

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

Институт Международного образования и языковой коммуникации
Направление подготовки 03.03.02 Физика
Кафедра Общей физики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование накопления водорода в сплаве никелида титана при электролитическом наводороживании

УДК [669.245+669.295.5]:669.788:621.359

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б20	Ю Цзиньян		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент КОФ ФТИ	Батурин А.А.	к.ф-м.н.		

Консультанты:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоснабжение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский В.Ю.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пустовойтова М.Н.	к.х.н.		

Допустить к защите:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
зав. каф.	Лидер А.М.	к.ф-м.н., доцент		

Томск 2016 г.

Планируемые результаты обучения
по основной образовательной программе высшего профессионального
образования, направление подготовки 011200 Физика,
квалификация - бакалавр

Код результата	Результат обучения (компетенции выпускника)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Общекультурные (универсальные) компетенции</i>		
P1	Способен самостоятельно приобретать новые знания, использовать современные образовательные и информационные технологии, совершенствовать и развивать свой профессиональный уровень, поддерживать здоровый образ жизни	Требования ФГОС (<i>ОК-1, ОК-2, ОК-7, ОК-8, ОК-11, ОК-19</i>) [2], Критерий 5 АИОР (п. 1.1, 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Способен к поиску, обработке и интерпретации с использованием современных информационных технологий данных, необходимых для формирования суждений по соответствующим социальным, научным и этическим проблемам, как в коллективе, так и индивидуально (на родном и иностранном языке)	Требования ФГОС (<i>ОК-3, ОК-4, ОК-8, ОК-14, ОК-15, ПК-10, ПК-12, ПК-13,</i>), Критерий 5 АИОР (пп. 2.1, 2.2, 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Способен критически переосмысливать свой накопленный социальный и профессиональный опыт, изменять при необходимости профиль своей профессиональной деятельности, следовать этическим и правовым нормам и нести ответственность за последствия своей инженерной деятельности	Требования ФГОС (<i>ОК-5, ОК-6, ОК-7, ОК-9, ОК-10, ПК-5, ПК-18</i>), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P4	Способен к овладению и применению базовых знаний в области естественных наук и математики для решения профессиональных задач, к усвоению основных педагогических моделей, форм и приемов педагогического воздействия на личность; закономерностей педагогического	Требования ФГОС (<i>ОК-1, ОК-9, ОК-10, ОК-11, ПК-1, ПК-2, ПК-10</i>), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Способен применить в проектах по тематике, заданной заинтересованными организациями, экспериментальные методы исследования конденсированного состояния вещества, методы анализа поверхности твердых тел и тонких пленок	Требования ФГОС (<i>ОК-12, ПК-3, ПК-4, ПК-6, ПК-14</i>), Критерий 5 АИОР (п. 1.1, 1.4, 2.2, 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEAN</i>

		<i>I</i>
P6	Способен применить в проектах по тематике, заданной заинтересованными организациями, современную электронику в электрофизических и плазменных установках, а также учесть взаимодействие излучения и плазмы с веществом, современные достижения водородной энергетики и плазменных технологий	Требования ФГОС (<i>ОК-10, ОК-11, ПК-1, ПК-2</i>), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P7	Способен применить в проектах по тематике, заданной заинтересованными организациями, базовые естественнонаучные и математические знания при получении и исследовании наноматериалов	Требования ФГОС (<i>ОК-12, ПК-3, ПК-4, ПК-6, ПК-14</i>), Критерий 5 АИОР (п. 1.1, 1.4, 2.2, 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> <i>I</i>
P8	Способен понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, к применению на практике полученных знаний при обработке, анализе и синтезе полученных физических данных в соответствии с профилем профессиональной деятельности	Требования ФГОС (<i>ОК-12, ОК-16, ОК-21, ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-6, ПК-7</i>), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Способен понимать и использовать на практике теоретические основы планирования и организации физических исследований, представлять результаты и применять на практике методы управления в сфере природопользования	Требования ФГОС (<i>ОК-12, ПК-3, ПК-4, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-14</i>), Критерий 5 АИОР (п. 1.1, 1.4, 2.2, 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Способен формировать суждения о значении и последствиях своей профессиональной деятельности с учетом социальных, правовых, этических и природоохранных аспектов, при необходимости применить ресурсо- и энергосберегающие технологии	Требования ФГОС (<i>ОК-10, ОК-11, ПК-1, ПК-2, ПК-7, ПК-9</i>), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

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

Институт – Международного образования и языковой коммуникации
Направление подготовки – 03.03.02 Физика
Кафедра – Общей физики

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

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы
В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
150Б20	Ю Цзиньян

Тема работы:

Исследование накопления водорода в сплаве никелида титана при электролитическом наводороживании	
Утверждена приказом директора	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14.06.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом исследования является сплав никелида титана при электролитическом наводороживании.
<i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</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>	<p>Обзор литературы по проникновению и взаимодействия водорода с титановыми сплавами, влияющим факторам на водородную проницаемость;</p> <p>Исследование влияния различных параметров наводороживания на накопление водорода в сплаве никелида титана;</p> <p>Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p> <p>Раздел «Социальная ответственность»</p>
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский В.Ю
Социальная ответственность	Пустовойтова М.И.

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

Обзор литературы

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент КОФ ФТИ	Батурин А.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б20	Ю Цзиньян		

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

Студенту:

Группа	ФИО
150Б20	Ю Цзиньян

Институт	Международного образования и языковой коммуникации	Кафедра	Общей физики
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	03.03.02 Физика

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

Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих

Нормы и нормативы расходования ресурсов

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Планирование и формирование бюджета научных исследований

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

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский В.Ю.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б20	Ю Цзиньян		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
150Б20	Ю Цзиньян

Институт	Международного образования и языковой коммуникации	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"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>Работа проводилась в лаборатории на подвальном этаже в третьем корпусе Национального исследовательского Томского политехнического университета. Технический процесс заключается в насыщении водородом углеродного материала, содержащего нанотрубки с помощью автоматизированного комплекса Gas Reaction Controller.</p> <p>В процессе возникли следующие вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. отклонение показателей микроклимата в помещении 2. превышение уровней шума; 3. превышение уровней электромагнитных и ионизирующих излучений 4. недостаточная освещенность рабочей зоны; и опасный фактор – электрический ток. <p>В работе возникают отходы спирта, которые могут вызвать загрязнение гидросферы. Возможно, возникают пожар и взрыв газовых баллонов, и пожар в процессе работы.</p>
<p>2. <i>Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. 2. СанПиН 2.2.4.548 – 96. 3. ГОСТ 12.1.006 – 84 ССБТ. 4. ГОСТ 12.1.045 – 84 ССБТ. 5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03. 6. СанПиН 2.2.2/2.4.1340– 03.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. <i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	<p>В связи с работой насоса в лаборатории возникло превышение уровней шума. По санитарным нормам, допустимым уровнем шума принято считать: 55 децибел (дБ) в дневное время и 40 децибел (дБ) ночью. Одним из средств защита от шума балансировка вращающихся деталей, уменьшение зазоров в зацеплениях механических передач, применение соответствующей смазки.</p>
<p>2. <i>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); 	<p>Действие электрического тока на живую ткань носит разносторонний и своеобразный характер. Прохождение тока может вызывать у человека раздражение и повреждение различных органов. Пороговый неотпускающий ток составляет 50</p>

<ul style="list-style-type: none"> – <i>электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</i> – <i>пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</i> 	<p>Гц (6–16мА). Основные коллективные способы и средства электрозащиты: изоляция токопроводящих частей (проводов) и ее непрерывный контроль; установка оградительных устройств. Индивидуальные основные изолирующие электрозащитные средства способны длительно выдерживать рабочее напряжение электроустановок.</p>
<p style="text-align: center;"><i>3. Охрана окружающей среды:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>защита селитебной зоны</i> – <i>анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</i> – <i>анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</i> – <i>анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</i> – <i>разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</i> 	<p>В процессе выполнения работы могут возникать отходы спирта, которые могут вызвать загрязнение гидросферы. Спирт используют для подготовки образцов углеродного материала. После этого процесса, в растворе спирта могут существовать аморфы углерода и наноуглерод. Для охраны поверхностных и подземных вод от загрязнения и истощения, можно обработать отходы спирта методом дистилляции. Полученный спирт после процесса дистилляции может использовать повторно.</p>
<p style="text-align: center;"><i>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>перечень возможных ЧС на объекте;</i> – <i>выбор наиболее типичной ЧС;</i> – <i>разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</i> – <i>разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</i> – <i>разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</i> 	<p>В связи с использованием водорода в процессе выполнения работы насыщения водородом углеродного материала, содержащего нанотрубки, существуют опасности пожар и взрыв. Чтобы избежать такой опасности необходимы следующие мероприятия: 1). создание запасов средств индивидуальной защиты и поддержание их в готовности; 2). наличие и поддержание в постоянной готовности системы общего оперативного и локального оповещения и информации о пожаре и взрыве; 3). проектирование, размещение, строительство и эксплуатация объектов инфраструктуры, в том числе и потенциально опасных.</p>
<p style="text-align: center;"><i>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</i> – <i>организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</i> 	<p>1. Организационные мероприятия обеспечения безопасности. 2. Особенности законодательного регулирования проектных решений.</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пустовойтова М.И.	к.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б20	Ю Цзиньян		

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

Институт международного образования и языковой коммуникации
Направление подготовки – 03.03.02 Физика
Уровень образования Бакалавриат
Кафедра Общей физики

Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14.06.2015
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
13.05.2016 г.	Обзор литературы	30
20.05.2016 г.	Расчеты и аналитика	30
03.06.2016 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
06.06.2015 г	Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент КОФ ФТИ	Батурин А.А.	к.ф.-м.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОФ	Лидер А.М.	к.ф.-м.н., доцент		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 78 страниц, 26 рисунков, 14 таблиц, 49 источников литературы.

Ключевые слова: водород, сплав никелида титана, физиологический раствор, электролитическое наводороживание.

Объектом исследования является сплав никелида титана состава $Ti_{49,1}Ni_{50,9}$ (ат.%) до и после электролитического наводороживания.

Цель работы –

В процессе работы проводилось насыщение образцов из сплава никелида титана электролитическим способом при разных температурах и плотностях тока с целью исследование факторов, которые влияют на его поглощение водорода.

В результате исследований было определено, как эти факторы влияют на наводороживание.

В первой главе описаны общие сведения взаимодействия водорода с металлами, такие как проникновение и состояние водорода в металлах. Описаны свойства сплава никелида титана, в том числе его применение и проблема водородного охрупчивания.

Во второй главе представлены электрический метод насыщения и метод изменения концентрации водорода на анализаторе RHEN602 фирмы LECO. Так же описан метод термодесорбционной спектроскопии, реализованный на автоматизированном комплексе Gas Reaction Controller LPB фирмы Advanced Materials Research.

В третьей главе представлены результаты исследования микроструктуры исходных образцов до наводороживания, экспериментального наводороживания сплава никелида титана электролитическим способом при разных условиях и осуществлено сравнение влияния данных параметров на динамику накопления водорода.

В четвертом разделе представлен материал, в котором описываются материальные расходы на проделанную работу.

В пятом разделе представлен материал по технике безопасности при работе на оборудовании и расчет воздухообмена в жилых и общественных помещениях.

Определения

В данной работе используются такие понятия как:

Водород – первый элемент периодической системы элементов, обозначается символом Н.

Сплав никелида титана – интерметаллическое соединение двух элементов (никеля и титана). У каждого элемента одинаковый массовый процент.

Эффект памяти формы – явление возврата к первоначальной форме при нагреве, которое наблюдается у некоторых материалов после предварительной деформации.

Сверхэластичность – высокая способность материала или изделия подвергаться значительным упругим деформациям без нарушения.

Биосовместимость – вызванный материалом соответствующий ответ в определенных частях тела.

Наводороживание – внедрение водорода в металл из водных растворов или газонасыщенной водной среды, содержащей наводороживающий агент.

Водородное охрупчивание – процесс охрупчивания и разрушения некоторых металлов вследствие воздействия атомарного водорода. Наиболее подвержены водородному охрупчиванию высокопрочные стали, а также сплавы титана и никеля.

Оглавление

Введение.....	15
1. Теоретическая часть	17
1.1 Взаимодействие водорода со сплавами (металлами).....	17
1.2 Проникновение и состояние водорода в металле	18
1.3 Способы насыщения металлов водородом	20
1.4 Структура и свойства сплава TiNi	22
1.5 Применение сплава NiTi.....	27
1.6 Проблема водородного охрупчивания NiTi в биомедицинском применении.....	27
2. Экспериментальные методики	29
2.1 Электролитическое наводороживание при различных температурах	29
2.2 Метод измерения концентрации водорода на анализаторе RHEN602 фирмы LECO .	32
2.3 Метод термодесорбционной спектроскопии на автоматизированном комплексе Gas Reaction Controller LPB фирмы Advanced Materials Research	35
3. Экспериментальные результаты	38
3.1 Микроструктура исходных образцов	38
3.2 Зависимость концентрации водорода от времени и плотности тока электролитического наводороживания при различных температурах.....	40
3.3 Результаты термодесорбционной спектроскопии образцов после наводороживания	43
Заключение.....	45
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	46
Введение.....	46
4.1 Планирование этапов и выполнение работ по НИОКР	46
4.1.1 Планирование этапов работ.....	46
4.1.2 Определение трудоемкости выполнения НИОКР.....	48
4.1.3 Техническая готовность темы	50
4.1.4 Построение графика работ	51
4.2 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	52
4.2.1 Потенциальные потребители результатов исследования	52
4.2.2 Анализ конкурентных технических решений.....	53
4.2.3 SWOT-анализ	53
В таблице 4.2.4 представлены результаты первого этапа SWOT-анализа.....	53
В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в бакалаврской работе (табл. 4.2.5).....	54
4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	55
4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	55
4.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.....	56
4.3.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы	57
4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	58
4.3.5 Накладные расходы	58
4.3.6 Формирование бюджет затрат НТИ	59

4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, социальной и экономической эффективности исследования.....	59
Вывод.....	61
5. Социальная ответственность.....	62
Введение.....	62
5.1 Техногенная безопасность.....	62
5.2 Анализ вредных и опасных факторов	64
5.2.1 Электромагнитные поля	64
5.2.2 Шум.....	64
5.2.3 Освещение.....	65
5.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности.....	66
5.4 Особенности законодательного регулирования проектных решений	67
5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	68
5.6 Расчет воздухообмена в жилых и общественных помещениях	71
Вывод.....	72
Список литературы.....	73

Введение

Сплав никелида титана (NiTi) широко используется в промышленности и биомедицине, так как обладает свойством памяти формы и сверхэластичностью и обладает хорошей биосовместимостью [1-5]. Так, в ортодонтических клиниках проволоку из NiTi используют для зубных имплантатов и брекетных устройств [6-8]. При этом зубные имплантаты на основе никелида титана подвергаются наводороживанию и последующему охрупчиванию, что приводит к их разрушению раньше завершения срока эксплуатации [9-12]. Источником водорода в имплантатах является водород, содержащийся в человеческом организме и в зубных пастах [13-15].

Решение проблемы водородного охрупчивания медицинских изделий из никелида титана требует изучения особенностей накопления и распределения водорода в образцах из Ni-Ti, а также подготовка образцов с различными концентрациями водорода для проведения механических исследований. Для наводороживания образцов из никелида титана может быть применен метод электролитического наводороживания из водного 0,9% раствора NaCl (физиологический раствор). Метод электролитического наводороживания является самым простым способом ввести водород в экспериментальные образцы и не требует существенных затрат. А возможность изменять такие параметры наводороживания как плотность тока и температура электролита позволит подготавливать образцы с различными концентрациями водорода и с различным его состоянием внутри металла [16-20].

Таким образом, исследования накопления водорода в сплаве никелида-титана представляют, как и практический интерес (для дальнейшей разработки методов по решению проблемы водородного охрупчивания), так и фундаментальный интерес (исследование влияния параметров наводороживания на состояние водорода в металле) и проведение таких исследований является актуальным.

В связи со всем выше сказанным, **целью** настоящей работы является: установление основных закономерностей накопления и распределения водорода в сплаве никелида титана при электролитическом наводороживании. Для решения поставленной цели были сформулированы следующие **задачи**:

1. Проведение литературного обзора по взаимодействию водорода со сплавом никелида титана;
2. Разработка электролитической ячейки для наводороживания при различных плотностях тока и температурах электролита;
3. Электролитическое наводороживание в водном 0,9% растворе хлорида натрия экспериментальных образцов из никелида титана с разным размером зерна при различных плотностях тока и температурах электролита;
4. Определение концентрации водорода и проведение экспериментов по термодесорбционной спектроскопии образцов после наводороживания.

1. Теоретическая часть

1.1 Взаимодействие водорода со сплавами (металлами)

Сплавы (металлы) представляют сильную способность захватывать водород. При определенной температуре и давлении молекулы водорода в сплаве (или металла) сначала разлагают на отдельные атомы, а атомы водорода легко входят в зазор между атомами сплава и реагируют со сплавами и получаются металлические гидриды. Внешние проявления являются большим количеством поглощения водорода. Эта химическая реакция сопровождается выпуском много тепла. Когда эти гидриды металла нагревают, они будут разлагаться, потом атомы водорода объединяются в молекулярный водород и высвобождаются. Этот процесс тоже сопровождается четким эндотермическим эффектом.

Реальные твердые тела никогда не обладают однородной структурой; обычно они содержат широкий набор дефектов как равновесных (вакансии, междоузлия), так и неравновесных (границы зерен, дислокации, включения инородных фаз и т. п.) [21]. Водород, который диффундирует в кристаллической решетке металла, обладает способностью взаимодействовать с различного рода дефектами, содержащимися в реальных твердых телах [22]. Наличие подобных взаимодействий ведет к изменению параметров растворения и диффузии, а также к изменению формы кинетической кривой, влияние давления водорода, толщины образца, времени диффузионного эксперимента на эффективные коэффициенты диффузии. Накоплением водорода в дефектах металла вызвано значительное ухудшение эксплуатационных характеристик материала. Накапливаясь в твердых телах, водород изменяет упругие, прочностные и прочие эксплуатационные и физико-химические свойства металлов и сплавов. Локализуясь, и образуя гидридные фазы в местах с повышенной дефектностью, водород вызывает охрупчивание материала [23].

Ввиду этого, изучение процессов взаимодействия водорода с сплавами (металлами) представляет большой практический интерес.

1.2 Проникновение и состояние водорода в металле

Известно, что водород является очень активным химическим элементом, который сильно реагирует с металлами [24]. Взаимодействие водорода с металлами и сплавами осуществляется за счет ряда последовательных стадий: физическая адсорбция молекул, их диссоциация (атомизация) на атомы, абсорбция атомов, диффузия в объеме, выход атомов на обратной стороне, рекомбинация атомов в молекулы водорода, десорбция молекул (рисунок 1) [25].

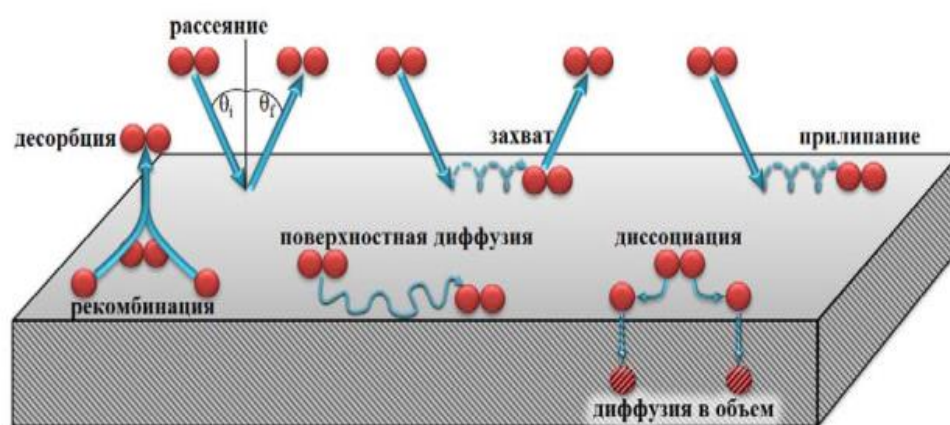


Рисунок 1. Реакции на поверхности металла

Любой металл из периодической системы химических элементов имеет кристаллическую структуру. Атомы водорода могут находиться в решетке твердого тела, как в равновесных междоузлиях, так и в различного рода дефектах. Наличие водорода в дефектах проявляется в сильной связи, вследствие чего его дальнейшая транспортировка по кристаллической структуре сильно затруднена.

На рисунке 2 представлены различные положения атома водорода в кристаллической решетке металлов.

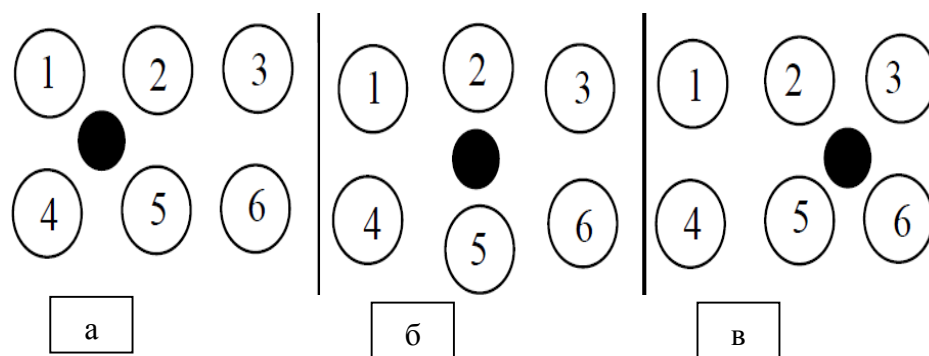


Рисунок 2. Схематическое изображение положения атома в кристаллической решетке металла при переходе из одного междоузельного положения в другое:

а, в – атом находится в равновесном состоянии; б – атом расположен между двумя соседними междоузлиями

На рисунке 2(а) и 2(в) атом водорода находится в равновесном состоянии в двух соседних междоузлиях. На рисунке 2(б) атом водорода расположен между двумя междоузлиями. Перемещение между двумя междоузлиями приводит к диффузии.

Водород в металле находится в растворенном состоянии, в форме гидридов, захватывается дефектами или входит в состав гидроокиси.

Диффузия водорода в металлах происходит в виде протонов. Протоны перемещаются в металле под влиянием слабого постоянного электрического поля. Диффузия водорода в металлах протекает очень быстро, так как размеры протонов в сотни тысяч раз меньше размеров атомов. Процессы диффузии водорода в монокристалле почти такой же величины, как и процессы при диффузии в мелкокристаллический образец.

После попадания водорода в металл, под влиянием его потенциального поля происходит ионизация водорода. В результате ионизации в предельных случаях образуются либо положительно заряженные ионы – протоны, либо отрицательно заряженные ионы водорода. В первом случае атом водорода ионизируется до протона, который входит в металлическую решетку, не нарушая ее. Металлические свойства конденсированного тела и тип решетки при этом сохраняются. Во втором случае образуются химические соединения с

ионным типом связи, которое обладает специфической решеткой и в нем не обнаруживаются металлические свойства [26,27].

1.3 Способы насыщения металлов водородом

Существует множество методов насыщения водородом металлов. Самым старым и изученным методом насыщения водородом является насыщение из газовой (водородной) атмосферы при повышенном давлении и температуре (*метод Сиверста*). Метод Сиверста осуществляется на установке PCI «Gas Reaction Controller» [28], схема установки представлена на рисунке 3.

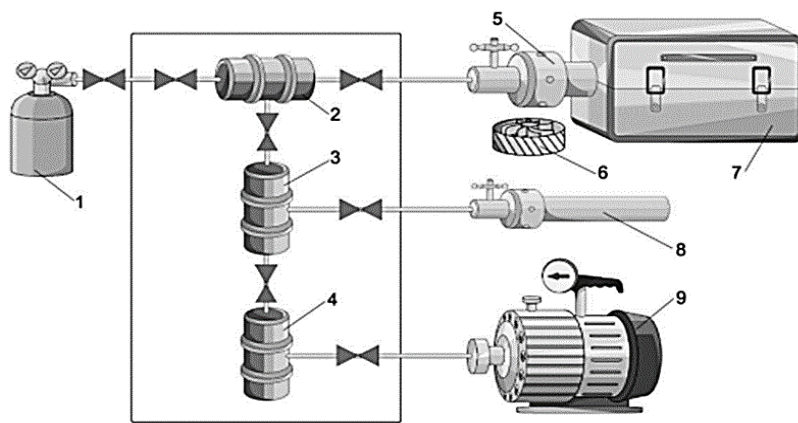


Рисунок 3. Схема автоматизированного комплекса «Gas Reaction Controller»: 1 – баллон с водородом; 2, 3, 4 – каналы подачи/откачки водорода; 5 – большая камера (175 см³); 6 – вентилятор; 7 –печь; 8 – малая камера; 9 – вакуумный насос

Согласно этому методу, образец помещается в рабочую камеру 5 или 8 и устанавливается в печь 7, после чего происходит вакуумная откачка камеры насосом 9 до $\sim 10^{-3}$ торр. При достижении указанного вакуума, вакуумная откачка останавливается, и рабочий объем заполняется чистым водородом, с последующим нагревом рабочей камеры, что приводящий к увеличению давления водорода. [29, 30].

Известен также способ внедрения водорода из высокотемпературной плазмы газового разряда. *Насыщение из водородной плазмы* осуществляется на установке «УНМ-02» НИ ТПУ (рисунок 4).

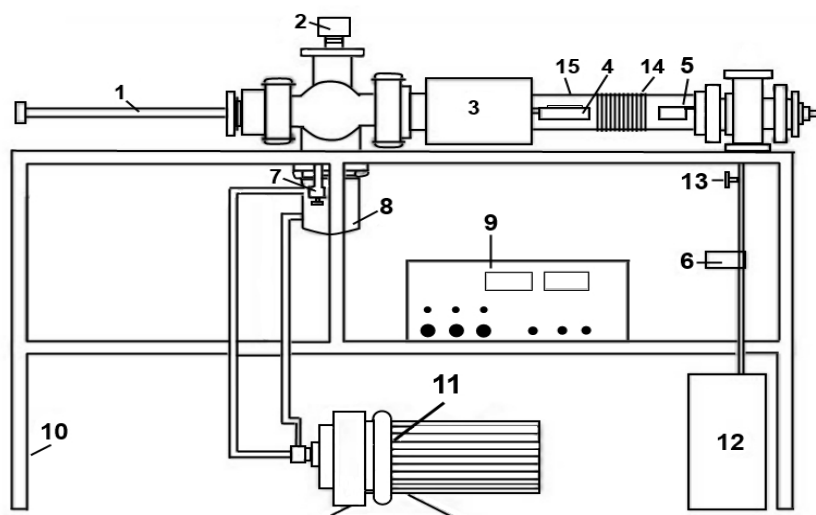


Рисунок 4. Установка для насыщения из водородной плазмы: 1 – штанга для подачи образца, 2 – вакуумметр, 3 – внешний нагреватель, 4 – внутренний нагреватель, 5 – зонд для диагностики плазмы, 6 – система для натекания водорода, 7 – клапан, 8 – турбомолекулярный насос, 8а – блок управления турбомолекулярный насос 8, 9 – высокочастотный генератор (Combel СВ300), 10 – станина, 11 – спиральный насос, 12 – генератор водорода, 13 – электромагнитный клапан, 14 – индуктор, возбуждающий ВЧ поле.

Установка состоит из вакуумной части, источника молекулярного водорода, ВЧ генератор для возбуждения плазмы, системы подогрева и контроля температуры образцов и системой компьютерного управления. Методика насыщения из ВП на описанной установке состояла в следующем. Поместив образец в реактор, откачивали реактор до давления ($\sim 10^{-6}$ торр) и включали нагрев для обезгаживания образца при температуре $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение часа. После чего уменьшали скорость откачки вакуумного объёма и понижали давление до $P \sim 10^{-3}$ торр и задавали температуру для насыщения $-500\text{ }^{\circ}\text{C}$ с последующей подачей через систему натекания молекулярного водород в реактор, при этом давление в реакторе повышалось до необходимого значения $2 \cdot 10^{-1}$ торр. После чего включался ВЧ генератор 9 и зажигался разряд в водороде – водородная плазма. Образец выдерживался в течение 2-х часов между индуктором плазмы и патрубком откачки (рисунок 4). Для поиска оптимального

метода насыщения водородом поглощённая мощность на генераторе изменялась от 50 до 250 Вт.

Установка УНМ-02 НИ ТПУ предназначена для насыщения атомарным водородом твердых тел (металлы, тугоплавкие и композиционные материалы, полупроводники, диэлектрики), с плавным изменением температуры до 700 °С. Диапазон давлений во время насыщения можно изменять или поддерживать от атмосферного до 10^{-3} торр.

Ещё одним методом внедрения водорода в металлы является наводороживание при химическом никелировании [29].

В нашей работе для насыщения водородом сплавов никелида титана применён метод электролитического наводороживания (катодное насыщение) из водного физраствора, так как это более простой метод и отвечает за наше всё требование (изменение параметров наводороживания: температур электролита, плотностей тока, времени насыщения и размера зерна). Более подробная информация о катодном насыщении будет рассматриваться дальше [29].

1.4 Структура и свойства сплава TiNi

На рисунке 5 показана часть диаграммы фазовых равновесий системы

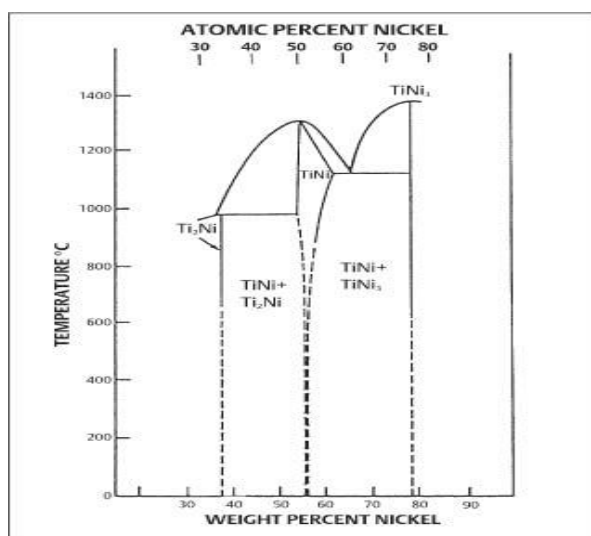


Рисунок 5. Диаграмма состояний Ti-Ni.

TiNi. Из неё видно, что вблизи эквиатомного состава образуется

интерметаллическое соединение TiNi. Это соединение имеет небольшую область гомогенности при высоких температурах, которая резко сужается при понижении температуры. Это означает что, если мы хотим сохранить сплав с избыточным содержанием атомов никеля нам нужно очень быстро (закалить в воду) охладить сплав, чтобы не прошёл фазовый распад сплава.

Интерметаллид TiNi имеет две основные фазы. Высокотемпературная фаза называется аустенит и имеет упорядоченную ОЦК (типа CsCl) часто обозначаемую как B2. При понижении температуры (или при приложении нагрузки) аустенит бездиффузионным путём превращается в искажённую моноклинную структуру, которую обозначают B19'. В некоторых случаях в двойных сплавах наблюдается ещё одна фаза с ромбоэдрической структурой, которую обозначают как R.

Температуры мартенситных превращений TiNi сильно зависят от состава (рисунок 6).

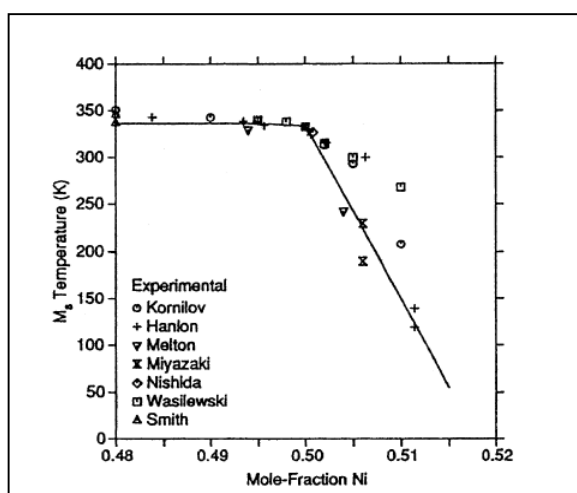


Рисунок 6. Зависимость температуры начала МП вблизи эквиатомного состава интерметаллида TiNi [30].

Эта зависимость во многом даёт возможность управлять функциональными свойствами изделий из TiNi. Сплав NiTi обладает способностью запоминать, а затем восстанавливать ту форму, которая была придана металлическому изделию на определенном этапе обработки. На рисунке показана схематическая диаграмма эффекта памяти формы.

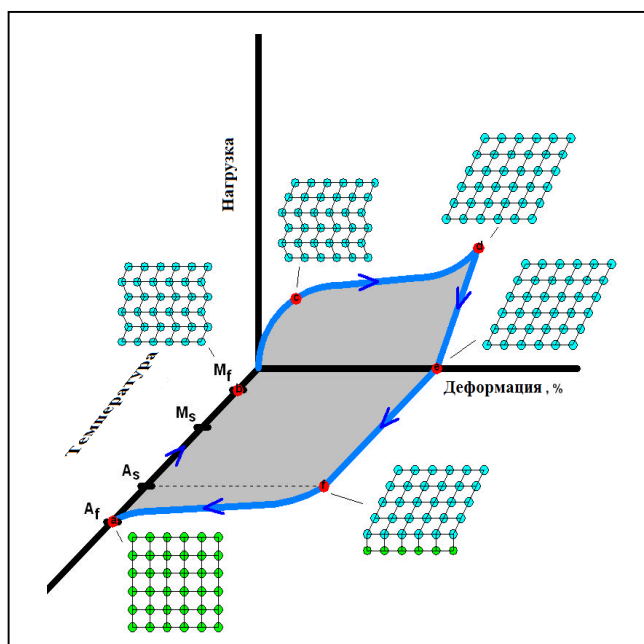


Рисунок 7. Схема эффекта памяти формы [31].

При высокой температуре (точка *a*) материал находится в аустенитном состоянии (B2 структура). При понижении температуры ниже M_H начинается термоупругое мартенситное превращение $B2 \rightarrow B19'$ в двойникованную мартенситную структуру, которое заканчивается при температуре M_K (точка *b*). Когда мартенсит нагружается, он начинает раздвойниковываться (точка *c*). В точке *d* раздвойникование завершается. При разгрузке до точки *e* мартенсит упруго возвращается, но не возвращается в двойникованное состояние. Нагрев до температуры A_H (точка *f*) приводит к началу обратного МП из мартенсита в аустенит, которое заканчивается при температуре A_K . Накопленная деформация при этом возвращается, и материал принимает исходную форму.

Приведём ещё одну схему. Сущность эффекта памяти составляет то, что когда температура превышает температуру прямого мартенситного превращения ($T_D > M_H$) пластически деформируется материал для придания ему определенной (необходимой) формы, затем охлаждается до температур, при которой происходит мартенситное превращение (M_K) и материал деформируется в этой температурной области с целью получения удобной

формы. При дальнейшем нагреве выше температуры начала обратного мартенситного превращения (A_n) изделие вновь восстанавливает формы, которая была ему первоначально придана при температуре T_d выше M_n . Схематически этот эффект изображен на рисунке 8 [32].



Рисунок 8. Схематическая интерпретация эффекта памяти формы: M_n , M_k – температуры начала и конца прямого мартенситного превращения; A_n , A_k – температуры начала и конца обратного мартенситного превращения; T_d – температура деформации; $A_n A_k$ – температурный интервал восстановления формы.

Рассмотрим далее ещё один эффект присущий никелиду титана-сверхэластичность или сверхупругость которая есть способность материала упруго деформироваться значительно выше обычного уровня в области температур выше A_k , но ниже некоторой температуры M_d . Никелид титана может упруго деформироваться до 11 % (обычные материалы-доли процента). Рассмотрим схему эффекта сверхэластичности (рисунок 9).

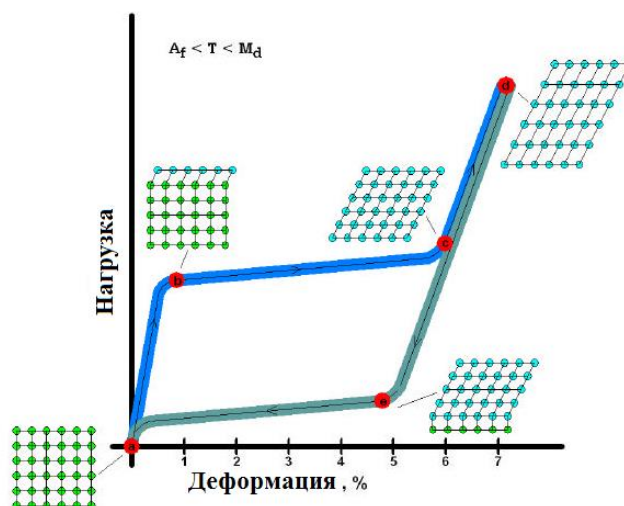


Рисунок 9. Схема, иллюстрирующая эффект сверхэластичности.

В начальной точке *a* материал находится в аустенитном состоянии. Далее материал упруго нагружается до точки *b* которой начинается вызванное нагрузкой превращение в мартенсит. Мартенсит образуется двойникованным, но тут же раздвойнивается из-за большой приложенной нагрузки. Дальнейшая нагрузка вдоль плато до точки *c* приводит к полному превращению аустенита в мартенсит. Мартенсит далее упруго деформируется до точки *d*. Разгрузка через точку *c* и *e* возвращает упругую деформацию мартенсита. В точке *e* начинается обратное МП в аустенит которое завершается в точке *a* при полной разгрузке.

Кроме того, NiTi сплав имеет много хороших механических свойств. Он показывает отличную пластичность и долговечность. Благодаря его хорошей коррозионной стойкости и биосовместимости, NiTi сплав, а также титан, титановой сплав, Co-Cr сплав и нержавеющей стали были успешно использованы в качестве биоматериалов. Он позволяет зубам сдвигаться под постоянной силой в течение длительного времени обработки (брекетные устройства). Сверхупругая дуговая проволока NiTi была особенно интересна в ортодонтическом лечении вследствие биосовместимости, хорошей коррозионной стойкости и способности восстанавливать свою первоначальную форму после воздействия больших деформаций.

1.5 Применение сплава NiTi

Многие системы сплава показывают поведения памяти формы и сверхупругости, но некоторые из них были разработаны в коммерческих масштабах для промышленного и медицинского применений. В этих сплавах, недавние инновации в обработке сплава NiTi улучшились как механические свойства и способность к формованию. Сверхэластичные NiTi сплавы с эффектом памяти формы в науке, технике и медицине широко применяются. Например, тепловые датчики и сигнализация, антенны спутников Земли и ортодонтическая проволока в ортодонтических клиниках и много других элементов изготовлены из Ni-Ti сплава [33].

1.6 Проблема водородного охрупчивания NiTi в биомедицинском применении

Благодаря хорошей коррозионной стойкости, биосовместимости и эффекту памяти формы никелида титана, сверхупругие проволоки из которого широко использованы в ортодонтических клиниках для зубных имплантатов. Тем не менее, механические свойства NiTi будут существенно изменяться через некоторое время работы в полости рта. Было доказано, что наиболее важным фактором окружающей среды вызывания деградации сплава является абсорбция водорода, содержащегося в человеческом организме и в зубных пастах. Водородное охрупчивание приводит к повреждению систем сплава NiTi и ухудшает механические свойства NiTi. При растяжении проволоки в проволоке NiTi наблюдается разрушение. После водородного охрупчивания пластичность NiTi проволоки тоже сильно падает. Плотность тока и температура сильно влияют на наводороживание. Однако в литературе имеются только отдельные измерения. Систематических исследований влияния температуры, плотности тока и времени насыщения для сплавов на основе никелида титана не проводилось. Таким образом, исследование

наводороживания при разных плотностях тока и температурах актуально для решения проблемы водородного охрупчивания NiTi в полости рта.

2. Экспериментальные методики

2.1 Электролитическое наводороживание при различных температурах

При электролитическом наводороживании концентрация ионов водорода, выделяющихся на катоде, определяют химический состав электролита, его концентрацией, плотностью тока и температурой. Плотность тока и температура при наводороживании определяют интенсивность миграции ионов водорода к катоду [34]. В нашей работе влияния температуры и плотности тока на наводороживание исследовались.

При электролизе проникая, водород скапливается на поверхности металла. Водород не проникает вглубь образца в связи с низким коэффициентом диффузии водорода при комнатной температуре. Следовательно, водород образует гидридные фазы со сплавом в приповерхностном слое [34-37].

Таким образом, важной задачей при наводороживании образцов для исследования систем металл-водород является контроль всех выше перечисленных условий. Для проведения электролитического насыщения образцов металла, разработана [38] специальная ячейка (рисунок 10), позволяющая контролировать такие параметры, как положение образца, объем и температуру электролита. Катодом в электролитической ячейке служит насыщаемый водородом образец. Так как расположение образцов по отношению к аноду оказывает существенное влияние на интенсивность насыщения, то были сделаны специальные держатели, позволяющие строго фиксировать положения образца, а также обеспечивающие надежный контакт.

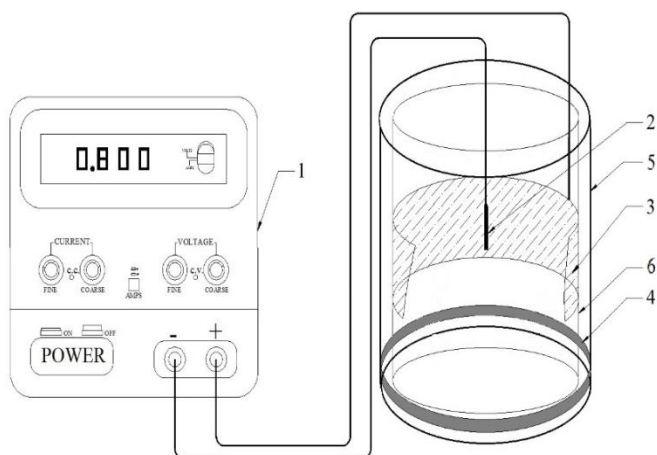


Рисунок 10. Стенд для электролитического насыщения водородом: 1 – источник тока, 2 – исследуемый образец (NiTi), 3 – анод из пластины, 4 – индукционный нагреватель, 5 – стакан из металла, 6 – стакан из стекла

Образец фиксируется в катоде. При подаче разных токов в катоде проходит реакция $4\text{H}^+ + 4\text{e}^- = 2\text{H}_2$ и начинается электролитическое наводороживание.

Для того чтобы быстро нагревать электролит и контролировать температуру электролита, индукционный нагреватель использовался.

На рисунке 11 показано устройство индукционного нагревателя.

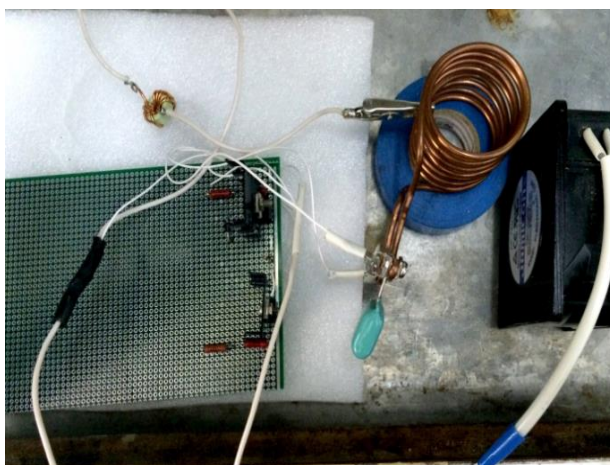


Рисунок 11. Устройство индукционного нагревателя

На рисунке 12 показана схема индукционного нагревателя.

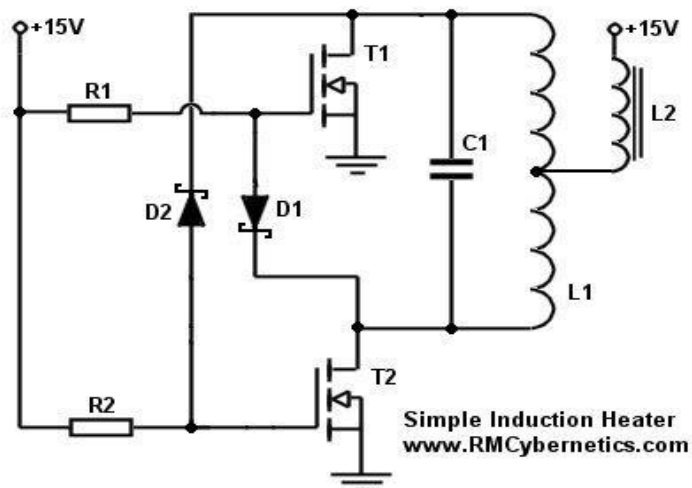


Рисунок 12. Схема индукционного нагревателя

В схеме:

R1 и R2 – резисторы, сопротивление 240 ом

D1 и D2 – диоды,

T1 и T2 – транзисторы,

C1 – конденсатор, ёмкость 470 мкФ,

L1 – катушки для нагревателя,

L2 – индуктор, используемый в качестве дросселя для поддержания высоких частот колебаний из источника питания, и для ограничения тока до приемлемых уровней.

В эксперименте вентилятор используется, чтобы охлаждать конденсатор.

На рисунке 13 показано переменное напряжение.

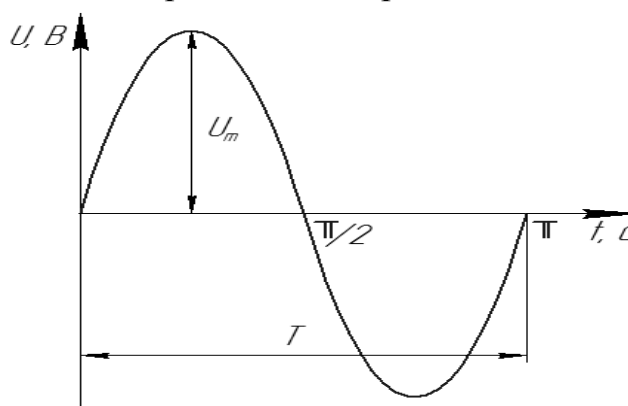


Рисунок 13. Переменное напряжение

При положительном напряжении ток течёт через резистор R1, диод D1 и колебательный контур, образуемый конденсатором C1 и катушками L1, и потом вытекает из транзистора T1. При отрицательном напряжении ток течёт через

резистор R_2 , диод D_2 и колебательный контур, образуемый конденсатором C_1 и катушками L_1 , и потом вытекает из транзистора T_2 . Такая конструкция обеспечивает непрерывно нагревать. На рисунке 10 представлен принцип нагрева индукционного нагревателя.

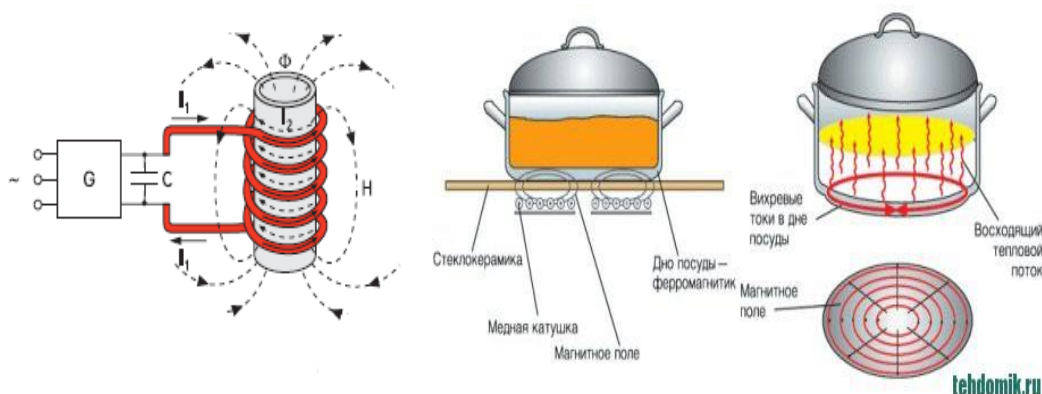


Рисунок 14. Принцип нагрева индукционного нагревателя

При течении переменного тока через катушки происходит переменное магнитное поле. Магнитные силовые линии проходят через металлический стакан и образуются вихревые токи. Под действием вихревого поля свободные электроны в металлах движутся, и происходит тепло.

2.2 Метод измерения концентрации водорода на анализаторе RHEN602 фирмы LECO

Рассматривая влияние водорода на свойства металлов и сплавов, нельзя обойти вопросы оценки реального содержания водорода при выплавке в различных металлургических агрегатах, то есть оценки опасности получения концентраций водорода, приводящих к появлению дефектов водородного происхождения в металлах и сплавах.

Для определения водорода в металлах разработано и используется большое число разных методов, которые различаются, прежде всего, по способу воздействия на анализируемый образец, а также по способам анализа выделившегося газа

В настоящее время для экстракции водорода наиболее употребительны

методы нагрева и плавления образца в вакууме или инертной среде. Для анализа выделившегося газа наиболее часто применяют косвенные методы регистрации, например, с помощью детекторов по теплопроводности, которые по сравнению с абсолютными методами обладают большим преимуществом по скорости анализа, однако требуют проведения предварительной калибровки с помощью эталонных образцов или чистых газов.

На основе выше приведенных методов по определению содержания водорода в металлах работает анализатор водорода RHEN602, представленный на рисунке 15.



Рисунок 15. Анализатор водорода RHEN602

Водород измеряется по регистрации изменения теплопроводности газа-носителя в термокондукметрической (ТК) ячейке. Блок-схема RHEN602 приведена на рисунке 16.

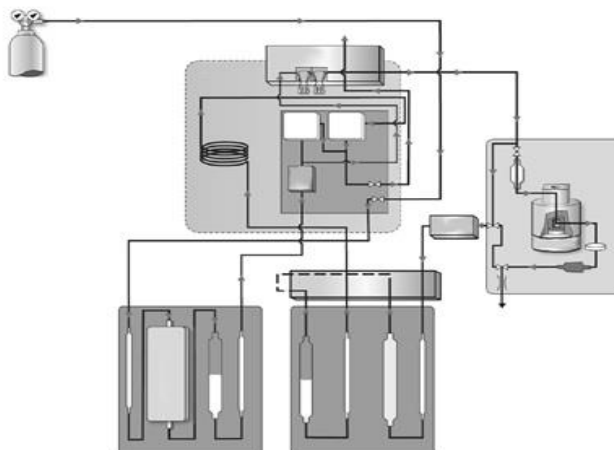


Рисунок 16. Блок-схема анализатора RHEN602

Анализ начинается после помещения пустого графитового тигля на нижний электрод. Электроды закрываются, и выполняется очистка тигля от атмосферных газов. Ток проходит через тигель, разогревая его до высокой температуры, которая способствует высвобождению газов, находящихся в графите. Эта процедура получила название дегазирование. Далее образец вносится из загрузочного устройства в тигель. Потом вновь подается на тигель высокий ток, разогревающий тигель и образец, высвобождая газы из образца. Чтобы предотвратить дальнейшее дегазирование тигля во время анализа, подается ток, сила которого ниже тока дегазирования.

Газ-носитель из газового баллона сначала проходит через нагретую медь для очистки от кислорода. Потом он проходит через специальные фильтры для удаления CO_2 и влаги. Остающийся газ передается на колонну молекулярного фильтра, которая разделяет компоненты газа, в зависимости от размера молекулы. Затем газ образца проходит через измерительную часть ТК ячейки, где измеряется содержание водорода. Сигнал, вырабатываемый ТК ячейкой, передается на аналогово-цифровой преобразователь и потом на компьютер, и при помощи программы производится определение содержания водорода.

2.3 Метод термодесорбционной спектроскопии на автоматизированном комплексе Gas Reaction Controller LPB фирмы Advanced Materials Research

Термодесорбционная спектроскопия заключается в измерении потока десорбированного водорода при постоянном нагреве с заданной скоростью и построению зависимости интенсивности выхода водорода от температуры. При таком построении на графике появляются пики интенсивности при различных температурах, каждый пик относится к различному состоянию водорода в металле. Для определения состояния водорода в металле по положению соответствующего пика используется один из аналитических подходов разработанный Ли и Ли [39-41]. Интенсивность десорбции водорода возрастает при достижении некоторой температуры вследствие того, что скорость выхода водорода из определенного состояния увеличивается быстрее, чем уменьшается количество водорода в таком состоянии. Когда весь водород в данном состоянии десорбируется, интенсивность десорбции водорода снижается до начального значения. Температура пика зависит от энергии связи водорода в данном состоянии и скорости нагрева. Интенсивность пика зависит от количества водорода в таком состоянии и скорости нагрева. Таким образом, температура пика отражает энергию связи водорода в данном состоянии, а интенсивность пика характеризует количество водорода. Энергия связи водорода может быть определена как модуль произведения универсальной газовой постоянной R и углового коэффициента графика зависимости $\ln(\beta/T^2)$ от $1/T$, где β – это скорость нагрева, T – температура пика [42]. Количество десорбированного водорода может быть определено интегрированием зависимости интенсивности водорода от температуры.

Определение энергии связи водорода в материале методом ТСД позволяет определить, в каком состоянии или в какой ловушке водород там находился. Так в ряде работ [42, 43] показано, что энергии связи водорода в гидриде соответствует диапазон значений от 100 кДж/моль до 110 кДж/моль в

зависимости от метода насыщения. Энергия связи равная 60 кДж/моль соответствует краевой дислокации, и это значение является верхней границей для обратимых ловушек [44].

На рисунке 13 изображена схема автоматизированного комплекса GRC LPB, который состоит из компьютера (1) с программным обеспечением, высокотемпературной печи (2), камер для образцов (3): низкого (4) и высокого (5) давлений и контролера (6). Контролером служат электронная системы управления комплексом (7) и вакуумная часть, состоящая из встроенного турбомолекулярного насоса (8), резервуара низкого давления (9), резервуара высокого давления (10), системы пневматических и ручных клапанов, дросселей, вакуумметров, натекателей и фильтров. Для обеспечения безопасности между резервуарами и камерами для образцов установлены системы экстренного удаления водорода (11), через которые водород удаляют при превышении максимально допустимого давления. Для создания и поддержания вакуума в системе используют вакуумный пост (12), состоящий из форвакуумного мембранного и турбомолекулярного насосов. Водород в вакуумную систему подается из баллона (13) или генератора (14). В целях предотвращения повреждений соединительных проводов вследствие нагрева между печью и контроллером установлена система охлаждения (15). Для возможности проведения экспериментов по ТДС непосредственно в вакуумную систему комплекса встроен квадрупольный масс-спектрометр RGA100 (16). RGA (Residual Gas Analyzer) – это небольшой масс-спектрометр для измерения давления остаточных газов в вакуумной системе, состоящий из квадрупольного зонда и электронной системы управления, которая устанавливается непосредственно в корпус зонда и содержит все необходимую электронику для управления масс-спектрометром. Принцип работы RGA заключается в ионизации небольшого количества молекул газа в ионизаторе, разделения полученных положительных ионов по отношению их массы к заряду в квадрупольном масс-фильтре и измерении плотности тока ионов при помощи

цилиндра Фарадея. Определение парциальных давлений газов происходит по предварительно рассчитанной чувствительности.

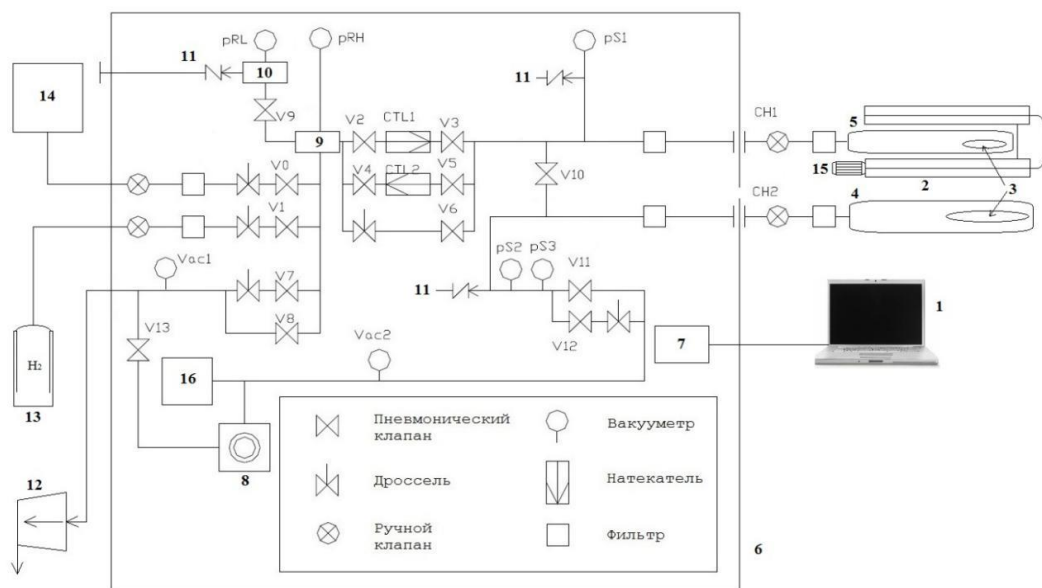


Рисунок 17. Схема автоматизированного комплекса Gas Reaction Controller LPB:

1 – компьютер; 2 – печь; 3 – образец; 4, 5 – камера низкого давления и высокого давления;

6 – контроллер; 7 – система управления комплексом; 8 – турбомолекулярный насос;

9, 10 – резервуар низкого давления и высокого давления; 11 – система экстренного удаления водорода; 12 – вакуумный пост; 13 – баллон с водородом; 14 – генератор водорода;

15 – система охлаждения; 16 – квадрупольный масс-спектрометр.

Комплекс «Gas Reaction Controller» позволяет определять массовое содержание водорода в рабочей камере во время насыщения с помощью вакуумных датчиков, т.е. получать данные по сорбции-десорбции газов.

3. Экспериментальные результаты

3.1 Микроструктура исходных образцов

Исследование выполнено на образцах из проволоки диаметром 1 мм из сплава $Ti_{49,1}Ni_{50,9}$ (ат.%), произведёнными ООО «Промышленный центр МАТЭК-СПФ». Исходное состояние проволоки после вытяжки - ультрамелкозернистая структура. Ультрамелкозернистой называют микроструктуру со средним размером зерен менее 1 мкм. Образцы проволоки с крупнокристаллической структурой были получены рекристаллизационным отжигом исходной проволоки при 973К в течение 30 мин с последующей закалкой в воде. Закалка делается для того, чтобы сохранить избыточные атомы никеля в составе B2 фазы согласно диаграмме состояний.

Микроструктуру рекристаллизованных образцов исследовали методами оптической металлографии (AXIOVERT – 200 MAT), растровой электронной микроскопии (LEO EVO 50). Микроструктуру УМЗ образцов исследовали методом электронной микроскопии (JEM-2100).

Исследования микроструктуры проведено в центре коллективного пользования ИФПМ СО РАН «Нанотех». Исследования микроструктуры ультрамелкозернистых образцов выполнено Н.В. Гирсовой, а исследования микроструктуры рекристаллизованных образцов К.В. Круковским.

Температуры мартенситных превращений (МП) определялись из температурной зависимости электросопротивления (А.А. Батулин, В.Н. Гришков). Температуры МП необходимы, чтобы знать в каком структурном состоянии находятся образцы при комнатной температуре перед наводороживанием.

На рисунке 18 показана типичная микроструктура исходной проволоки сплава $Ti_{49,1}Ni_{50,9}$ после вытяжки. Изображение получено в продольном сечении проволоки.

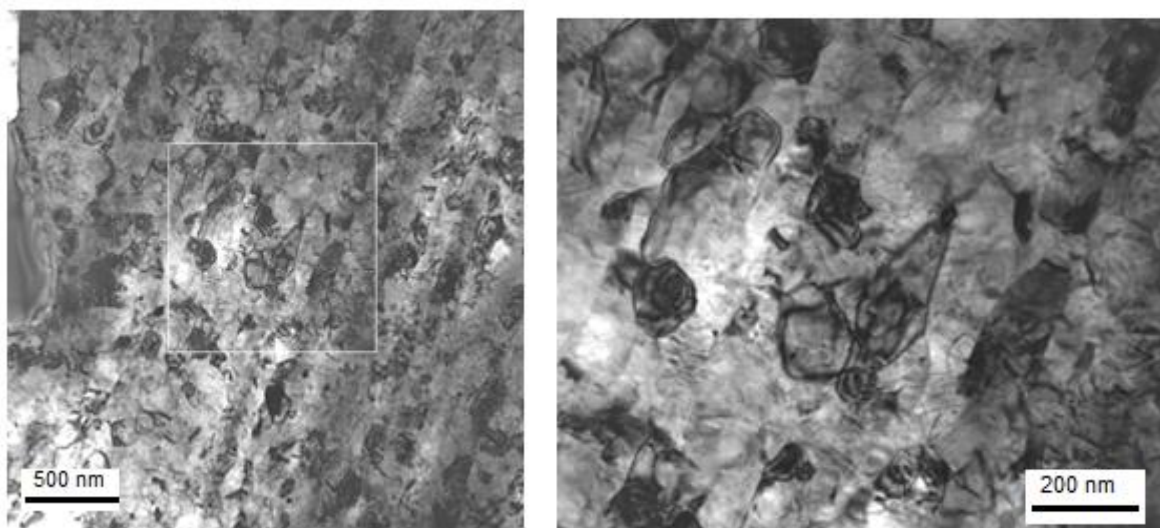


Рисунок 18. Электронномикроскопические изображения типичной микроструктуры образцов с ультрамелкозернистыми зёрнами.

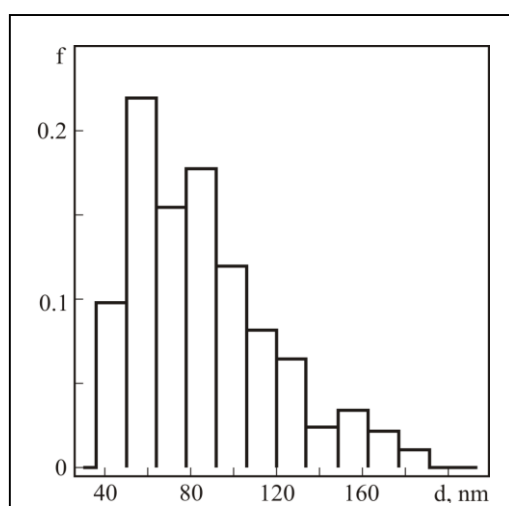


Рисунок 19. Гистограмма распределения зёрен по размерам для УМЗ образцов.

Средний размер зёрен, определённый из данной гистограммы составляет 86 нм. После проведённого рекристаллизационного отжига размер зёрен существенно увеличивается (рисунок 20). Форма зёрен близка к равноосной со средним размером 8 мкм.

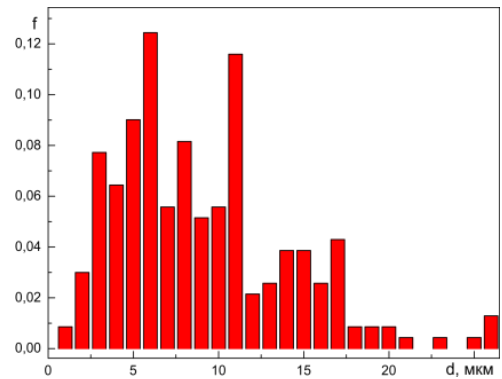
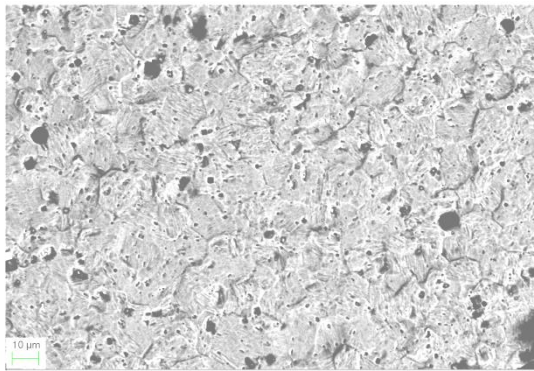


Рисунок 20. Микроструктура и гистограмма распределения зёрен по размерам для рекристаллизованных образцов сплава $Ti_{49,1}Ni_{150,9}$.

Таким образом, размер исходных зёрен различается примерно в сто раз, поэтому можно ожидать разную поглотительную способность образцов с УМЗ и КК структурами, несмотря на то, что фазовое состояние у них одинаковое.

3.2 Зависимость концентрации водорода от времени и плотности тока электролитического наводороживания при различных температурах

На рисунке 21 представлен график зависимости концентрации водорода в ультромелкозернистых образцах (УМЗ) от плотности тока электролитического наводороживания по 60 минут при комнатной температуре (25 °С), температуры тела (37 °С) и более высоких температурах (50 °С и 60 °С) в NaCl растворе.

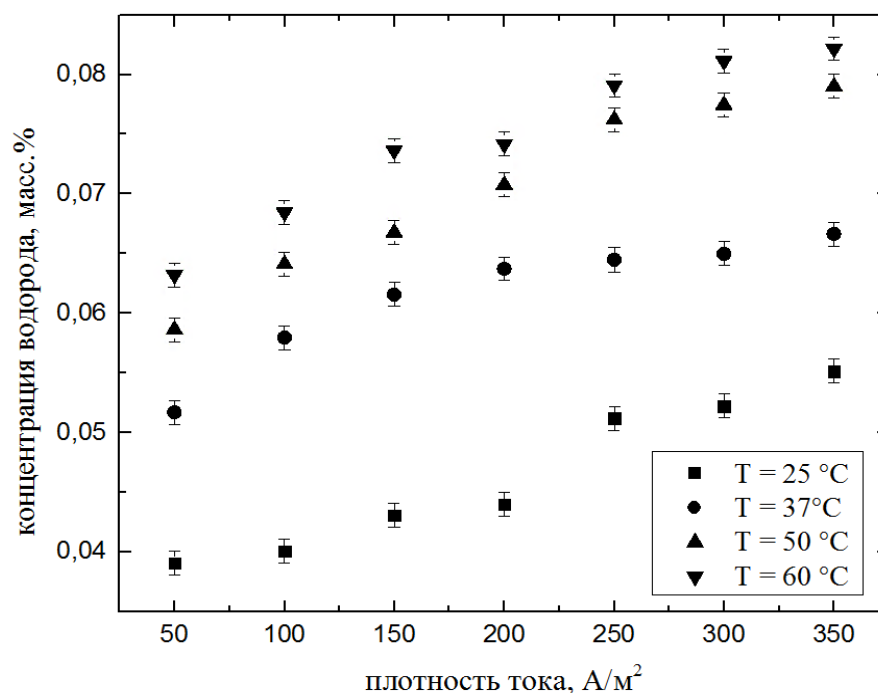


Рисунок 21. Зависимость концентрации водорода от плотности тока при разных температурах для УМЗ

Зависимость содержания водорода в образцах (УМЗ) от плотности имеет сложный характер. Так, при плотностях тока меньше 250 А/м² происходит быстрое увеличение содержания водорода при увеличении плотности тока, благодаря проникновению и накоплению водорода в пустотах кристаллической решетки, в вакансиях и в других дефектах. При дальнейшем увеличении плотностей концентрация водорода медленно увеличивается. Данное поведение характеризуется образованием гидридной фазы, препятствующей дальнейшему процессу наводороживания, благодаря чему концентрация водорода увеличивается незначительно и чем выше температура и тем быстрее образуется гидридная фаза.

На рисунке 22 показана зависимость концентрации водорода от времени насыщения для УМЗ.

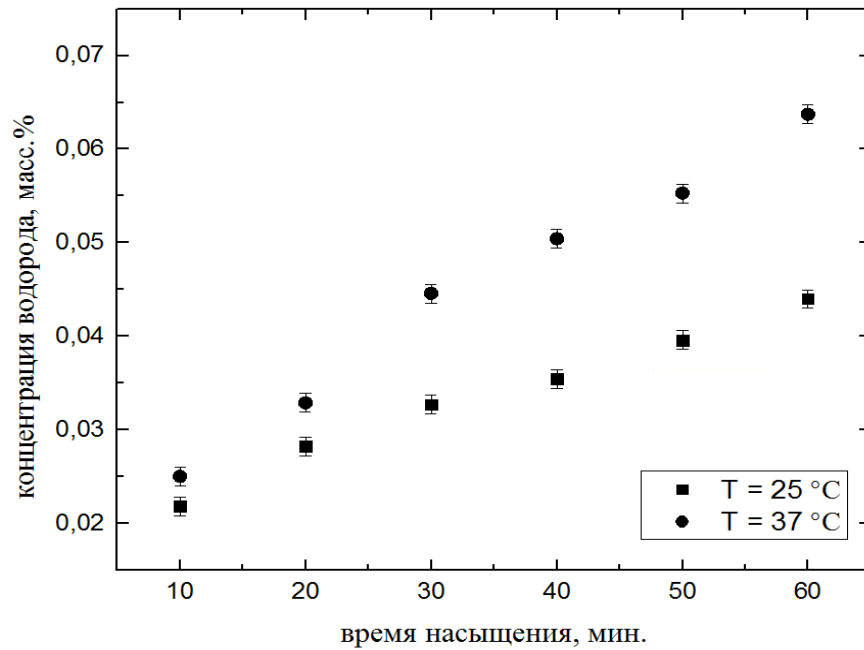


Рисунок 22. Зависимость концентрации водорода от времени насыщения при разных температурах для УМЗ

В течение 60 минут концентрация водорода прямо пропорциональна времени насыщения. Это значит, что сплав NiTi имеет свой срок использования. При использовании в полости рта некоторое время он будет разрушен водородом.

Чтобы изучать влияния размера зерно на наводороживание, крупнокристаллические (К.К.) материалы были насыщены водородом при разных плотностях тока и времени (рисунок 23).

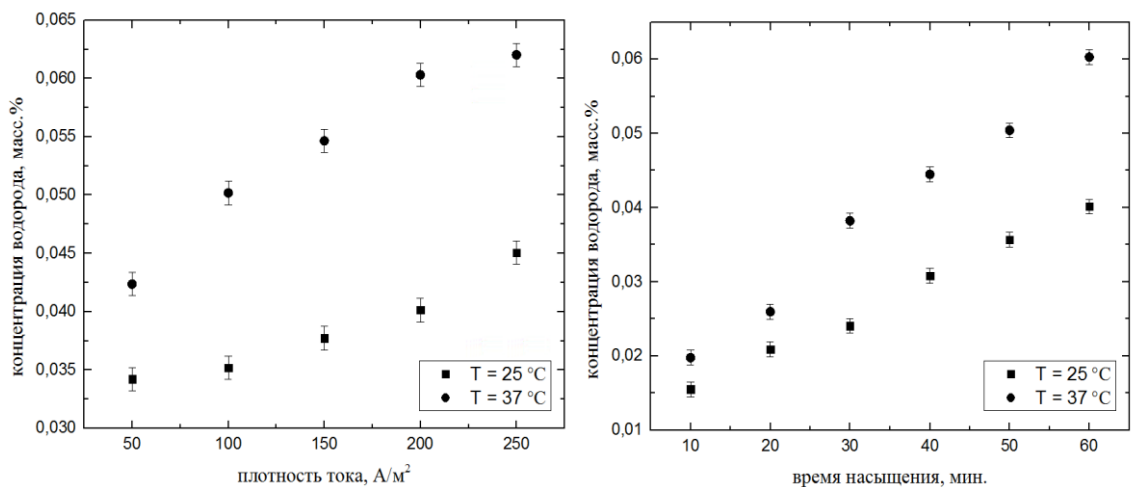


Рисунок 23. Зависимость концентрации водорода от плотности тока и времени для К.К.

В интервале плотности тока от 50 A/m^2 до 250 A/m^2 наблюдается линейная зависимость содержания водорода в материале от плотности тока. Эффективность наводороживания растет с увеличением плотности тока, так как это является ключевым параметром, определяющим интенсивность миграции ионов водорода к катоду. Концентрация водорода в образцах тоже увеличивается по времени насыщения.

Сравнение КК и УМЗ представлено на рисунке 24.

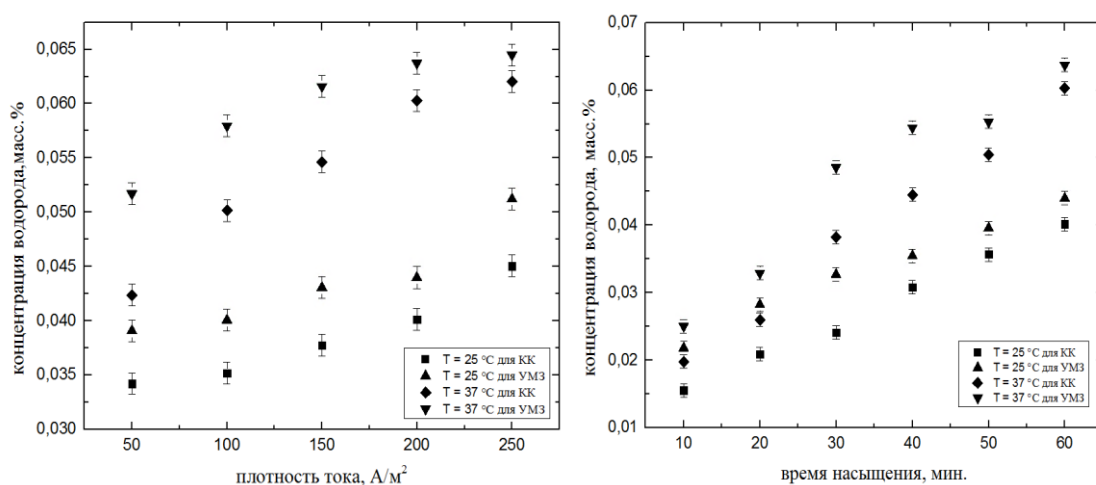


Рисунок 24. Сравнение КК и УМЗ

По сравнению с образцами КК в данном случае УМЗ материалы NiTi поглотили больше водорода. Это объясняется тем, что с одной стороны УМЗ материалы обладают повышенной концентрацией дефектов кристаллической решётки (дислокаций и вакансий) в объёме зерен, которые являются ловушками для водорода, с другой стороны из-за маленького размера зерён УМЗ материалы имеют большую площадь границ зерён относительно КК. Границы зерен являются лёгким путём проникновения водорода в сплавы. Из этого следует сорбция водорода должна быть для УМЗ материалов больше чем для КК.

3.3 Результаты термодесорбционной спектроскопии образцов после наводороживания

На рисунке 25 представлены кривые термодесорбции водорода из образцов никелида титана после наводороживания при различных режимах.

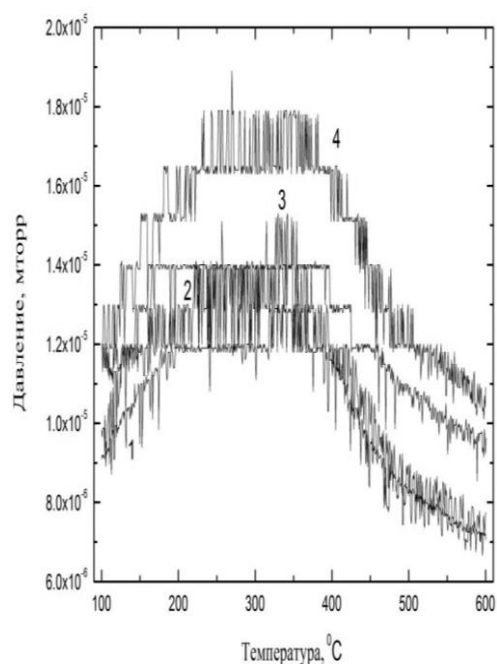


Рисунок 25. Кривые термодесорбции водорода из образцов никелида титана после электролитического наводороживания при различных режимах

Кривая 1 на рисунке 25 соответствует образцу после наводороживания при комнатной температуре при плотности тока 200 А/м^2 и времени 60 минут. Кривая 2 – комнатная температура, плотность тока 400 А/м^2 и время 60 минут. Кривая 3 – температура $37 \text{ }^\circ\text{C}$, плотность тока 200 А/м^2 и время 60 минут. Кривая 4 – температура $37 \text{ }^\circ\text{C}$, плотность тока 400 А/м^2 и время 60 минут.

Как видно изменение параметров наводороживания приводит только к изменению интенсивности выхода водорода (что связано с изменением концентрации водорода). Форма кривых и диапазон температур остаются прежними, что говорит об одинаковом состоянии водорода во всех образцах.

Заключение

1. В настоящей работе разработана установка для поддержания постоянной температуры электролита при электролитическом наводороживании.

2. Изучена динамика накопления водорода в сплаве никелида титана в зависимости от режима электрохимического насыщения. Для ультрамелкозернистых материалов зависимость содержания водорода в образцах от плотности тока имеет сложный характер, так, при плотностях тока меньше 250 А/м^2 происходит быстрое увеличение содержания водорода при увеличении плотности тока, при дальнейшем увеличении плотностей концентрация водорода увеличивается незначительно. Для крупнокристаллических материалов в интервале плотности тока ($50 \div 250 \text{ А/м}^2$) наблюдается линейная зависимость содержания водорода от плотности тока. В обоих образцах в течение 60 минут концентрация водорода прямо пропорциональна времени насыщения.

3. При насыщении водородом электролитическим методом при температуре $25 \text{ }^\circ\text{C}$ и давлении 1 атм. образцов УМЗ увеличение времени насыщения от 10 минут до 60 минут приводит к увеличению концентрации водорода от 0,022 до 0,044 масс. %, и при $37 \text{ }^\circ\text{C}$ от 0,025 до 0,064 масс. %, а в образцах КК при $25 \text{ }^\circ\text{C}$ от 0,015 до 0,04 масс. % и при $37 \text{ }^\circ\text{C}$ от 0,02 до 0,06 масс. %.

4. Рассмотрено влияние размера зерна материала на наводороживание. Показано, что чем меньше размер зерна, тем больше водорода материал поглотил.

5. Показано, что изменение параметров наводороживания приводит только к изменению концентрации водорода без изменения его состояния в материале.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Для оценивания коммерческой ценности работы разработчики должны представить настоящее состояние и перспективы проводимых ими научных исследований.

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

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

4.1 Планирование этапов и выполнение работ по НИОКР

4.1.1 Планирование этапов работ

Для выполнения и планирования данной работы по теме *исследование накопления водорода в сплаве никелида титана при электролитическом наводороживании*, сначала нужно ее разделить на несколько частей, то есть различные этапы:

1. Подготовительный этап. Выбор темы; изучение, анализ информации по выбранной теме. Техничко-экономическое обоснование целесообразности проведения исследований по данной теме. Определение рабочей группы;
2. Формирование теоретической части. Выявление возможных направлений исследования;
3. Проведение экспериментов по теоретической части;
4. Количественная оценка экспериментального исследования, выбор параметров, проведение численного моделирования;

5. Корректировка разработанных параметров после получения результатов эксперимента;

6. Выводы и предложения по теме, обобщение результатов разработки. Составление технологического отчета;

7. Завершающий этап. Проведение анализа результатов исследования всей рабочей группы. Утверждение результатов работы. Подготовка отчетной документации.

Научные исследования выполнила группа, в состав которой входили научный руководитель, лаборанты, и студент.

Таблица 4.1.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка задания на НИР	1	Составление и утверждение задания НИР	Руководитель, студент-дипломник
Проведение НИР			
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, Консультант, студент-дипломник
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Разработка приборов для исследования	Руководитель, консультант, 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, консультант, студент-дипломник
Оформление отчета по НИР	9	Составление пояснительной записки	Студент-дипломник
Защита отчета	10	Защита ВКР	Студент-дипломник

4.1.2 Определение трудоемкости выполнения НИОКР

Расчет трудоемкости осуществляется опытно-статистическим методом, основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле:

$$t_{ож\ i} = \frac{3 \cdot t_{min\ i} + 2 \cdot t_{max\ i}}{5}, \quad (4.1.1)$$

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

$t_{min\ i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{max\ i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

Рассчитаем значение ожидаемой трудоёмкости работы:

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{ч_i}, \quad (4.1.2)$$

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

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

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

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k, \quad (4.1.3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения одной работы, календ. дн.;

T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

k – коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{T_{\text{кг}}}{T_{\text{кг}} - T_{\text{вд}} - T_{\text{пд}}}, \quad (4.1.4)$$

где $T_{\text{кг}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вд}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пд}}$ – количество праздничных дней в году.

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

$$k = \frac{T_{\text{кг}}}{T_{\text{кг}} - T_{\text{вд}} - T_{\text{пд}}} = \frac{365}{365 - 104 - 10} = 1,45,$$

тогда длительность этапов в рабочих днях, следует учесть, что расчетную величину продолжительности работ $T_{\text{к}}$ нужно округлить до целых чисел.

Результаты расчетов приведены в таблице 4.1.2.

Таблица 4.1.2. Временные показатели проведения ВКР

раб.	Исполнители	Продолжительность работ						
		$t_{\text{ми}}$ н, че л-дн	t max, ч ел-дн	t ож ч ел-дн	T р аб.дн	T к ал.дн	γ и, %	γ и, %
	Руководитель, студент-дипло мник	1	4	2	.1	2	.53	.53
	Студент-дипл омник	15	4 0	2 5	5	6	4.67	6.20
	Студент-дипл омник, руководитель	5	1 0	8	4	6	.55	1.75
	Руководитель, консультант, студент-дипло мник	4	1 2	9	.4	6	.10	7.85
	Руководитель, консультант, студент-дипло мник	10	2 5	1 9	.3	9	.74	6.59

	Студент-дипломник	15	2	2	2	3	2	8
	Студент-дипломник, руководитель	5	1	8	4	6	5	9
	Руководитель, консультант, студент-дипломник	2	5	4	1	2	1	9
	Студент-дипломник	2	7	5	5	7	6	1
ИТОГО					2.1	04		

4.1.3 Техническая готовность темы

Определение технической готовности темы позволяет дипломнику точно знать, на каком уровне выполнения находится определенный этап или работа.

Для начала следует определить удельное значение каждой работы в общей продолжительности работ:

$$Y_i = \frac{T_{pi}}{T_p} \times 100\%, \quad (4.1.5)$$

где Y_i – удельное значение каждой работы в %;

T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн.;

T_p – суммарная продолжительность темы, раб.дн.

Тогда техническую готовность темы Γ_i , можно рассчитать по формуле:

$$\Gamma_i = \frac{\sum_{i=1} T_{pi}}{T_p} \times 100\%, \quad (4.1.6)$$

где $\sum T_{pi}$ – нарастающая продолжительность на момент выполнения i -той работы.

Результаты расчетов удельной работы и технической готовности сводятся в табл. 4.1.2.

4.1.4 Построение графика работ

Таблица 4.1.3. Календарный план проведения НИР

Этапы	Вид работы	Исполнители	t_k	Февраль	Март	Апрель	Мая	Июнь
1	Составление и утверждение задания НИР	Студент-дипломник, руководитель	2					
2	Изучение поставленной задачи и поиск материалов по теме	Студент-дипломник	36					
3	Выбор методов для исследования	Студент-дипломник, руководитель	6					
4	Календарное планирование работ	Студент-дипломник, руководитель, консультант	6					
5	Разработка приборов для исследования	Студент-дипломник, руководитель, консультант	9					
6	Проведение экспериментов	Студент-дипломник	30					
7	Анализ полученных результатов, выводы	Студент-дипломник, руководитель	6					
8	Оценка эффективности полученных результатов	Студент-дипломник, руководитель, консультант	2					
9	Составление пояснительной записки	Студент-дипломник	7					

 - консультант,  - руководитель,  - студент-дипломник

4.2 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.2.1 Потенциальные потребители результатов исследования

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

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

Например, сегментировать рынок услуг по разработке интернет-ресурсов можно по следующим критериям: размер компании-заказчика, вид интернет-ресурса (табл. 4.2.1).

Таблица 4.2.1. Карта сегментирования рынка услуг по разработке титановых сплавов

размер компании-заказчик а	области применения			
	машиностроение	авиастроение	медь	кораблестроение
Крупные				
Средние				
Мелкие				



- Фирма А



- Фирма Б

Из карты сегментирования рынка услуг по разработке титановых

сплавов следует что, фирма А очень сильна в области машиностроения, а слаба в области кораблестроение. В авиастроение и медицине они сильно конкурируют. Поэтому фирма А лучше в машиностроение развивает продукцию титановых сплавов, а фирма Б лучше в кораблестроении.

4.2.2 Анализ конкурентных технических решений

Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов. Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i B_i, \quad (4.2.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

4.2.3 SWOT-анализ

В таблице 4.2.2 представлены результаты первого этапа SWOT-анализа.

Таблица 4.2.2 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Наличие бюджетного финансирования</p> <p>С2. Актуальность тематики</p> <p>С3. Использование современных программ</p> <p>С4. Использование собственной разработки программного обеспечения</p> <p>С5. Оригинальность решения поставленной задачи</p> <p>С6. Наличие всех материалов для исследования</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки</p> <p>Сл2. Отсутствие потенциальных потребителей</p> <p>Сл3. Программное обеспечение с закрытым исходным кодом</p> <p>Сл4. Большая трудоёмкость работы</p> <p>Сл5. Долгое ожидание результатов эксперимента</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на результаты исследования</p>		

В3. Возможность появления новых методов анализа В4. Расширение лаборатории В5. Возможность улучшения программного обеспечения		
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на результаты исследования У2. Развитая конкуренция других научных центров У3. Задержки финансирования У4. Ограничение точности эксперимента У5. Повышение издержек		

Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Интерактивная матрица проекта представлена в таблицах 4, 5, 6 и 7.

В рамках **третьего этапа** должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в бакалаврской работе (табл. 4.2.3).

Таблица 4.2.3 – SWOT анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	С1. Наличие бюджетного финансирования С2. Актуальность тематики С3. Использование современных программ С4. Использование современных специальных установок С5. Оригинальность решения поставленной задачи С6. Наличие всех материалов для исследования	Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки Сл2. Отсутствие потенциальных потребителей Сл3. Программное обеспечение с закрытым исходным кодом Сл4. Большая трудоёмкость работы Сл5. Долгое ожидание результатов эксперимента
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Появление дополнительного спроса на результаты исследования В3. Возможность появления новых методов анализа В4. Расширение	По результатам анализа интерактивной матрицы полей «Сильные стороны и возможности» можно сделать вывод о том, что сильные стороны проекта тесно связаны с его возможностями: В1С1С3С6 В2С2 В3С1С2С3С4С5	По результатам анализа интерактивной матрицы полей «Слабые стороны и возможности» можно сделать вывод о том, что В1Сл3Сл4 В2Сл2 В3Сл1Сл3Сл4 В4Сл4 В5Сл1Сл4

Бумага	лист	150	100	130	2	2	2	345	230	299
Электролит (физраствор)	Бутылка (400 мл).	10	10	10	65	65	65	747,5	747,5	747,5
Интернет	М/бит (пакет)	1	1	1	350	350	350	402,5	402,5	402,5
Ручка	шт.	1	1	1	20	20	20	23	23	23
Дополнительная литература	шт.	2	1	1	400	350	330	920	402,5	379,5
Тетрадь	шт.	1	1	1	10	10	10	11,5	11,5	11,5
Итого								2449,5	1817	1863

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

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

Таблица 4.3.2. Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/ п	Наименование оборудования	Время использования оборудования, ч.			Цена использования оборудования, руб./ч.			Общая стоимость оборудования, тыс. руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Установка автоматизированного комплекса Gas Reaction Controller	10	9	10	500	500	500	5,75	5,175	5,75
2.	Электрическая ячейка	50	48	49	100	100	100	5,75	5,52	5,635
3	Установка анализатора	20	21	20	400	400	400	9,2	9,66	9,2

	RHEN602 фирмы LECO		20							
4	Индукционный нагреватель	50	48	49	150	150	150	8,625	8,28	8,453
5	компьютер	4	4	4	50	50	50	0,23	0,23	0,23
Итого:								29,555	28,865	29,268

4.3.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 4.3.3.

Таблица 4.3.3. Расчет основной заработной платы

№ п/ п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоёмкость, чел.-дн			Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб			Всего заработная плата по тарифу(оклад.), тыс. руб.		
			Ис п.1	Ис п.2	Ис п.3	Исп .1	Исп .2	Исп .3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Составление и утверждение задания НИР	Рук-студ.	2	2	2	1,4			3,22	3,22	3,22
2	Изучение поставленной задачи и поиск материалов по теме	Студент	25	25	25	0,3			8,63	8,63	8,63
3	Выбор методов исследования	Рук. студ.-	8	9	9	1,4			12,8 8	14,4 9	14,4 9
4	Календарное планирование работ	Рук. студ.- консу.	9	9	9	2,5			25,8 8	25,8 8	25,8 8
5	Разработка приборов для исследования	Студ.-рук. консу.	19	20	20	2,5			54,6 3	57,5	57,5
6	Проведение экспериментов	Студ.-	21	21	22	0,3			7,25	7,25	7,59
7	Анализ полученных результатов и	Студ.-рук.	8	9	10	1,4			12,8 8	14,4 9	15,9 6

	ВЫВОДОВ								
8	Оценка эффективности полученных результатов	Студ.-консу.рук.	4	4	4	2,5	11,5	11,5	11,5
9	составление пояснительной записки	Студ.-	5	5	5	0,3	1,73	1,73	1,73
Итого							138,6	144,69	146,5

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

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}}$).

4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%.

4.3.5 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (4.3.3)$$

где: $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, наибольшие накладные расходы при первом исполнении равны: $Z_{\text{накл}} = (2449,5+29555+138600+11250+25875) \cdot 0,16 = 33236,72$ руб.

4.3.6 Формирование бюджет затрат НИИ

Таблица 4.3.4. Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
Материальные затраты НИИ	2449,5	1817	1863	Пункт 4.3.1
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	29555	28865	29268	Пункт 4.3.2
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	138600	144690	146500	Пункт 4.3.3
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	20790	21703,5	21975	Пункт 4.3.4
Отчисления во внебюджетные фонды	47817	49918,05	50542,5	Пункт 4.3.5
Накладные расходы	38273,84	39518,97	40023,76	16 % от суммы ст. 1-5
Бюджет затрат НИИ	277485,34	286512,52	290172,26	Сумма ст. 1- 6

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.4.1)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения

научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).т

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}} = \frac{277485,34}{290172,26} = 0,956 \quad I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}} = \frac{286512,52}{290172,26} = 0,987 \quad I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}} = \frac{290172,26}{290172,26} = 1$$

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

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i, \quad (4.4.2)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a^i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^b – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 4.4.1).

Таблица 4.4.1. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Способствует росту производительности труда	0,25	5	5	3
Удобство в эксплуатации	0,15	4	4	3
Надёжность	0,20	5	4	4
Воспроизводимость	0,25	4	4	4
Материалоёмкость	0,15	5	3	4
Итого	1	4,6	4,1	3,6

$$I_{p-ucn1} = 5 \times 0,25 + 4 \times 0,15 + 5 \times 0,20 + 4 \times 0,25 + 5 \times 0,15 = 4,6$$

$$I_{p-ucn2} = 5 \times 0,25 + 4 \times 0,15 + 4 \times 0,20 + 4 \times 0,25 + 3 \times 0,15 = 4,1$$

$$I_{p-ucn3} = 3 \times 0,25 + 3 \times 0,15 + 4 \times 0,20 + 4 \times 0,25 + 4 \times 0,15 = 3,6$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки (I_{ucni}) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{p-ucni} = \frac{I_{p-испi}}{I_{финр}^{испi}}, \quad (4.4.3)$$

$$I_{ucn1} = \frac{4.6}{0.956} = 4,81 \quad I_{ucn2} = \frac{4.1}{0.987} = 4,15 \quad I_{ucn3} = \frac{3.6}{1} = 3,60$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см. табл. 4.4.2) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{испi}}{I_{исп\ max}}, \quad (4.4.4)$$

Таблица 4.4.2. Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,956	0,987	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,6	4,1	3,6
3	Интегральный показатель эффективности	4,81	4,15	3,6
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,86	0,75

Вывод

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности, далее следует исполнение 2, исполнение 3.

5. Социальная ответственность

Введение

Исследовательская работа на тему исследование влияние водорода на механические свойства титана предполагает проведение работ на различных установка. Таких, как установка по насыщению водородом, микротвердомер и т.д. Основной задачей в данной работе является изучение распределения гидридов по толщине твэла из титанового сплава ВТ1-0. Поэтому рассмотрение безопасности и гигиены труда при осуществлении работ по наводороживанию с помощью установки Gas Reaction Controller особенно важно при проведении данного исследования. Установка Gas Reaction Controller используется на кафедре для исследования процессов сорбции/десорбции водорода металлическими и неметаллическими материалами при наводороживании термодиффузионным методом.

5.1 Техногенная безопасность

Работа установка Gas Reaction Controller осуществляется за счет питания от сети переменного тока напряжением 220 В, экспериментальные исследования проводятся в газовой среде (гелий, водород). При проведении работ на установке Gas Reaction Controller возможно воздействие вредных факторов таких, как:

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

Также возможно воздействие следующих опасных производственных факторов:

- электрическое напряжение;

- воздействие высокой температуры;
- эксплуатация газовых баллонов (водород, гелий), работающих под давлением.

Воздействие электрического напряжения на человека связано с протеканием через него тока. Прохождение тока может вызывать у человека раздражение и повреждение различных органов. Пороговый неотпускающий ток составляет 50 Гц (6-16мА). Защита от воздействия электрического тока осуществляется путем проведения организационных, инженерно-технических и лечебной- профилактических мероприятий.

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

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

При вредном воздействии ПЭВМ на организм человека происходит нагрузка на зрение, заболевание кожи лица, нервные и психические заболевания и т.д. Допустимая напряжённость электрического поля: 25 В/м (5Гц-2кГц) и 2,5 В/м (2-400 кГц). Для защиты от электромагнитных полей используются различные фильтры. Ориентация светопроёмов должна быть северо-восточной или северной. Источники искусственного освещения: люминесцентные лампы типа ЛБ и ДРЛ. Оптимальные параметры микроклимата. При работе с ПЭВМ уровень звука не должен превышать значений, установленных для данных видов работ [46].

Для удобства работы в помещении необходима нормировка параметров

микроклимата. Необходимо применение защитных мероприятий по способам и средствам защиты от высоких и низких температур, системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, искусственное освещение и т.п.

5.2 Анализ вредных и опасных факторов

5.2.1 Электромагнитные поля

Для анализа результатов работы необходимо работать с компьютером. Нормы напряженности электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг монитора по электрической составляющей, соответствующие, приведены в таблице 5.2.1.

Таблице 5.2.1. Нормы напряженности поля

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

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

5.2.2 Шум

В работе основными источниками шума являются вакуумными насосами. По санитарным нормам, допустимым уровнем шума принято считать:

55 децибел (дБ) в дневное время и 40 децибел (дБ) ночью. Одним из средств защита от шума балансировка вращающихся деталей, уменьшение зазоров в зацеплениях механических передач, применение соответствующей смазки.

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

а) снижается производительность труда;

б) ослабляется память, внимание, острота зрения и чувствительность к предупредительным сигналам;

в) снижается чувствительность слуха.

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

1. внутренний блок кондиционера следует располагать вдали от людей, занимающихся творческой деятельностью (программисты), и не использовать на полную мощность, если позволяют климатические условия;

2. пользоваться МФУ во время перерывов в работе (при отсутствии срочности);

3. своевременно осуществлять профилактику системных блоков компьютеров (очистка от пыли и смазывание движущихся частей охлаждающих установок, замена излишне шумных комплектующих).

5.2.3 Освещение

Существуют три вида освещения: естественное, искусственное, совмещенное.

К системам производственного освещения предъявляются следующие требования:

1. соответствие уровня освещенности характеру выполняемой работы;

2. достаточно равномерное распределение яркости на рабочих поверхностях и в окружающем пространстве;

3. оптимальная направленность излучаемого осветительными приборами светового потока;

4. долговечность, экономичность, электро- и пожаробезопасность, эстетичность, удобство и простота эксплуатации.

Зрительная работа программиста характеризуется как работа очень высокой степени точности. Что требует освещенности в 300 – 500 лк.

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

Для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях использования установка Gas Reaction Controller следует проводить чистку светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп на аналогичные.

5.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности

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

Также перед проведением работ на установке Gas Reaction Controller необходимо проверить целостность газовых баллонов, прочность их крепления, отсутствие утечки газа. Вентиль и резьба должны быть исправны. Манометры редуктора должны быть проверены и исправны. Редуктор должен

соответствовать газу в баллоне.

Запрещается приступать к работе, если выявлены неисправности любого используемого оборудования, если истек срок очередного освидетельствования баллона, истек срок проверки манометра, если персонал не прошел в установленном порядке обучение и проверку знаний безопасности труда.

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

После окончания работы с установкой необходимо:

- Закрыть вентили газовых баллонов;
- Убедиться, что все клапаны контроллера закрыты;
- Выйти из программы, отключить питание компьютера;
- Отключить установку Gas Reaction Controller и насос от электросети;
- Проверить целостность газовых баллонов, их закрепление,

отсутствие утечки газа.

5.4 Особенности законодательного регулирования проектных решений

К работе на установке Gas Reaction Controller допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющие медицинские противопоказания, прошедшие обучение безопасности труда и инструктаж на рабочем месте.

К самостоятельной работе допускаются работники после специального обучения и проверки знаний норма и правил работы с электроустановками, правил безопасности работы с газовыми баллонами, приобретенных навыков и безопасных способов выполнения работы на установке Gas Reaction Controller, имеющие не менее II группы по электробезопасности и получившие допуск к работе с газовыми баллонами [47].

Повторная проверка знаний норм и правил электробезопасности, правил

безопасной работы с газовыми баллонами проводится с работниками не реже 1 раза в 12 месяцев, повторный инструктаж на рабочем месте – не реже 1 раза в 3 месяца

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

По данной теме рассматриваются законодательный и нормативные документы [47]:

- инструкция № 2-25 по охране труда при выполнении работ на установке Gas Reaction Controller;

- инструкция № 2-14 по охране труда при работе с электрооборудованием напряжением до 1000 В;

- инструкция № 2-07 по охране труда при работе с баллонами, работающими под давлением.

Документы по воздействию ПЭВМ [46]:

- инструкция № 2-08 по охране труда при работе с ПЭВМ и ВДТ;

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

Микроклимат:

- ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные помещения.

Параметры микроклимата в помещении.

5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При обнаружении неисправной работы установки Gas Reaction Controller необходимо прекратить работу, выйти из программы, отключить питание компьютера, отключить насос, установку Gas Reaction Controller от электросети

и известить об этом руководителя. В случае обнаружения утечки газа из баллона немедленно прекратить подачу газа из баллона и сообщить об аварийной ситуации непосредственному руководителю.

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

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

Еще вероятная чрезвычайная ситуация (ЧС), возможная в помещении с установкой Gas Reaction Controller, – это пожар.

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

При этом возможно плавлении изоляции, и как следствие короткое замыкание, которое сопровождается искрением и ведет к недопустимым перегрузкам элементов микросхем. Для отвода избыточной теплоты в ЭВМ используют внутренние вентиляторы.

Напряжение к электроустановкам подается по кабельным линиям,

которые так же представляют особую пожарную опасность. Пожарная опасность производственных зданий и помещений определяется особенностями выполняемых в них технологических процессов.

Возникновение пожара в рассматриваемом помещении обуславливается следующими факторами:

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

Пожар может возникнуть из-за:

- неисправности электропроводки, розеток и выключателей которые могут привести к короткому замыканию или пробое изоляции;
- использования поврежденных электроприборов;
- использования в помещении электронагревательных приборов с открытыми нагревательными элементами;
- попадания молнии в здание;
- неаккуратного обращения с огнем и несоблюдения мер пожарной безопасности.

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

По возможности, необходимо защитить компьютеры от попадания влаги [48].

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

Для предотвращения возникновения пожара с работниками здания проводятся специальные семинары, на которых происходит знакомство с

основами противопожарной безопасности и обучение работе с первичными средствами пожаротушения.

На рисунке 26 изображен план эвакуации.

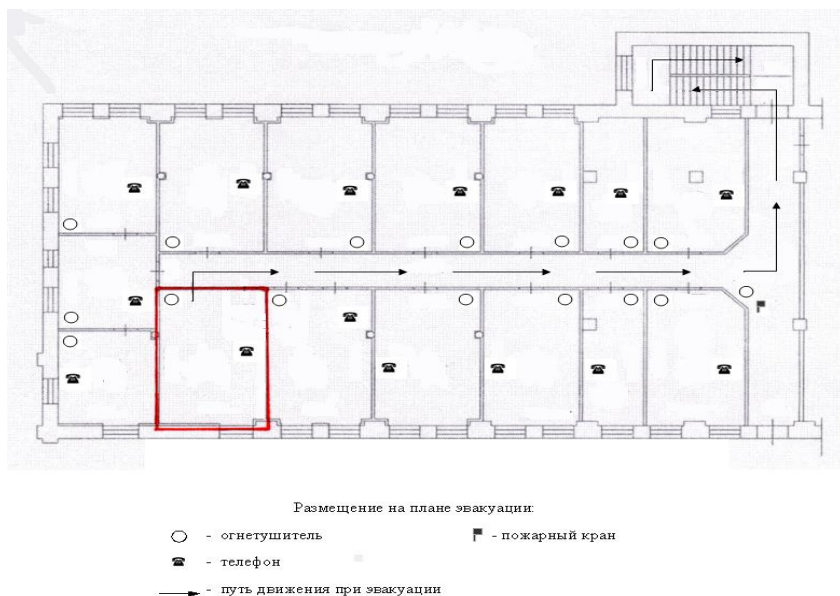


Рисунок 26. План эвакуации

5.6 Расчет воздухообмена в жилых и общественных помещениях

Потребный воздухообмен в жилых и общественных помещениях определяется по формуле [49]:

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

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

Выделяемое количество CO_2 одним человеком = 23 л/ч.

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

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 установки Gas Reaction Controller, были выявлены вредные и опасные факторы рабочей зоны, причины и средства защиты, рассмотрены чрезвычайные ситуации и поведение в них. Также был произведен расчет воздухообмена в помещении рабочей зоны с установкой Gas Reaction Controller, в котором работает один человек. Рассчитанный воздухообмен помещения равен $46 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Список литературы

1. Xu Zuyao (徐祖耀). Shape Memory Materials (形状记忆合金材料)[M]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University Press, 2000: 388 [на китайском]
2. Miao Weidong(缪卫东), Mi Xujun(米绪军). The progress of technology for obtaining shape memory alloy nickel-titanium(钛镍形状记忆合金制备技术进展)[M]. Beijing: Beijing Nonferrous Metal Research Institute, 2005. 1002-185X(2005) S3-144-04 [на китайском]
3. C.M. Wayman, Some applications of shape-memory alloys, J. Met. 32 (1980) 129–137.
4. J. Van Humbeeck, Non-medical application of shape memory alloys, Mater. Sci. Eng. A 273–275 (1999) 134–148.
5. Пушин В.Г. Сплавы никелида титана с памятью формы. - М.: Екатеринбург: УрО РАН, 2006. – 414 с., ISBN 5-7691-1583-1
6. Bao Yanyi (鲍燕贻), Wang Bangkang (王邦康). Application of titanium-nickel alloy wire correction of malocclusion [M]. Rare metals. 1982. [на китайском]
7. Fehmi Gamaoun, Montassarbellah Ltaief, Tarak Bouraoui, Tarak Ben Zineb. Effect of hydrogen on the tensile strength of aged Ni–Ti superelastic alloy [M]. Journal of Intelligent Material Systems and Structures, 22(17) 2053–2059.
8. T. Duerig, A. Pelton, D. Stkel, An overview of nitinol medical applications, Mater. Sci. Eng. A 273–275 (1999) 149–160.
9. Лидер А.М. Динамика накопления водорода и дефектов в титане и нержавеющей стали при электролитическом насыщении водородом: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: Спец. 01.04.04 / А. М. Лидер; Томский политехнический университет; науч. рук. И. П. Чернов; Науч. конс. М. Кренинг. – Защищена 22.10.2002. – Томск, 2002. – 149 л.: ил. – Библиогр: с. 143-149 (104 назв.).
10. И.П. Чернов, Ю.П. Черданцев, Лидер А.М., Гаранин Г.В. Специализированный физический практикум: физические свойства

насыщенных водородом металлов и сплавов. Методы исследования систем металл-водород: Методические указания. – Изд. ТПУ, 2008. 250 с.

11. Miho Tomita, Ken'ichi Yokoyama, Jun'ichi Sakai. Effects of potential, temperature and pH on hydrogen absorption and thermal desorption behaviors of Ni–Ti superelastic alloy in 0.9% NaCl solution, *Corrosion Science* 50 (2008) 2061–2069.

12. Ken'ichi Yokoyama, Kenichi Hamada, Keiji Moriyama, Kenzo Asaoka. Degradation and fracture of NiTi superelastic wire in an oral cavity, *Biomaterials* 22 (2001) 2257-2262.

13. Петров К.П. Жданов В.Г. Большой зубной обман. – 2012.

14. И.П. Неумывакин Лечение перекисью водорода. – 2010.

15. Уютный мир для осознанных людей: химия тела. – 2009.

16. Christ H-J., Senemmar A., Decker M. et al. Effect of hydrogen on mechanical properties of titanium alloys // *Sadhana*. 2003. V. 28, P. 453-465.

17. Yan L., Ramamurthy S., Noel J. J. et al. Hydrogen absorption into alpha titanium in acidic solutions // *Electrochimica Acta*. 2006. No. 52. P. 1169-1181.

18. Madina V., Azkarate I. Compatibility of materials with hydrogen. Particular case: hydrogen embrittlement of titanium alloys // *International Journal of Hydrogen Energy*. 2009. No. 34. P. 5976-5980.

19. Liang C. P., Gong H. R. Fundamental influence of hydrogen on various properties of alpha-titanium // *International Journal of Hydrogen Energy*. 2010. No. 35. P. 3812-3816.

20. Цыбенко А. О., Кудияров В. Н. Ячейка для электрохимического насыщения водородом [Электронный ресурс] // Перспективы развития фундаментальных наук: Сборник научных трудов IX Международной конференции студентов и молодых учёных, Томск, 24-27 Апреля 2012. - Томск: ТПУ, 2012 - С. 264-266 - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

21. P.V. Geld, R.A. Riabov, E.S. Kodes, *Vodorod I nesoverhenstva structure metallo*v. – М.: Metallurgia, 1979. – 221 с.

22. S. Frappart, X. Feaugas, J. Creus, F. Thebault, L. Delattre, H. Marchebois, Study of the hydrogen diffusion and segregation into Fe-C-Mo martensitic HSLA steel using electrochemical permeation test, *Journal of Physics and Chemistry of Solids*. 71 (2010) 1467-1479.
23. S. Frappart, A. Oudriss, X. Feaugas, J. Creus, J. Bouhattate, F. Thebault, L. Delattre, H. Marchebois, Hydrogen trapping in martensitic steel investigated using electrochemical permeation and thermal desorption spectroscopy, *Scripta Materialia* 65 (2011) 859-862.
24. Liang C. P., Gong H. R. Fundamental influence of hydrogen on various properties of alpha-titanium // *International Journal of Hydrogen Energy*. 2010. No. 35. P. 3812-3816.
25. Гельд П.В., Рябов Р.А., Кодес Е.С. Водород и несовершенства структуры металла. М.: Металлургия, 1979. 221 с.
26. Гутцов Н.Т. // Труды научно-технического общества черной металлургии. М.: Металлургиздат, 1995. Т.4. С. 112.
27. McQuillan A.D // *Proc. Roy. Soc.* 1950. 204A (1078). P.302. A.D McQuillan // *J. Inst. Metals*. 1950/1951. №78. P. 249-257.
28. М.А. Хусаинов, О.А. Малухина, В.А. Андреев Фазовые переходы в сплавах никелида титана с эффектом памяти формы // *вестник новгородского государственного университета*. 2005. №3(86) Ч.2
29. Черданцев Ю.П. Исследование физико-механических свойств металлов акустическими методами. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. - 53 с.
30. K.Otsuka, X.Ren *Physical metallurgy of Ti-Ni-based shape memory alloys // Prog. Mater.Sci.* 2005. V.50. P.511-678.
31. Duerig TW, Melton KN, Stockel D, Wayman CM. *Engineering Aspects of Shape Memory Alloys*. London: Butterworth-Heinemann Ltd., 1990.
32. Муравьев ВВ, Зуев ЛБ, Комаров КЛ. Скорость звука и структура сталей и сплавов. - Новосибирск: Наука, 1996. - 185 с.

33. Эффект памяти формы. Режим доступна: https://ru.wikipedia.org/wiki/Эффект_памяти_формы,_свободный.
34. Чернов И.П., Черданцев Ю.П., Тюрин Ю.И. Методы исследования систем металл-водород. - М.: Энергоатомиздат; Томск: СТТ, 2004. - 270 с.
35. Xu J. J., Cheung H. Y., Shi S. Q. Mechanical properties of titanium hydride // Journal of Alloys and Compounds. 2007. No. 436. P. 82-85.
36. Lunarska E., Chernyayeva O., Lisovytskiy D. et al. Softening of α -Ti by electrochemically introduced hydrogen // Materials Science and Engineering: C. 2010. No. 30. P. 181-189.
37. Okamoto H., Mizuno K., Kobayashi T., Fujiki F., Furuya Y., Hirano K. Evaluation of hydrogen diffusion in alpha-titanium by diffraction-enhanced X-ray imaging technique/ Proc/ 8th Int. Conf. X-ray Microscopy IPAP Conf. Series 7. P. 297-299.
38. Цыбенко А. О., Кудияров В. Н. Ячейка для электрохимического насыщения водородом [Электронный ресурс] // Перспективы развития фундаментальных наук: Сборник научных трудов IX Международной конференции студентов и молодых учёных, Томск, 24-27 Апреля 2012. - Томск: ТПУ, 2012 - С. 264-266 - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
39. Lee S.M., Lee Y.L. Structural relaxation and hydrogen solubility in an amorphous Pd80Si20 alloy // Appl. Phys. 63 (9) (1988) 4758.
40. Choo W.Y., Lee J.Y. Hydrogen trapping phenomena in carbon steel // Metal Transactions A. 13A (1982) 135-140.
41. Izumi T., Itoh G. Thermal desorption spectroscopy study on the hydrogen trapping states in a pure aluminum // Materials Transactions, Vol. 52, No. 2 (2011) pp. 130 to 134.
42. Furuya Y., Takasaki A., Mizuno K. et al. Hydrogen desorption from pure titanium with different concentration levels of hydrogen // Journal of Alloys and Compounds. 2007. No. 446-447. P. 447-450.
43. Tal-Gutelmacher E., Eliezer D., Abramov E. Thermal desorption spectroscopy

(TDS) – Application in quantitative study of hydrogen evolution and trapping in crystalline and non-crystalline materials // Materials Science and Engineering: A. 2007. No. 445-446. P. 625-631.

44. G.M. Pressouyre, I.M. Bernstein, Metall. Trans. 12A (1981) 835.

45. CRM. Сколько ЭТО стоит? // IRIS CRM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://iris-integrator.ru/content/view/40/27/>, свободный. – Загл. с экрана.

46. Веллинг Л., Томсон Л. Разработка Web-приложений на PHP и MySQL: Пер. с англ. – 2-е изд., испр. – СПб: ООО «ДиаСофтЮП», 2003. – 672с.

47. Компьютерная документация от А до Я [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.compdoc.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

48. MySQL-PostgreSQL comparison // tekNico.net [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.teknico.net/devel/myvspg/index.en.html>, свободный. – Загл. с экрана.

49. Дашковский А. Г., Гусельников М. Э. Расчет необходимого воздухообмена. Методические указания к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей. – Томск: изд. ТПУ, 2001. – 16 с.