, А. А. Ширяев./ Исследование термической стабильности структуры титанового сплава втб после термоводородной обработки.// УДК 669.295.-2016-С. 3.
38. T. Nelis, J. Pallosi./ Glow Discharge as a Tool for Surface and Interface Analysis // Applied Spectroscopy Reviews, 2006. – 41. –: P. 227 – 258.
39. К.В. Григорович, Е.В. Яйцева./ Спектрометры тлеющего разряда.//новое перспективное направление. - С. 10.
40. F. Von Zeppelin, M. Haluska, M. Hirscher. Thermal desorption spectroscopy as a quantitative tool to determine the hydrogen content in solids // Thermochemica Acta 404 (2003) p. 251–258.