

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий
Направление подготовки 03.03.02 «Физика»
Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование свойств насыщенного водородом титана VT1-0, облученного быстрыми нейтронами

УДК 669.295:669.788:539.125.516

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б41	Чжоу Хао		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЭФ ИЯТШ ТПУ	Ларионов В.В.	д.п.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШИП	Черепанова Н. В.	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Ларионова Е. В.	к.х.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОЭФ	Лидер А.М.	д.т.н.		

Томск – 2018 г.

Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник способен)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Общекультурные компетенции</i>		
Р1	Использовать основные этапы и закономерности исторического развития общества, основы философских, экономических, правовых знаний для формирования мировоззренческой, гражданской позиций и использования в различных сферах жизнедеятельности	Требования ФГОСЗ+ (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4)
Р2	К самоорганизации и самообразованию, работать в коллективе, к коммуникации в устной и письменной формах, в том числе на иностранном языке, толерантно воспринимать социальные, этические и культурные различия, использовать методы и средства физической культуры, приёмы первой помощи и методы защиты в условиях ЧС.	Требования ФГОСЗ+ (ОК-5, ОК-6, ОК-7, ОК-8, ОК-9)
<i>Общепрофессиональные компетенции</i>		
Р3	Использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, современные концепции и ограничения естественных наук, использовать фундаментальные знания разделов общей и теоретической физики, математики для создания моделей и решения типовых профессиональных задач, в том числе с использованием знаний профессионального иностранного языка.	Требования ФГОСЗ+ (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-7)
Р4	Понимать сущность и значение информации, соблюдать основные требования информационной безопасности, использовать методы, способы, средства получения и хранения информации, решать стандартные задачи на основе информационной и библиографической культуры.	Требования ФГОСЗ+ (ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6)
Р5	Получить организационно-управленческие навыки при работе в научных группах, критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости профиль своей профессио-	Требования ФГОСЗ+ (ОПК-8, ОПК-9)

	нальной деятельности, нести ответственность за последствия своей инженерной деятельности.	
<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р6	<u>Научно-исследовательская деятельность</u> Проводить научные теоретические и экспериментальные исследования в областях: материаловедения, атомной и ядерной физики, водородной энергетики, физики плазмы с помощью современной приборной базы с использованием специализированных знаний физики и освоенных профильных дисциплин.	Требования ФГОСЗ+ (ПК-1, ПК-2)
Р7	<u>Научно-инновационная деятельность</u> Применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований, а также профессиональные знания и умения в результате освоения профильных дисциплин для проведения физических исследований в инновационных областях науки, используя современные методы обработки, анализа и синтеза информации.	Требования ФГОСЗ+ (ПК-3, ПК-4, ПК-5)
Р8	<u>Организационно-управленческая</u> Использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований, участвовать в подготовке и составлении научной документации по установленной форме, понимать и применять на практике методы управления в сфере природопользования	Требования ФГОСЗ+ (ПК-6, ПК-7, ПК-8)
Р9	<u>Педагогически-просветительская</u> Проектировать, организовывать, анализировать педагогическую деятельность, владеть последовательностью изложения материала с использованием междисциплинарных связей физики с другими дисциплинами, участвовать в информационно-образовательных мероприятиях по пропаганде и распространению научных знаний	Требования ФГОСЗ+ (ПК-9)

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

Школа базовой инженерной подготовки
 Направление подготовки 03.03.02 «Физика»
 Отделение школы (НОЦ) экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ 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
150Б41	Чжоу Хао

Тема работы:

Исследование свойств сплава ВТ1-0 в условиях облучения нейтронным потоком	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	02.02.2018 г., 618/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.18
--	----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><small>(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.).</small></p>	<p>Исследовать свойства сплава ВТ1-0 в условиях облучения нейтронным потоком. Исходные данные: облучение нейтронами с энергией 0.1 МэВ, наводороживание титана на установке Сивертса, измерение свойств методом термоэдс</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><small>(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;</small></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Свойств технического титана ВТ1-0; – Измерение термоэдс образцов до наводороживания; – Ядерные реакции нейтронов с изотопами титана; – Анализ полученных результатов; – Социальная ответственность; – Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; – Заключение.

<i>обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	–титана после облучения нейтронами – величины термоэдс наводороженного титана до (а) и после облучения –спектора гамма-квантов
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективности ресурсосбережение	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЭФ ИЯТШ ТПУ	Ларионов В.В.	Д.П.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б41	Чжоу Хао		

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

Студенту:

Группа	ФИО
150Б41	Чжоу Хао

Школа	ШБИП	Отделение	Экспериментальной физики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Физика

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

<ol style="list-style-type: none"> 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических; энергетических; финансовых; информационных; человеческих; 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов; 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования. 	<p><i>Временные показатели проведения научного исследования</i></p> <p><i>53832,75руб.</i> <i>БюджетНТИ</i></p>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения 2. Планирование научно-исследовательских работ 3. Составление бюджета внедрения инженерного 	<p><i>Необходимый условие при поиске источников финансирования для проведения НИИ и коммерциализации его результатов.</i></p> <p><i>Планируемые расходы;</i> <i>Группировка затрат</i></p> <p><i>Расчет интегрального показателя эффективности НИИ</i></p>
---	--

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШИП	Черепанова Н. В.	к.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б41	Чжоу Хао		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
150Б41	Чжоу Хао

Школа	ШБИП	Отделение	Экспериментальной физики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Физика

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p><i>1.1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</i> – <i>опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</i> – <i>негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</i> <p><i>чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</i></p>	<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 GasReactionController.</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; <p>и опасный фактор – электрический ток.</p> <p>В работе возникают отходы спирта, которые могут вызвать загрязнение гидросферы.</p> <p>Возможно, возникают пожар и взрыв газовых баллонов, и пожар в процессе работы.</p>
<p><i>2. 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.
<p>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</p>	

<p><i>1. 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 выполняемой работой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты <ul style="list-style-type: none"> – (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 защиты от шума балансировка вращающихся деталей, уменьшение зазоров в зацеплениях механических передач, применение соответствующей смазки.</p>
<p><i>2. 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); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); <ul style="list-style-type: none"> – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<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 Гц (6–16мА). Основные коллективные способы и средства электрозащиты: изоляция токопроводящих частей (проводов) и ее непрерывный контроль; установка ограждающих устройств. Индивидуальные основные изолирующие электрозащитные средства способны длительно выдерживать рабочее напряжение электроустановок.</p>
<p><i>3. Охрана окружающей среды:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитровой зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<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 наночастицы углерода. 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><i>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; 	<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</p>

<ul style="list-style-type: none"> – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<p>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>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<p>1.Организационные мероприятия обеспечения безопасности.</p> <p>2.Особенности законодательного регулирования проектных решений.</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД ТПУ	Ларионова Е. В.	К.Х.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б41	Чжоу Хао		

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Уровень образования бакалавриат

Направление подготовки 03.03.02 «Физика»

Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

Период выполнения _____

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.2017	Свойстватехнического титана ВТ1-0;	15
01.09.2017	Измерение термоздс образцов до наводороживания;	15
30.12.2017	Ядерные реакции нейтронов с изотопами титана;	20
30.04.2018	Анализ полученных результатов	15
25.05.2018	Социальная ответственность	15
25.05.2018	Финансовый менеджмент, ресурс эффективнос- ти ресурсосбережение	15
25.05.2018	Заключение	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЭФ ИЯТШ ТПУ	Ларионов В.В.	Д.П.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОЭФ	Лидер А.М.	Д.Т.Н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 78 с., 20 рис., 26 табл., 21 источника
Ключевые слова: титановый сплав, покрытия, водород, вакуумно-дуговой метод, сорбция.

Объектом исследования являются свойства сплава титана VT1-0 в условиях облучения нейтронным потоком.

Цель работы – исследование свойств титанового сплава VT1-0 в условиях наводороживания и облучения нейтронным потоком.

В процессе исследования проводились наводороживание и облучение образцов титанового сплава VT1-0, исследовались свойства титанового сплава, проводилось насыщение водородом из газовой среды экспериментальных образцов и облучение нейтронами с энергией 0.1 МэВ.

В результате исследования установлено, что облучение титанового сплава VT1-0 нейтронами приводит к появлению гамма-излучения с двумя видами энергии, увеличению содержания водорода в образцах. Проведено исследование свойств гамма-излучения в зависимости от содержания водорода в образцах, а также изучение изменения термоэдс в зависимости от концентрации водорода и облучения нейтронами.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: облучение нейтронами приводит к увеличению содержания водорода в образцах, к появлению гамма-излучения двух видов энергии, что необходимо учитывать при использовании титановых сплавов для защиты персонала от облучения. Измерение термоэдс позволяет оперативно контролировать исследованные процессы, т.е. может быть использовано для неразрушающего контроля материалов

Степень внедрения: результаты работы представлены на международной научной конференции «Перспективы развития фундаментальных наук» в 2017 и 2018 гг.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ. АКТУАЛЬНОСТЬ.	15
ГЛАВА 1 . СВОЙСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ТИТАНА ВТ1-0	17
1.1 Состав технического титана ВТ1-0, его физические свойства	17
1.2 Изотопный состав титана	17
1.3. Изготовление образцов, подготовка поверхности образцов	18
ГЛАВА 2. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕРМОЭДС ОБРАЗЦОВ ДО НАВОДОРОЖИВАНИЯ	19
2.1 Основные формулы для вычисления термоэдс.	19
2.2.Наводороживание и определение концентрации водорода в титане	23
2.2.1.Автоматизированный комплексный газовый реактивный контроллер	23
2.2.2.Определение концентрации водорода в образцах	24
2.3 ФАЗОВЫЕ СОСТОЯНИЯ (А, В И ДР.) НАВОДОРОЖЕННОГО ТИТАНА	25
2.4 НЕЙТРОНЫ И ИХ СВОЙСТВА	26
2.4.1 Виды нейтронов по энергиям	26
2.4.2 Методы измерения энергии нейтронов.	26
2.4.3 Приборы регистрации	28
ГЛАВА 3.ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ НЕЙТРОНОВ С ИЗОТОПАМИ ТИТАНА	29
3.1. Виды реакций с изотопами титана и примесями технического титана	29
3.2. ИЗМЕРЕНИЕ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ, ТИП ПРИБОРА, ЭНЕРГИЯ ГАММА-КВАНТОВ	31
3.2.1Общие положения	31
3.2.2 Основными характеристиками гамма-спектрометра	33
	12

3.2.3	Типы гамма-спектрометров	33
3.2.4	Принцип работы	37
ГЛАВА 4. АНАЛИЗ ОБРАЗЦОВ ОБЛУЧЕННОГО ТИТАНА		38
4.1.	ФОТО ПОВЕРХНОСТИ ОБРАЗЦОВ ТИТАНА ПОСЛЕ ОБЛУЧЕНИЯ НЕЙТРОНАМИ	38
4.2.	РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ ОБЛУЧЕНИЯ И КОНЦЕНТРАЦИИ ВОДОРОДА В ОБРАЗЦЕ ПОСЛЕ ОБЛУЧЕНИЯ	38
4.3	ИЗМЕРЕНИЕ ТЕРМОЭДС ПОСЛЕ ОБЛУЧЕНИЯ НЕЙТРОНАМИ	42
4.4.	ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ ЗАВИСИМОСТИ ТЕРМОЭДС И СРАВНЕНИИ ГРАФИКОВ	48
4.5.	ПОЛУЧЕНЫ СПЕКТРА ГАММА-КВАНТОВ	49
ГЛАВА 5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ		52
5.1.	ПЛАНИРОВАНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ	52
5.2.	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ	56
5.3	SWOT-АНАЛИЗ	58
5.4.	РАЗРАБОТКА ГРАФИКА ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ	60
5.5.	БЮДЖЕТ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ	61
5.6.	ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСНОЙ, ФИНАНСОВОЙ, БЮДЖЕТНОЙ, СОЦИАЛЬНОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ	65
ГЛАВА 6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ		67
6.1.	ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	67
6.1.1.	Микроклимат	68
6.1.2.	Электромагнитные поля	69
6.1.3.	Электрическое напряжение	70
6.1.4.	Воздействие высокой температуры	71
6.1.5.	Эксплуатация газовых баллонов, работающих под давлением	72
6.2.	РЕГИОНАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	72
		13

6.3. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	72
6.4. ОСОБЕННОСТИ ЗАКОНОДАТЕЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ	73
6.5. БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ	75
6.6. ВЫВОД	75
ВЫВОДЫ. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	76
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	77

Введение. Актуальность.

При проникновении в титан в процессах плавки, обработки и эксплуатации, водород оказывает как негативное влияние, например охрупчивание, так и положительное влияние, пластифицируя металл [1]. Водородное охрупчивание является проблемой для авиа- и ракетостроения, химической и нефтегазовой промышленности. Как известно гидриды титана и циркония с высоким содержанием водорода используются в контейнерах сухого хранения отработанного ядерного топлива. Отмечается, что использование водородсодержащих материалов в качестве защиты от нейтронов обусловлено высоким содержанием водорода в них. Отмечается и то обстоятельство, что в свободном состоянии сечение рассеяния тепловых нейтронов водородом составляет 38 барн, а в связанном состоянии в парафине – 80 барн. Однако эти материалы нельзя использовать при высоких температурах, которым присущи процессы в ядерных реакторах. Поэтому актуальной проблемой является создание гидридов металлов с повышенным содержанием водорода. С другой стороны высокое содержание водорода ведет к охрупчиванию и разрушению стенок контейнеров. Соотнесение защитных и прочностных характеристик материалов, исследование процессов получения материалов с указанными свойствами представляет дополнительную актуальную проблему. Для защиты получают гидриды с повышенным содержанием водорода до $(12 \div 15) \cdot 10^{22} \text{ см}^{-3}$. Гидрид титана $\text{TiH}_{3.7}$ содержит Ti – 92.65%, H – 7.35 %, гидрид циркония ZrH_2 соответственно Zr – 97.33%, H – 2.67%. В США и Западной Европе распространенным является материал RX – 277 (плотность 1.67 г/см³). Состав, % H – 3.37; B – 1.56; O – 58.85; Na – 0.59%; Mg – 0.3; Al – 23.91; Si – 2.13; S – 0.19; Fe – 0.19. Другой проблемой является использование соединений титана на основе бора для радиационной защиты (от нейтронов) [2,4]. Еще одна проблема состоит в том, что при введении водорода в титан существует предел насыщения. При обычном насыщении реакция идет по уравнению $\text{Ti} + \text{H}_2 = \text{TiH}_2$, где один атом титана присоединяет не 4 атомы водорода, а два, т. е. TiH_2 , а не TiH_4 . Наш метод позволяет увеличивать возможности водородного насыщения титана. Это вызвано тем, что наличие дефектов в металлах и сплавах оказывает влияние на параметры погло-

щения и распределения водорода в материалах. Целью работы является исследование реакции насыщения титана водородом под действием нейтронного облучения и применения термоэДС для контроля и анализа наводороживания титана в различных условиях.

Глава 1. Свойстватехническоготитана VT1-0

1.1 Состав технического титана VT1-0, его физические свойства

Сплав имеет следующий состав [% wt.]: 0.18 Fe; 0.1 Si; 0.07 C; 0.12 O; 0.01 H; 0.04 N. Наводороживание осуществлялось по методу Сивертса [6]

Таблице 1 –Физическисвойстватитана VT1-0

T	E 10 ⁻⁵	α 10 ⁶	λ	ρ	C	R 10 ⁹
Град	МПа	1/Град	Вт/(м·град)	кг/м ³	Дж/(кг·град)	Ом·м
20	1.12	-	18.85	4505	540	-
100	-	8.2	-	-	-	-
Физическисвойства :						
T	- Температура, при которой получены данные свойства , [Град]					
E	- Модуль упругости первого рода , [МПа]					
α	- Коэффициент температурного (линейного) расширения (диапазон 20° - T) , [1/Град]					
λ	- Коэффициент теплопроводности (теплоемкость материала), [Вт/(м·град)]					
ρ	- Плотность материала, [кг/м ³]					
C	- Удельная теплоемкость материала (диапазон 20° - T), [Дж/(кг·град)]					
R	- Удельноеэлектросопротивление, [Ом·м]					

1.2. Изотопный состав титана

Таблица 2 –Изотопный состав природного титана

Символ нуклида	Z(p)	N(n)	Масса изотопа (а. е. м.) Энергия возбуждения	Период полураспада (T _{1/2})	Спин чётность ядра	Природный Титан состоит
⁴⁶ Ti	22	24	45,95263	стабилен	0+	7,95%
⁴⁷ Ti	22	25	46,95176	стабилен	5/2-	7,75%
⁴⁸ Ti	22	26	47,94794	стабилен	0+	73,45%
⁴⁹ Ti	22	27	48,94787	стабилен	7/2-	5,51%
⁵⁰ Ti	22	28	49,94479	стабилен	0+	5,34%

Использование водородсодержащих материалов в ядерной энергетике в качестве защиты от нейтронного излучения в 1 см^3 материала [3,9] (например, в парафине, воде и полиэтилене - соответственно: $4,1 \cdot 10^{22}$, $6,7 \cdot 10^{22}$ и $7,9 \cdot 10^{22}$ атом./см³) [1]. При этом если в свободном состоянии сечение рассеяния тепловых нейтронов водорода составляет 38 барн, в парафине - около 80 барн, то в боре - 3840 барн (барн - единица эффективного поперечного сечения, $1 \text{ б} = 10^{-24} \text{ см}^2$).

Существенным недостатком этих материалов является низкий диапазон рабочих температур. В этом отношении предпочтительными являются гидриды металлов, имеющие значительный диапазон температурной стабильности (до 600-8000С). Особое место занимает гидрид титана, в котором содержание атомов водорода в 1 см^3 металла является максимальным и составляет $9,2 \cdot 10^{22}$, уступая только гидриду ванадия $11,4 \cdot 10^{22}$.

1.3. Изготовление образцов, подготовка поверхности образцов

Подготовка поверхности включает: механическое шлифование, полировка и химическое травление

Механическое шлифование. Механическим шлифованием называется операция удаления механическими способами с обрабатываемой поверхности шероховатостей, рисок, царапин и других дефектов.

Полировка. Полировка металлографических сечений осуществляется для устранения неровностей, существующих после шлифования, без деформации поверхности. Полирование секции может осуществляться механическими, электролитическими или химическими методами [9].

Химическое травление. При химическом травлении поверхность секции подвергается воздействию химических реагентов в течение определенного времени и при заданной температуре. Травление может быть общим (с обнаружением всей микроструктуры) и выборочным (обнаруживается какая-то деталь микроструктуры).

Для образования травителя в качестве растворителей используют водопроводную воду или дистиллированную воду, различные спирты, а также ацетон. Выбор растворителя зависит от состава травителя и сплава. Если требуется высокая скорость травления и контраст изображения, в качестве растворителя используется вода. Для формирования травителей обычно используют кислоты, щелочи, соли (окислители и восстановители). Кислоты, как правило, оказывают коррозионное воздействие на металл. Окислители вводятся в травитель с образованием оксидных пленок разных цветов, в которых распознается фаза. Восстановители обычно добавляют в травитель, чтобы уменьшить интенсивность растворения и выделить цветные осадки на определенных фазах сплава, в цвете которого распознаются определенные фазы[10].

Глава 2. Измерение термоэдс образцов до наводороживания

2.1 Основные формулы для вычисления термоэдс.

ТЕРМОЭДС – электродвижущая сила U , возникающих в электрической цепи, состоящей из нескольких разнородных проводников, контакты между которыми имеют разные температуры (эффект Зеебека). Если электрическая цепь состоит из двух разных проводников, это называется термопарой или термопарой. Величина термоэдс зависит только от температур горячего T_1 и холодного T_2 контактов и материалов проводников. Инверсия температурного режима ($0 \dots 100$ C) $U = \alpha(T_1 - T_2)$. Коэффициент α называется коэффициентом Зеебека или термоэлектрической мощностью пара, тепловая сила зависит от материала проводников и температурного диапазона

1. Интегральный метод. Измерение термоЭДС интегральным методом показано на рисунке 1[11]. Напряжение термопары, образованной образцом и электродом сравнения

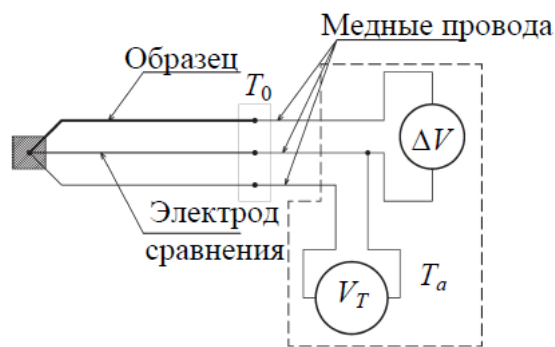


Рис. 1. Схема интегрального метода измерения термоэдс: T -переменная температура рабочего стола, T_0 - фиксированная эталонная температура, T_a - температура входных клемм измерительных приборов, V_T - напряжение термопары определения температур T .

2. Дифференциальный метод измерения термоэдс.

В отличие от интегрального метода дифференциальный метод предназначен для измерения термоэдс коротких образцов произвольной формы, включая тонкие пленки. Поэтому, используя этот метод, подавляющее число измерений термоэдс. Схема дифференциального метода измерения термоэдс показана на рисунке 10. Перепад температуры между двумя точками на образце измеряется двумя термопарами (или других датчиков температуры), а сигнал термоЭДС ΔV может измеренные теми же ветвями термопар [12].

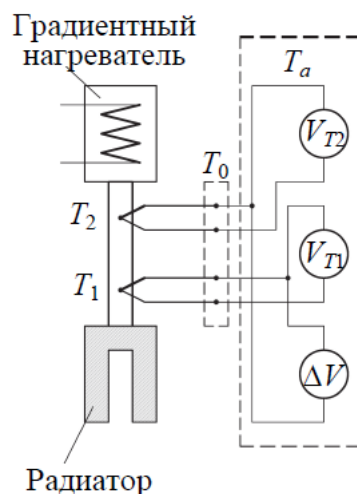


Рисунок 2 – Схема дифференциального метода измерения температуры

Тепловой поток, создаваемый нагревателем градиента, проходит через образец и создает в нем градиент температуры. Разность температур между двумя точками на поверхности образца измеряется с помощью термопар. Те же самые

ветви термопар используются для измерения разности потенциалов между этими точками образца[12].

3. Принципиальная схема измерений термоэдс образцов титана облученного нейтронами

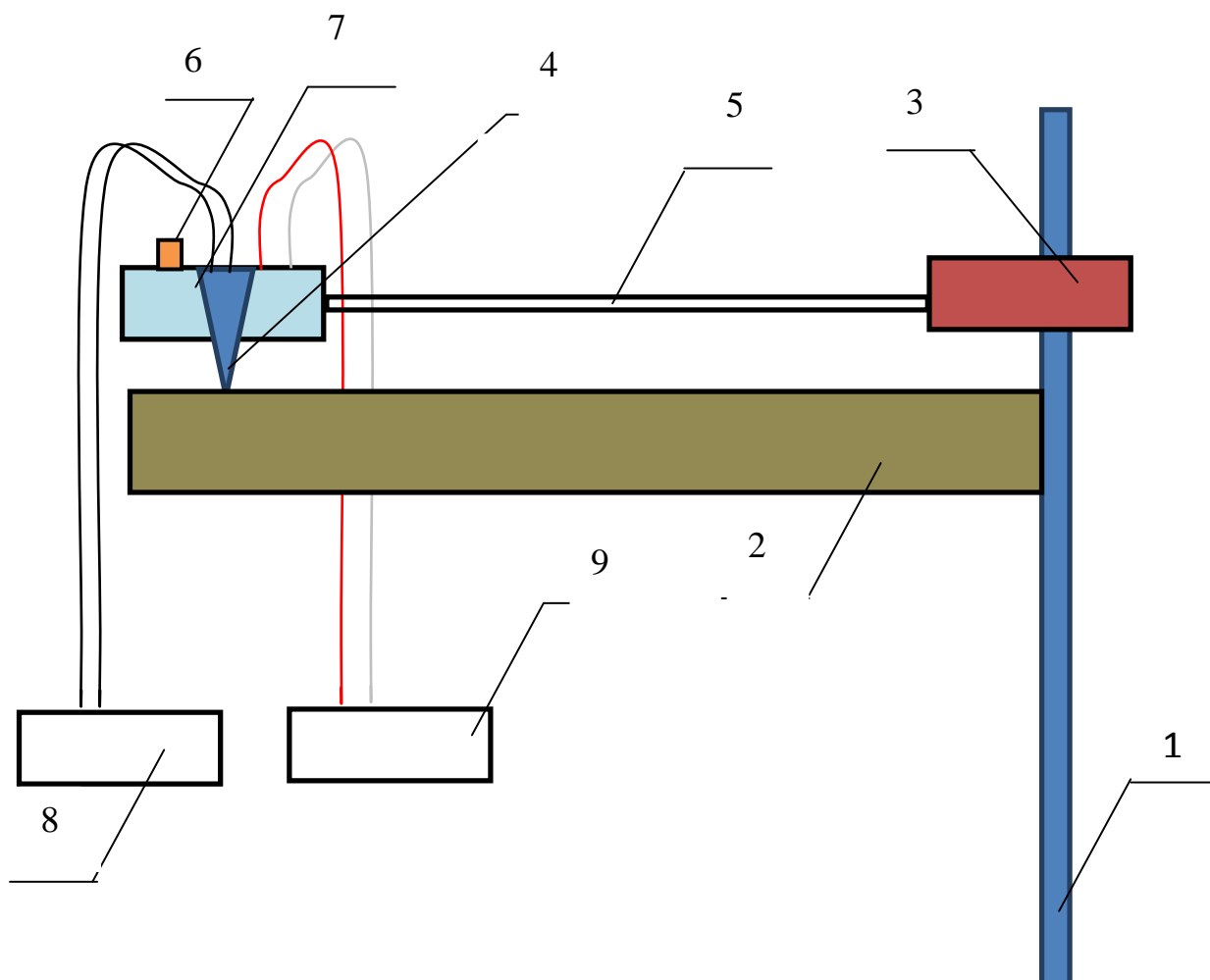


Рисунок 3 – Блок схема измерительной установки: 1 – стойка, 2 – основание –подложка для образцов, 3 – держатель спицы, 4 - спица, 5 – держатель термоэлемента, 6 – термоэлемент, 7 – грузик, 8 – микровольтметр, 9 – стабилизированный источник постоянного тока

Известно, что зависимость *термоэдс* для металлов имеет довольно сложный характер и для переходных металлов, к которым относится исследуемый сплав титана

тана, определяется формулой

$$E = \frac{\pi^2 k_B^2 T}{3|e|} \left[\frac{1}{N_d} \frac{\partial N_d}{\partial \varepsilon} - \frac{1}{F} \frac{\partial F}{\partial E} \right]_{\varepsilon=\varepsilon_F} \quad (1)$$

где k_B — постоянная Больцмана; T — температура; e и ε — соответственно, заряд и энергия электрона; N_d — плотность электронных состояний в d-зоне; F — площадь поверхности Ферми; ε_F — энергия Ферми. Изменение термоэдспри внедрении водорода в основном определяется изменением первого слагаемого выражения. Величина $dN_d/d\varepsilon$ зависит от плотности электронных состояний в d-зоне и с приближением уровня Ферми к верхней границе зоны становится отрицательной.

В температурном интервале, где проводимость изменяется в соответствии с законом активации, экспериментальная температурная зависимость термоэдс в таких системах обычно описывается тем же выражением, что и для кристаллических полупроводников:

$$E = -\frac{k}{e} \left(\frac{E_s}{kT} + A \right) \quad (2)$$

где e — модуль электрического заряда, A — кинетический коэффициент, не зависящий от температуры, E_s — параметр, имеющий размерность энергии.

Для нахождения температурной зависимости термоэдс в неупорядоченных структурах можно использовать формулы, использованные в теории перколяции. Если проводимость определяется рассеянием на дефектах, то термоэдс можно записать формулой Звягина:

$$E_s = \frac{k_B}{e} k_B (T_0 T)^{1/2} \frac{\partial(\ln g(E_F))}{\partial E} \quad (3)$$

где $g(E_F)$ — плотность состояний на уровне Ферми. Поэтому анализ можно проводить путем построения зависимостей $E(T^{1/2})$ и $E(1/T)$. Температуры, при которых происходит отклонение от основной зависимости изменяются в пределах от 300 К до 360 К. При повышении температуры величина термоэдс асимптотически зависит от температуры:

$$E(T)_k = \frac{\pi^2 k_B}{3e} k_B T \frac{\partial(\ln g(E_F))}{\partial E} \quad (4)$$

где k_B – константа Больцмана, e – заряд электрона.

2.2.Наводороживание и определение концентрации водорода в титане

2.2.1. Метод Сиверта

Растворимость водорода в металлах при низких давлениях и низких концентрациях водорода описывается законом Северта[13,14].Из экспериментальных кривых [15] следует, что при высоких давлениях (около 1,4 ГПа) рост концентрации с давлением значительно замедляется.При высоких давлениях могут возникать отклонения от закона Зиверта. В работе предполагается, что при высоких давлениях концентрация водорода может уменьшаться с увеличением давления.

По мере увеличения давления термодинамический потенциал Гиббса $S = F + pV$ [16] увеличивается и, следовательно, химический потенциал водородной подсистемы в металле, что приводит к уменьшению растворимости водорода. Если внешнее давление генерируется только самим газом водорода над металлом, то может возникнуть взаимоисключающие тенденции увеличения концентрации, связанные с входом водорода в металл и его уменьшением с увеличением внешнего давления.

2.2.3. Автоматизированный комплексный газовый реактивный контроллер

Автоматизированный комплексный контроллер газовой реакции, схематично изображен на рисунке 4.Комплекс состоит из программного обеспечения компьютера (1) на базе LabVIEW, высокотемпературной печи или криостата (2), камеры (3) с образцами (4) и высоких (5) Давление и контроллер (6). Контроллер состоит из электронной системы управления (7) и вакуумной части. Вакуумная часть образуется из контрольного объема (8), и резервуара низкого давления (9), резервуара высокого давления (10),клапанов с пневматическим управлением и ручных клапанов, игольчатых клапанов, манометров, регулирующих клапанов и

фильтров. Система аварийного удаления водорода (11), через которую водород удаляется при превышении максимально допустимого давления, была установлена для обеспечения безопасности между резервуарами (низкое и высокое давление). Вакуумный (12) узел, состоящий из переднего вакуумного мембранного насоса и турбомолекулярного насоса, используется для создания вакуума в вакуумной системе. Водород подают в вакуумную систему из цилиндра (13) или генератора (14). Система охлаждения (15) устанавливается между печью и контроллером для предотвращения повреждения соединительных проводов от нагрева.

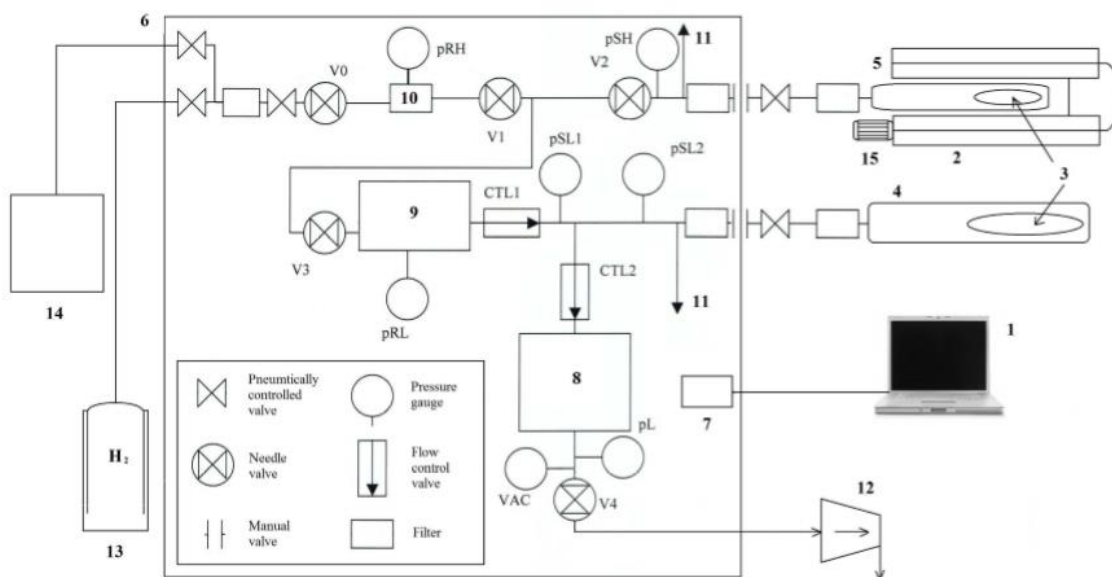


Рисунок 4 –Схема автоматизированного комплекса GasReactionController: 1 – компьютер; 2 – печь/криостат; 3 – образец; 4 – камера низкого давления; 5 – камера высокого давления; 6 – контроллер; 7 – электронная система управления комплексом; 8 – резервуар; 9 – резервуар низкого давления; 10 – резервуар высокого давления; 11 – система экстренного удаления водорода; 12 – вакуумный пост; 13 – баллон с водородом; 14 – генератор водорода; 15 – система охлаждения

2.2.4. Определение концентрации водорода в образцах

Молярный объем водорода, поглощаемого твердым веществом (NS), находится по формуле

$$N_s = N_0 - N_g. \quad (5)$$

Если известно количество водорода (N_{S0} (например, электрохимический метод, образованный гидридом) уже содержится в твердом теле, то содержание водорода в программе должно быть добавлено до начала реакции. Затем подсчитайте молярный объем.)

$$N_S = N_{S0} + N_0 - N_g \quad (6)$$

Относительная величина количества, поглощаемого массовым процентом (мас.), Определяется по формуле

$$wt = \frac{N_s \cdot M_G}{m \cdot 100} \quad (7)$$

где m - масса образца, а M_G - молярная масса газа.

2.3. Фазовые состояния (α , β и др.) наводороженного титана

Результаты рентгеноструктурного анализа образцов приведены в таблице 3.

Таблица 3– Структурное фазовое состояние сплава ВТ1- 0, в зависимости от обработки образцов

Название образца	Обнаруженные фазы	Содержание фаз, объем.%	Параметры решетки, Å
Исходный ВТ1- 0	Ti_шестиугольный	100	a = 2.9541 c = 4.6852
ВТ1-0+ TiO ₂	Ti_шестиугольный	10.63	a = 2.9497 c = 4.6824
	TiO ₂ _рутил	68.83	a = 4.6024 c = 2.9904
	TiO ₂ _анатазный	20.55	a = 3.7678 c = 9.4790
ВТ1-0+ TiO ₂ после насыщения водородом	Ti_шестиугольный	18.96	a = 2.9518 c = 4.6849
	TiO ₂ _рутил	73.64	a = 4.5945 c = 2.9532
	TiO ₂ _анатазный	7.4	a = 3.7615 c = 9.4921

По результатам рентгеноструктурного анализа в титане ВТ1-0 после покрытия оксидом Титана основная фаза (68,83%) представляет собой TiO₂ с параметрами решетки a = 4,6024 Å, c = 2,9904 Å. После насыщения водородом параметры кристаллической решетки образцов увеличиваются, а водород - в твердом растворе.

2.4. Нейтроны и их свойства

2.4.1 Виды нейтронов по энергиям

Результаты Виды нейтронов по энергиям приведены в таблице 4

Название	Энергия частицы
Тепловые	$< 0,1$ эВ
Медленные	$0,1 - 500,0$ эВ
Промежуточные	$0,5 - 100,0$ кэВ
Быстрые	$0,1 - 10,0$ МэВ
Очень больших энергий	$10 - 1000$ МэВ
Сверхбыстрые (релятивистские)	> 1000 МэВ

2.4.2 Методы измерения энергии нейтронов.

Нейтрон является незаряженной частицей и, следовательно, не вызывает никакой ионизации среды во время ее движения. Ионизация среды является вторичным процессом и возникает в результате различных реакций взаимодействия нейтронов с атомами и ядрами элементов окружающей среды. Поэтому механизмы регистрации нейтронов в веществе основаны на косвенных методах. Процесс обнаружения нейтронов начинается, когда нейтроны при взаимодействии с ядрами инициируют образование одной или нескольких заряженных частиц. Электрические сигналы, генерируемые этими заряженными частицами, затем могут быть обработаны системой обнаружения. Существует два основных типа взаимодействия нейтронов с веществом. Во-первых, рассеяние нейтронов может происходить на ядре, причем нейтрон переносится в последнюю часть кинетической энергии. В этом случае, когда передается достаточное количество энергии, ядро отдачи ионизирует вещество на месте взаимодействия. Этот механизм эффективен только при взаимодействии нейтронов с легкими ядрами. Для практического использования в детекторах достаточно яркие ядра водорода и гелия. Во-вторых, нейтрон может вызвать ядерную реакцию. Продукты этих реакций, такие как протоны, альфа-частицы, гамма-кванты и осколки деления, могут быть обнаружены детектором. Условием для некоторых реакций является наличие минимальной энергии нейтронов (энергетический порог), но большинство реакций может воз-

никать с тепловыми нейтронами. Детекторы, регистрирующие тепловые нейтроны, обычно окружены материалом замедлителя нейтронов, что позволяет обеспечить максимальную эффективность регистрации. Детекторы, которые используют либо механизм отдачи, либо механизм ядерной реакции, могут иметь твердый, жидкий или газообразный заряд. Хотя выбор реакций ограничен, среда обнаружения может быть очень различной, создавая множество возможностей. Возможности спектрального анализа нейтронных полей ограничены. Счетчики на ядрах отдачи регистрируют только первый акт взаимодействия. Энергия нейтронов обычно не полностью поглощается в детекторе. Единственная информация об энергии, которая может быть получена в этой ситуации, - это информация о том, инициируется ли это взаимодействие нейтронами с высокой энергией или низкой энергией. В расчетах ядерных реакций используется более высокая вероятность реакции при низких энергиях нейтронов путем предварительного замедления. Информация об исходной энергии нейтронов до торможения теряется. Энергия, обнаруженная детектором в этом случае, является энергией реакции (и, возможно, остаточной кинетической энергии нейтронов). Поэтому в большинстве случаев нейтронные детекторы дают нам информацию о числе зарегистрированных нейтронов, но не об их энергии. Данные об энергетическом диапазоне зарегистрированных нейтронов обычно можно получить из информации о типе детектора и окружающих материалах[17].

2.4.3. Приборы регистрации гамма-квантов

Газонаполненные детекторы были одним из первых приборов для регистрации радиации и до сих пор широко используется в практике регистрации нейтроны. Они могут использоваться для сбора либо тепловых нейтронов из образцов ядерной реакции или быстрые нейтроны из-за ядер отдачи. После начала взаимодействия, обнаружение нейтронов осуществляется с использованием такого же типа вторичного оборудования который предназначен для подключения различных детекторов для регулирования напряжения высоковольтное питание и усиление.

По их конструкции современные газонаполненные нейтронные извещатели представляют собой металлические цилиндры с электрическим разъемом на одном конце (или на обоих концах при измерении чувствительности по позициям). Стены кузовов детекторы имеют толщину порядка 0,5 мм и изготовлены из нержавеющей стали или алюминия



Рисунок 5 – Гелиевые детекторы различной конфигурации



Рисунок 6 – Счетчик с газонаполненными детекторами и замедлителем нейтронов

Глава 3. Ядерные реакции нейтронов с изотопами титана

3.1. Виды реакций с изотопами титана и примесями технического титана

Таблице 5 – Ядерные реакции стабильных изотопов титана с нейтронами

${}_{22}\text{Ti}^{46} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{22}\text{Ti}^{47}$
${}_{22}\text{Ti}^{47} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{22}\text{Ti}^{48}$
${}_{22}\text{Ti}^{48} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{22}\text{Ti}^{49}$
${}_{22}\text{Ti}^{49} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{22}\text{Ti}^{50}$

5. Возможные ядерные реакции с атомами примесей в техническом титане

1) Таблице 6 – реакции стабильных изотопов титана с нейтронами

${}_{22}\text{Ti}^{46} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{22}\text{Ti}^{47}$
${}_{22}\text{Ti}^{47} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{22}\text{Ti}^{48}$
${}_{22}\text{Ti}^{48} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{22}\text{Ti}^{49}$
${}_{22}\text{Ti}^{49} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{22}\text{Ti}^{50}$

2) Таблице 7 – реакции взаимодействия нейтронов с примесями титанового сплава ВТ1-0

${}_{26}\text{Fe}^{54} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{26}\text{Fe}^{55}$
${}_{26}\text{Fe}^{55} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{26}\text{Fe}^{56}$
${}_{26}\text{Fe}^{56} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{26}\text{Fe}^{57}$
${}_{14}\text{Si}^{28} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{14}\text{Si}^{29}$
${}_{14}\text{Si}^{29} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{14}\text{Si}^{30}$
${}_6\text{C}^{12} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_6\text{C}^{13}$
${}_6\text{C}^{13} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_6\text{C}^{14}$
${}_7\text{N}^{14} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_7\text{N}^{15}$
${}_7\text{N}^{15} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_7\text{N}^{16}$
${}_6\text{O}^{16} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_6\text{O}^{17}$
${}_6\text{O}^{17} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_6\text{O}^{18}$
${}_6\text{O}^{18} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_6\text{O}^{19}$
${}_1\text{H}^1 + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_1\text{D}^2$

3) Таблице 8 – расчет дефект масс и определение вида реакции (экзотермическая или эндотермическая)

${}_{22}\text{Ti}^{46} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{22}\text{Ti}^{47}$	0.0096233	а.е.м	экзотермическая
${}_{22}\text{Ti}^{47} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{22}\text{Ti}^{48}$	0.0124816	а.е.м	мэкзотермическая
${}_{22}\text{Ti}^{48} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{22}\text{Ti}^{49}$	0.0087411	а.е.м	мэкзотермическая

${}_{22}\text{Ti}^{49} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{22}\text{Ti}^{50}$	0.0117436	а.е.м	мэкзотермическая
${}_{26}\text{Fe}^{54} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{26}\text{Fe}^{55}$	0.0086648	а.е.м	экзотермическая
${}_{26}\text{Fe}^{55} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{26}\text{Fe}^{56}$	0.0119613	а.е.м	экзотермическая
${}_{26}\text{Fe}^{56} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{26}\text{Fe}^{57}$	0.0082083	а.е.м	экзотермическая
${}_{14}\text{Si}^{28} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{14}\text{Si}^{29}$	0.0090966352	а.е.м	мэкзотермическая
${}_{14}\text{Si}^{29} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{14}\text{Si}^{30}$	0.01138933	а.е.м	экзотермическая
${}_{6}\text{C}^{12} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{6}\text{C}^{13}$	0.0053099622	а.е.м	экзотермическая
${}_{6}\text{C}^{13} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{6}\text{C}^{14}$	0.0087771488	а.е.м	экзотермическая
${}_{7}\text{N}^{14} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{7}\text{N}^{15}$	0.0116299066	а.е.м	экзотермическая
${}_{7}\text{N}^{15} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{7}\text{N}^{16}$	0.002671998	а.е.м	экзотермическая
${}_{6}\text{O}^{16} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{6}\text{O}^{17}$	0.00444771956	а.е.м	экзотермическая
${}_{6}\text{O}^{17} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{6}\text{O}^{18}$	0.0103721	а.е.м	экзотермическая
${}_{6}\text{O}^{18} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{6}\text{O}^{19}$	0.0042458	а.е.м	экзотермическая
${}_{1}\text{H}^1 + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{1}\text{D}^2$	0.0023898	а.е.м	экзотермическая

4) Таблице 9 – Расчет энергии нейтрона, необходимой для протекания реакции с изотопами титана. Результат представлен в единицах энергии МэВ:

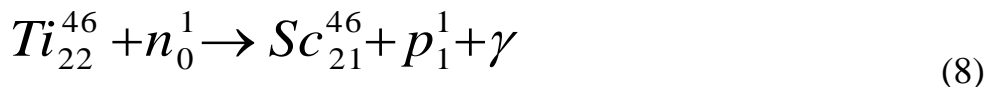
$$1 \text{ а.е.м.} = 931.494 \text{ МэВ}$$

${}_{22}\text{Ti}^{46} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{22}\text{Ti}^{47}$	0.0096233	а.е.м	экзотермическая	8.96404621 МэВ
${}_{22}\text{Ti}^{47} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{22}\text{Ti}^{48}$	0.0124816	а.е.м	экзотермическая	11.62653551 МэВ
${}_{22}\text{Ti}^{48} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{22}\text{Ti}^{49}$	0.0087411	а.е.м	экзотермическая	8.14228 МэВ
${}_{22}\text{Ti}^{49} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{22}\text{Ti}^{50}$	0.0117436	а.е.м	экзотермическая	10.9390 МэВ
${}_{26}\text{Fe}^{54} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{26}\text{Fe}^{55}$	0.0086648	а.е.м	экзотермическая	8.071209 МэВ
${}_{26}\text{Fe}^{55} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{26}\text{Fe}^{56}$	0.0119613	а.е.м	экзотермическая	11.141879 МэВ
${}_{26}\text{Fe}^{56} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{26}\text{Fe}^{57}$	0.0082083	а.е.м	экзотермическая	7.64598 МэВ
${}_{14}\text{Si}^{28} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{14}\text{Si}^{29}$	0.0090966352	а.е.м	экзотермическая	8.47346 МэВ
${}_{14}\text{Si}^{29} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{14}\text{Si}^{30}$	0.01138933	а.е.м	экзотермическая	10.6090925 МэВ
${}_{6}\text{C}^{12} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{6}\text{C}^{13}$	0.0053099622	а.е.м	экзотермическая	4.94619 МэВ
${}_{6}\text{C}^{13} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{6}\text{C}^{14}$	0.0087771488	а.е.м	экзотермическая	8.1758614 МэВ
${}_{7}\text{N}^{14} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{7}\text{N}^{15}$	0.0116299066	а.е.м	экзотермическая	10.83318 МэВ
${}_{7}\text{N}^{15} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{7}\text{N}^{16}$	0.0026719982	а.е.м	экзотермическая	2.48895 МэВ
${}_{6}\text{O}^{16} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{6}\text{O}^{17}$	0.0044477195	а.е.м	экзотермическая	4.143024 МэВ
${}_{6}\text{O}^{17} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{6}\text{O}^{18}$	0.0103721	а.е.м	экзотермическая	9.66154 МэВ
${}_{6}\text{O}^{18} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{6}\text{O}^{19}$	0.0042458	а.е.м	экзотермическая	3.954937225 МэВ
${}_{1}\text{H}^1 + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{1}\text{D}^2$	0.0023898	а.е.м	экзотермическая	2.2260843 МэВ

Таким образом, расчеты, проведенные в данной работе показывают, что для протекания перечисленных реакций необходимы нейтроны больших энергий в

диапазоне 2.2 – 12 МэВ. Кроме протекания ядерных реакций в металле происходит накопление радиационных дефектов

5) Из всех возможных исследованных реакций с наибольшей вероятностью протекает следующая ядерная реакция



Период полураспада скандия равен 84 дня. Теперь их нужно проанализировать методом термоэдс

Поэтому нужно ждать, чтобы безопасно работать с образцами, измеряя термоэдс.

Количество водорода в облученном образце титана после облучения может соответствовать содержанию изотопа Ti_{22}^{46} в естественном техническом титане

Протоны могут захватывать электрон и превращаться в водород



Далее атомы водорода попарно соединяются с образованием молекулярного водорода.



Это и есть молекулярный водород. В титане он может существовать в атомарном и молекулярном состоянии. Это можно зафиксировать методом измерения термоэдс.

3.2. Измерение гамма-излучения, тип прибора, энергия гамма-квантов

3.2.1. Общие положения

Для регистрации гамма-квантов, возникающих при облучении титана нейтронами, использован гамма-спектрометр.

Гамма-кванты могут быть зарегистрированы на основе физических процессов следующего типа:

1. при вырывании электронов– фотоэффект;
2. на основе взаимодействия гамма-кванта со свободными (слабосвязанными) электронами;
3. при взаимодействии гамма-кванта с ядрами, при котором происходит рождение пары электро-позитрон.

Гамма-спектрометр измеряет энергии электронов и позитронов, на которые гамма-луч передает свою энергию в детектирующем материале гамма-спектрометра. В этом случае энергия гамма-кванта должна быть больше порога рождения пары (1.02 МэВ).

Если энергия γ -квантов ниже указанной величины, то регистрация осуществляется по комптоновским электронам и фотоэлектронам.

В этом случае фотоэффект играет основную роль в области низкой энергии (десятки кэВ). В результате фотоэлектрического эффекта электрон, выброшенный из атома, получает энергию

$$E_e = E_\gamma - E_b - E_r \quad (11)$$

где E_γ - энергия гамма-квантов, E_b - энергия связи электрона [18], а E_r - энергия ядра отдачи, которой можно пренебречь. Фотоэлектрический эффект сопровождается характерным рентгеновским излучением или эжекторным электронным излучением. Характерное рентгеновское излучение, в свою очередь, вызывает фотоэффект. Электроны, образующиеся во всех этих процессах, создаются практически одновременно, они чаще всего поглощаются детектором, а сигналы из них складываются вместе. Таким образом, практически вся энергия гамма-кванта передается электронам.

$$E_\gamma = \sum E_e \quad (12)$$

При высоких энергиях образование пары электрон-позитрона является основным процессом взаимодействия гамма-излучения с детектирующим материалом гамма-спектрометра. Однако при этом возможны смешанные процессы. Например, под действием γ -кванта с энергией E в детекторе происходит явление фотоэффекта. Кинетическая энергия электрона, выбитого из атома (фотоэлектрона) E_e с большой точностью, определяемой энергией отдачи атома (как правило

это незначительная по величине часть энергии) определяется равенством $E_e = E - I$, где I – известная для каждого атома энергия (потенциал) ионизации. Таким образом, измерение в гамма-спектрометре энергии электрона E_e позволяет найти энергию γ -кванта [19].

В результате комптоновского рассеяния электронам передается часть энергии:

$$E_{\gamma'} = \frac{E_{\gamma}}{1 + \frac{E_{\gamma}}{mc^2}(1 - \cos \theta)} \quad (13)$$

$$E_e = E_{\gamma} - E_{\gamma'} \quad (14)$$

где E_{γ} и $E_{\gamma'}$ – энергии гамма-квантов до и после рассеяния, E_e – энергия фотоэлектрона, mc^2 – энергия покоя электрона, θ – угол рассеяния гамма кванта.

В больших детекторах некоторые из рассеянных гамма-квантов могут испытывать одно или несколько неупругих взаимодействий, полностью поглощая всю энергию первичного гамма-кванта, который вошел в детектор.

3.2.2. Основными характеристиками гамма-спектрометра

Основные характеристики гамма-спектрометра представляет собой:

- а) разрешающая способность (разрешение);
- б) эффективность.

Эти значения выражены в%. Разрешение гамма-спектрометра определяет возможность разделения двух линий γ -излучения вблизи энергии. Его значение – это отношение $\Delta E/E$, где ΔE – Ширина линии (в единицах энергии) до нижней части ее высоты. Разрешение характеризует точность, с которой гамма-спектрометр измеряет энергию γ -кванта.

Эффективность гамма-спектрометра представляет собой долю зарегистрированных квантов от общего числа гамма-лучей, обнаруженных в гамма-спектрометре.

3.2.3. Типы гамма-спектрометров

Наиболее часто используются сцинтилляционные и полупроводниковые приборы. Сцинтилляционный гамма-спектрометр состоит из сцинтиллятора и фотоэлектронного умножителя (ФЭУ) [5,7,8]. Небольшая вспышка света мигает в сцинтилляторе под воздействием электронов, генерируемых γ -квантами - сцинтилляцией в ФЭУ в электрический импульс. Амплитуда импульса пропорциональна энергии γ -кванта. Как сцинтилляторы, твердые неорганические кристаллы NaI, активированные таллием Tl. Разрешение сцинтилляционного гамма-спектрометра равно 4- 5 % для γ -квантов с энергией 1 МэВ. Эффективность может достигать до 100%.

В полупроводниковом гамма-спектрометре γ -кванты обычно регистрируются в монокристалле германия. Электроны, генерируемые γ -квантами, генерируют электронно-дырочные пары, которые под действием приложенных полей электрического тока генерируют импульс тока, амплитуда которого пропорциональна энергии электрона. Разрешение для γ -квантов с энергией 1 МэВ может достигать 0,1-0,2%. Эффективность обычно ниже, чем эффективность сцинтилляционного гамма-спектрометра.

К другим типам гамма-спектрометров относятся магнитные гамма-спектрометры, в которых по траектории движения В магнитном поле определяются энергии комптоновских электронов или электрон-позитронных пар, генерируемых γ -квантами в тонком излучателе.

Для спектрометрии низкоэнергетических гамма-квантов (от десятков до сотен кэВ) используются также дифракционные спектрометры, которые измеряют длину волны счетчиков гамма-квантов и газовых пропорциональностей. Для гамма-спектров высоких энергий используются гамма-спектрометры на основе записи черенковского излучения электронно-фотонных ливней, создаваемых γ -лучами в радиаторах из тяжелого прозрачного вещества, такого как свинцовое стекло. Энергия высокоэнергетического γ -кванта также может быть определена в пузырьковой камере путем измерения траектории пары электрон-позитрон, которую она генерирует в магнитном поле.

На рисунке 7 средняя энергия гамма-излучения составляет 100 кэВ. По мере увеличения энергии форма спектра изменяется.

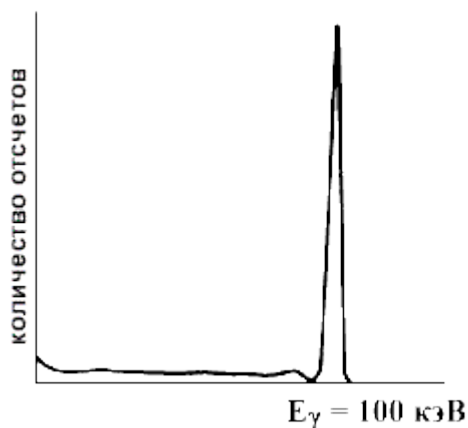


Рисунок 7 –Спектр на детекторе HPGe при энергии 100 кэВ. Общее количество образцов в общем пике поглощения составляет 3000 в комптоновском распределении 1000

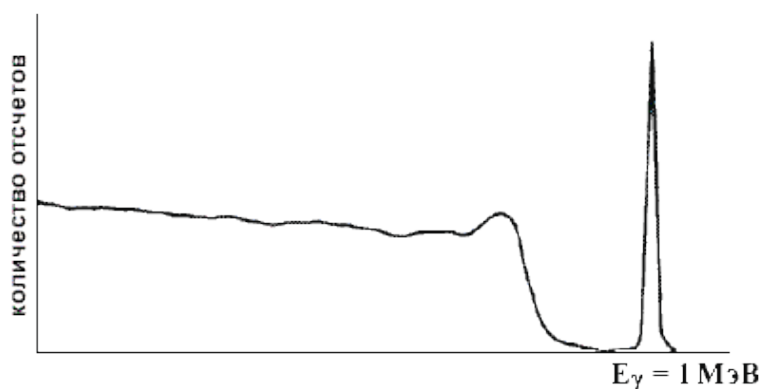


Рисунок 8 –Спектр на детекторе HPGe при энергии 1 МэВ. Общее количество образцов в пике полного поглощения составляет 1000, в комптоновском распределении - 90 000

При энергии 1 МэВ отношение сечения Комптона к сечению фотоэффекта составляет ~ 90. На рисунке 2 спектр имеет энергию гамма-излучения 1 МэВ.

Гамма-спектр облученного нашего образца титана приведен на рис. 9.



Рисунок 9 – Гамма-спектр облученного титана

На спектре (рис. 9) чётко видны только два пика. Они принадлежат скандию-46, который образовался из ^{46}Ti по реакции $^{46}\text{Ti}(n,p)^{46}\text{Sc}$. Период полураспада равен 84 дням. Энергия гамма-квантов – 889 кэВ и 1121 кэВ. Содержание титана-46 в природной смеси равно 8,25 %.

Наша гипотеза состоит в том, что количество водорода в образце титана должно возрастать согласно $^{46}\text{Ti}(n,p)^{46}\text{Sc}$ до 8%.



Рисунок 10 – Внешний вид HPGe детектора

Детектор представляет собой Pin-диод цилиндрической формы, диаметром до 70 мм и длиной до 85 мм, размещенный в корпусе с теплоотводом, опускаемым в сосуд Дьюара[6]. Для питания детектора используется постоянный источник высокого напряжения до 5 кВ. Для гамма-квантов с энергией 122 кэВ энергетическое разрешение составляет около 0,5%, при энергиях выше 1 МэВ разрешение уменьшается до 0,15%. Относительная эффективность записи при энергиях около 1 МэВ может достигать до 60% [20].

3.2.4. Принцип работы детектора

При прохождении гамма-кванта сквозь детектор происходит формирование свободных зарядов в полупроводнике. Результирующий заряд создает ток между электродами детектора. Ток пропорционален энергии, передаваемой на гамма-полупроводник (германий). При полном поглощении гамма-кванта материалом детектора энергия фотона пропорциональна квадратному корню из числа образованных зарядов. Этот процесс соответствует полному пику поглощения полученного гамма-спектра, а ширина этого пика на половине высоты используется как главная особенность детектора (разрешения). В дополнение к пику полного поглощения импульсы, соответствующие парциальному поглощению, могут быть получены из выхода детектора. При достаточно высоких энергиях гамма-квантов возможна генерация электрон-позитронной пары, а кинетическая энергия электрона и позитрона также обуславливает образование свободных зарядов. После остановки позитрона он разрушает генерацию вторичной пары гамма-квантов, и один или оба могут оставить детектор без взаимодействия, беря в каждом случае 511 кэВ.

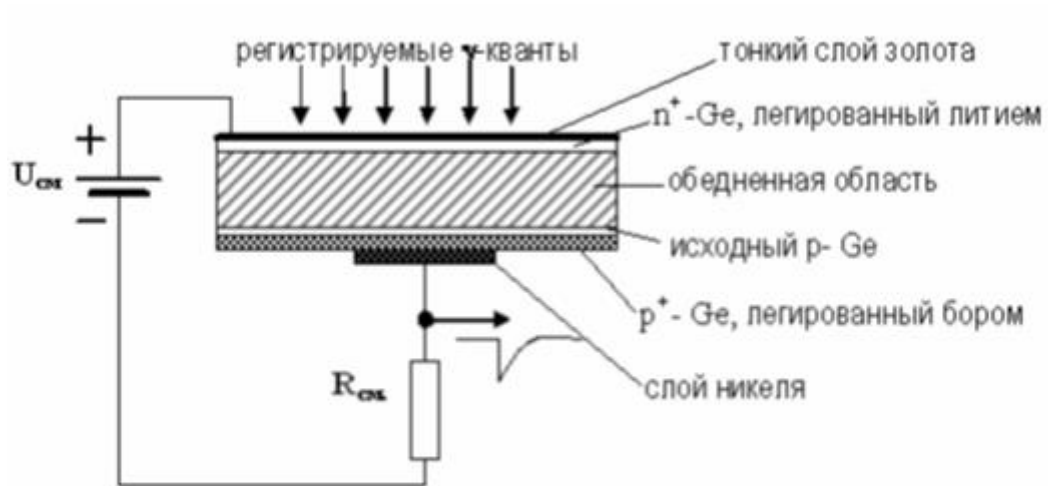


Рисунок 11 –Принципиальная схема измерения энергии гамма-квантов

Глава 4. Анализ образцов облученного титана

4.1. Фото поверхности образцов титана после облучения нейтронами

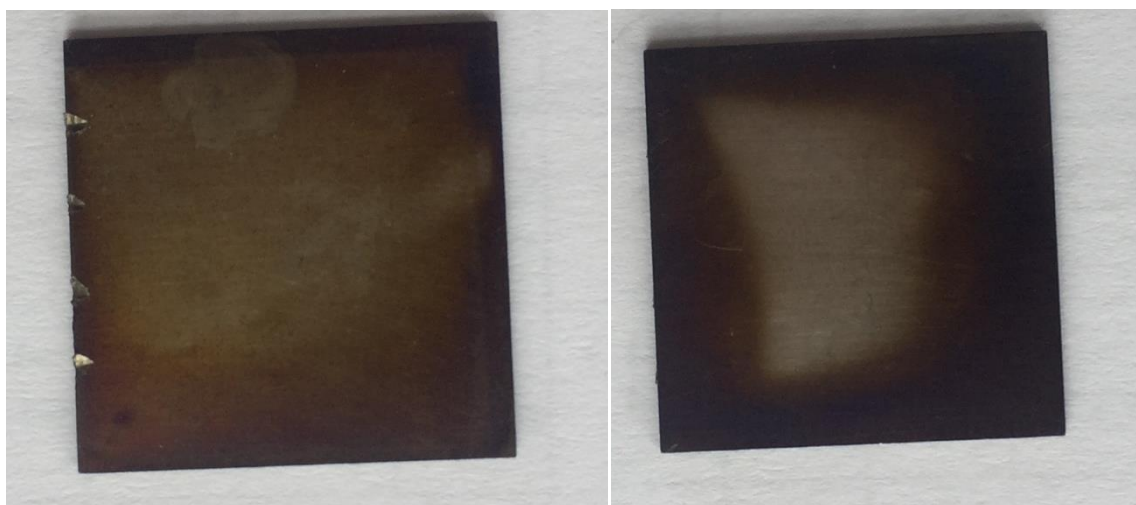


Рисунок 12 –No.4 образец титана после облучения нейтронами

4.2. Расчет времени облучения и концентрации водорода в образце после облучения

Вычислить количество изотопа Ti_{22} в облучаемом образце

Φ_e – поток нейтронов,

$N_{\text{макс}}$ – содержание изотопов Ti в образце,

Λ – вероятность выживания нейтрона,

$(1-\Lambda)$ – вероятность поглощения нейтрона ядром изотопа Ti,

t – время облучения образца нейтронами,

S - площадь образца,

N – число атомов водорода, образовавшихся при облучении.

Нейтронный поток $\Phi_E = 3 \times 10^{12} \text{ н/см}^2\text{с}$

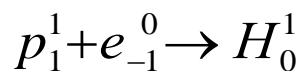
Время облучения $t = 2$ часа

$A = 4 \times 10^{-5}$ зв/час

Природный Титан Ti_{22}^{46} состоит 7,95%

плотность титана $4,54 \text{ г/см}^3$

ядерную реакцию $Ti_{22}^{46} + n_0^1 \rightarrow Sc_{21}^{46} + p_1^1 + \gamma$



объем образца $V = 0,4 \text{ см}^3$

время облучения $t_{\text{обл}} = 2 \text{ часа} = 7200 \text{ с}$

$$N = \Phi_e S (1 - \Lambda) t$$

$$C_H = \frac{\Phi_e S (1 - \Lambda) t}{m}, \text{ для различных значений } \Lambda$$

$$m = \rho \cdot v = 4,54 \text{ г/см}^3 \cdot 0,4 \text{ см}^3 = 1,816 \text{ г}$$

При вероятности поглощения нейтрона ядром изотопа $Ti^{(1-\Lambda)} = 1$

$$C_H = 0,01435 \text{ ppm}$$

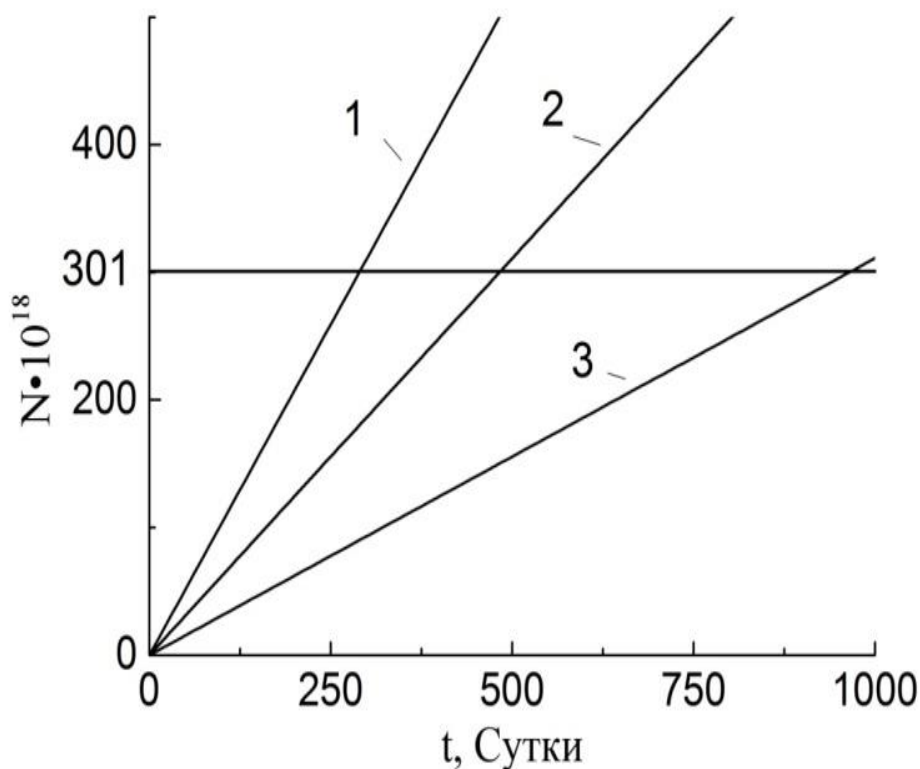


Рисунок 13 –Зависимость числа частиц N от времени облучения при различных вероятностях выживания нейтрона (поглощения)

1- $1-\Lambda = 1$, второй $1-\Lambda = 0,6$, третий $1-\Lambda = 0,3$ ($1-\Lambda$) - вероятность поглощения нейтрона ядром изотопа Ti

4.3.Измерение термодс до облучения нейтронами

Измерение сопротивления образцов титана на постоянном токе проводили с использованием программно-измерительного комплекса

«KEINLEYINSTRUMENTS».Измерение величины термодс проводили на установке [21] с электродом из золота.

Таблице 10 – приведены результаты измерения термодс титана BT1-0 до облучения нейтронами

$t, ^\circ C$	BT1-0	BT1-0	BT1-0	BT1-0	BT1-0	T, К	1/T
	H=0.365%	H=0.042%	H=0.05%	H=0.06%	H=0.07%		10^{-3}

Номер маркировки		№ 3	№ 4	№ 2	№ 1		
20	0.001	-0.006	-0.008	+0.002	+0.000	293	3.41
21	-0.006	-0.010	-0.009	0.000	-0.000	294	3.40
22	-0.010	-0.017	-0.011	-0.001	-0.003	295	3.39
23	-0.020	-0.026	-0.015	-0.002	-0.004	296	3.38
24	-0.030	-0.032	-0.020	-0.005	-0.010	297	3.37
25	-0.038	-0.038	-0.024	-0.008	-0.015	298	3.355
26	-0.044	-0.044	-0.026	-0.011	-0.018	299	3.34
29	-0.075	-0.062	-0.032	-0.031	-0.041	302	3.31
35	-0.116	-0.102	-0.064	-0.040	-0.075	308	3.25
39	-0.155	-0.140	-0.116	-0.071	-0.088	312	3.20
40	-0.163	-0.148	-0.122	-0.076	-0.092	313	3.19
46	-0.214	-0.190	-0.150	-0.096	-0.104	319	3.13
47	-0.226	-0.202	-0.152	-0.100	-0.107	320	3.125
50	-0.256	-0.230	-0.161	-0.107	-0.108	323	3.1
51	-0.266	-0.236	-0.165	-0.109	-0.110	324	3.08
54	-0.285	-0.258	-0.174	-0.116	-0.114	327	3.06
61	-0.346	-0.315	-0.176	-0.123	-0.123	334	3.00
66	-0.405	-0.345	-0.181	-0.146	-0.153	339	2.95
67	-0.415	-0.352	-0.184	-0.150	-0.157	340	2.94
68	-0.417	-0.359	-0.198	-0.155	-0.161	341	2.93
69	-0.422	-0.364	-0.208	-0.157	-0.163	342	2.92
70	-0.430	-0.368	-0.212	-0.160	-0.166	343	2.915

Мы можем узнать увеличения количества водорода приводит к уменьшению величины термоэдс

Измерение величины термоэдс при условии нагревания и охлаждения и получен графики

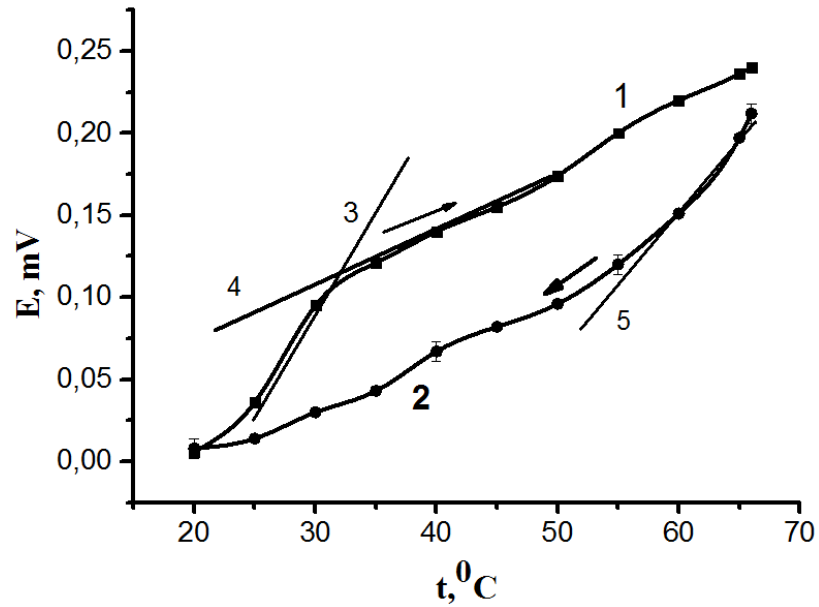


Рисунок 14 –Зависимость величины термоэдс от температуры (1- нагревание, 2 – охлаждение, 3, 4 касательные к кривой 1, 5 – касательная к кривой 2)

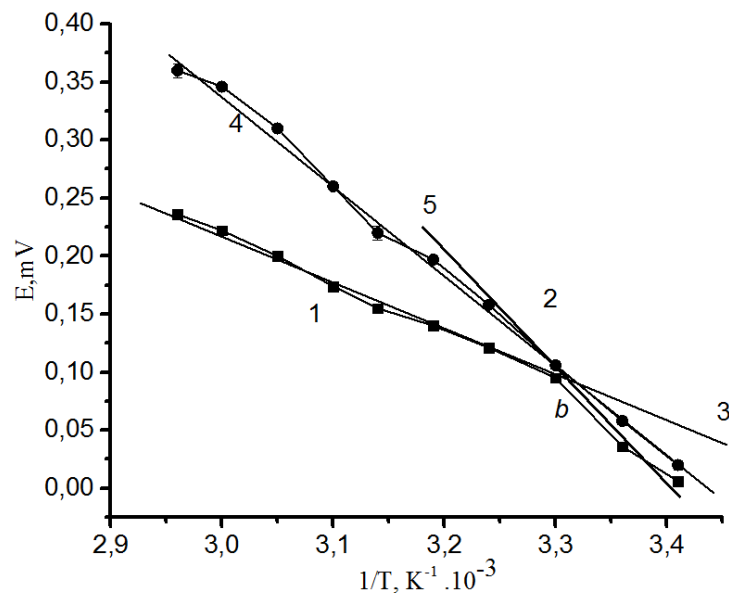


Рисунок 15 –. Зависимость величины термоэдс от 1/T (1- концентрация водорода $C_H = 0.07\%$, 2 – 0.7% , 3, 5 – касательные к кривой 1; 4 – касательная к кривой 2, b – точка перегиба кривой 1)

Возможное объяснение этих результатов (рис. 1-2) объясняется тем, что проводимость насыщенного водородом титана в исследуемом интервале температур

$\sigma(T)$ может быть представлена в виде суммы двух вкладов: рассеяния и активации дефектов

$$\sigma(T) = \sigma_a(T) + \sigma_h(T) \quad (15)$$

где $\sigma_a(T)$ - активационный вклад, $\sigma_h(T)$ – проводимость обусловленная дефектами. Этот эффект объясняет точку перегиба кривой и может быть использован для анализа облученного титана [21]. Для электронного вклада в термоэлектрическую мощность при любой температуре формула:

$$E(T) = \frac{\sigma_h E_h(T) + \sigma_a E_a(T)}{\sigma_h + \sigma_a} \quad (16)$$

где $E_h(T)$ и $E_a(T)$ величины, отвечающие рассеянию и активационному закону проводимости.

Известно, что проводимость титана с высоким содержанием водорода изменяется в 6 - 10 раз. Можно сделать вывод, что вклад $\sigma_a(T)E_a(T)$ существенно превышает вклад, связанный с проводимостью при рассеянии электронов через дефекты $\sigma_h(T)E_h(T)$. Поэтому температурная зависимость термоэдс пропорциональна $1/T$ (рис.16).

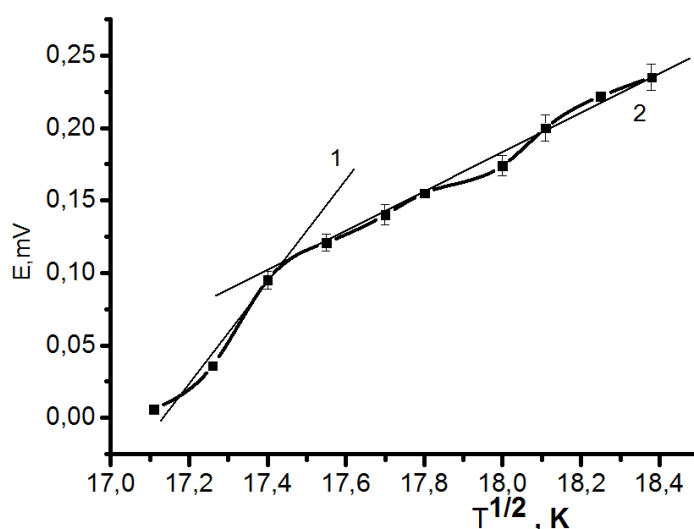


Рисунок 16 –Зависимость термоэдс (формула (16)) от температуры (1 – касательная для низких температур, 2 – касательная для температур выше 300 К)

Для образцов титана тепловая сила пропорциональна $1 / T$ во всем температурном диапазоне исследования [2]. Расчет энергии активации проводили по формуле (2).

4.4. Измерение термоэдс после облучения нейтронами

После облучения нейтронами, получены величины термоэдс проводили на установке с разными образцами концентрации водорода

Таблице 11 – приведены результаты измерения термоэдс титана ВТ1-0 после облучения нейтронами

t, °C	BT1-0	BT1-0	T, K	1/T
	H=0.00%	H=0.00%		
Номер маркировки	нагревание	охлаждение		10^{-3}
23	0.005	0.011	296	3.378378
25	0.016	0.016	298	3.355705
27	0.022	0.019	300	3.333333
30	0.038	0.025	303	3.30033
32	0.044	0.03	305	3.278689
36	0.063	0.042	309	3.236246
41	0.075	0.054	314	3.184713
46	0.103	0.08	319	3.134796
50	0.122	0.094	323	3.095975
54	0.14	0.11	327	3.058104
56	0.146	0.12	329	3.039514
60	0.169	0.148	333	3.003003
62	0.174	0.156	335	2.985075
64	0.182	0.164	337	2.967359
66	0.188	0.17	339	2.949853
68	0.193	0.184	341	2.932551

70	0.202	0.202	343	2.915452
----	-------	-------	-----	----------

Таблице 12 – приведены результаты измерения термоэдс титана ВТ1-0 после облучения нейтронами

t, °C	ВТ1-0	ВТ1-0	T, К	1/T
	H=0.00%	H=0.00%		
Номер маркировки	нагревание	охлаждение		10 ⁻³
23	0.005	0.011	296	3.378378
25	0.016	0.016	298	3.355705
27	0.022	0.019	300	3.333333
30	0.038	0.025	303	3.30033
32	0.044	0.03	305	3.278689
36	0.063	0.042	309	3.236246
41	0.075	0.054	314	3.184713
46	0.103	0.08	319	3.134796
50	0.122	0.094	323	3.095975
54	0.14	0.11	327	3.058104
56	0.146	0.12	329	3.039514
60	0.169	0.148	333	3.003003
62	0.174	0.156	335	2.985075
64	0.182	0.164	337	2.967359
66	0.188	0.17	339	2.949853
68	0.193	0.184	341	2.932551
70	0.202	0.202	343	2.915452

Таблице 13 – приведены результаты измерения термоэдс титана ВТ1-0 до и после облучения нейтронами

t, °C	BT1-0	BT1-0	T, K	1/T
	H=0.05%	H=0.05%		
Номер маркировки	нагревание	охлаждение		10 ⁻³
23	0.015	0.015	296	3.378378
25	0.02	0.021	298	3.355705
27	0.024	0.026	300	3.333333
30	0.03	0.035	303	3.30033
32	0.036	0.04	305	3.278689
36	0.047	0.049	309	3.236246
41	0.068	0.064	314	3.184713
46	0.094	0.084	319	3.134796
50	0.11	0.1	323	3.095975
54	0.123	0.128	327	3.058104
56	0.128	0.132	329	3.039514
60	0.141	0.136	333	3.003003
62	0.152	0.138	335	2.985075
64	0.158	0.146	337	2.967359
66	0.17	0.148	339	2.949853
68	0.175	0.157	341	2.932551
70	0.184	0.184	343	2.915452

Таблице 14 – приведены результаты измерения термоэдс титана BT1-0 после облучения нейтронами

t, °C	BT1-0	BT1-0	T, K	1/T
	H=0.07%	H=0.07%		
Номер	нагревание	охлаждение		10 ⁻³

маркировки				
23	0.002	0.008	296	3.378378
25	0.007	0.011	298	3.355705
27	0.012	0.014	300	3.333333
30	0.018	0.016	303	3.30033
32	0.026	0.019	305	3.278689
36	0.038	0.025	309	3.236246
41	0.048	0.032	314	3.184713
46	0.06	0.048	319	3.134796
50	0.078	0.06	323	3.095975
54	0.09	0.072	327	3.058104
56	0.095	0.078	329	3.039514
60	0.103	0.088	333	3.003003
62	0.105	0.096	335	2.985075
64	0.11	0.104	337	2.967359
66	0.116	0.11	339	2.949853
68	0.12	0.117	341	2.932551
70	0.127	0.126	343	2.915452

По сравнению величины термоэдс до и после облучения нейтронами, мы знаем изменению величины термоэдс до 20%,

4.5. Построение графиков зависимости термоэдс сравнении графиков

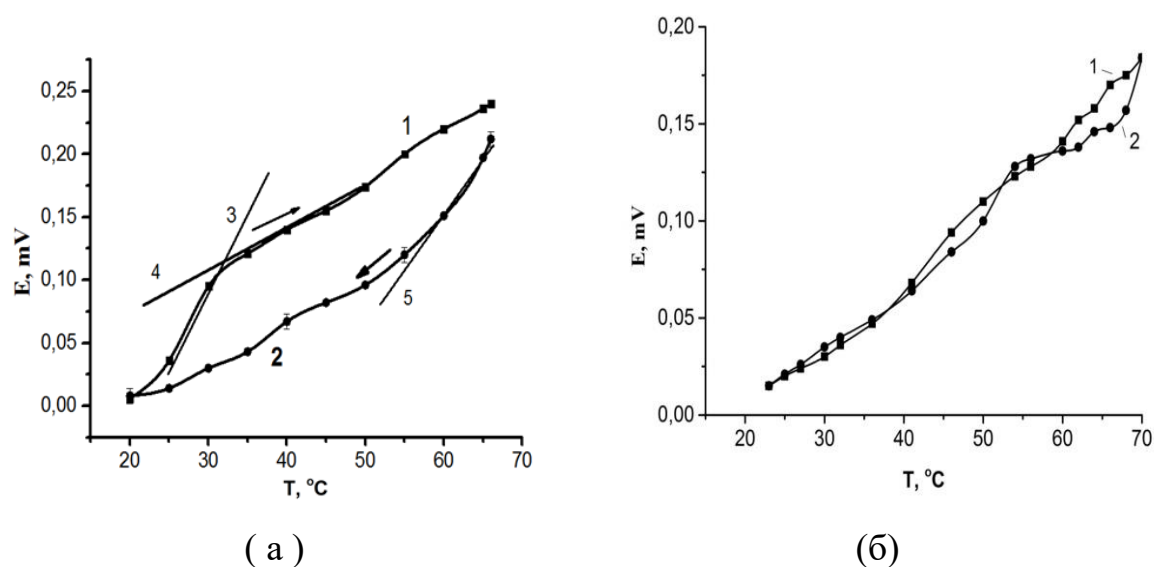


Рисунок 14. Гистерезис величины термоэдс наводороженного титана до (а) и после облучения (б) (1- нагревание, 2 – охлаждение, 3, 4 касательные к кривой 1, 5 – касательная)

Площади Гистерезис величины термоэдс наводороженного титана после облучения (б) равно ноль

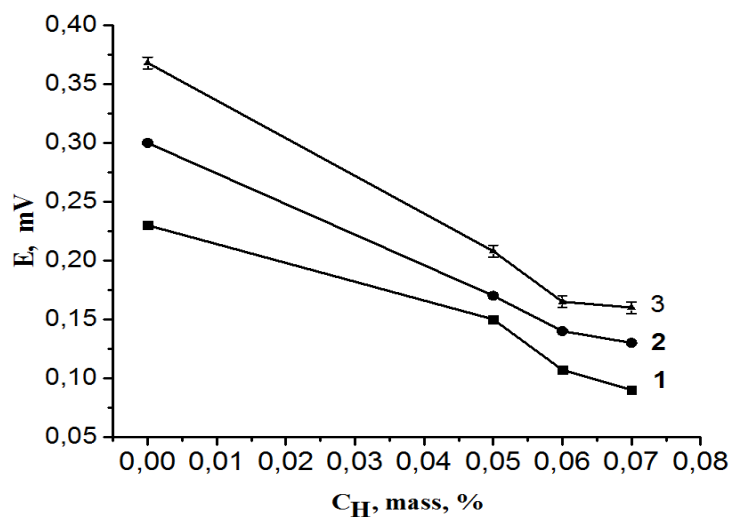


Рисунок 15 –Зависимость величины термоэдс от C_H в титане для различных изотерм (1 – $t=50^\circ\text{C}$, 2 – $t=60^\circ\text{C}$, 3 – $t=70^\circ\text{C}$) (до облучения нейтронами)

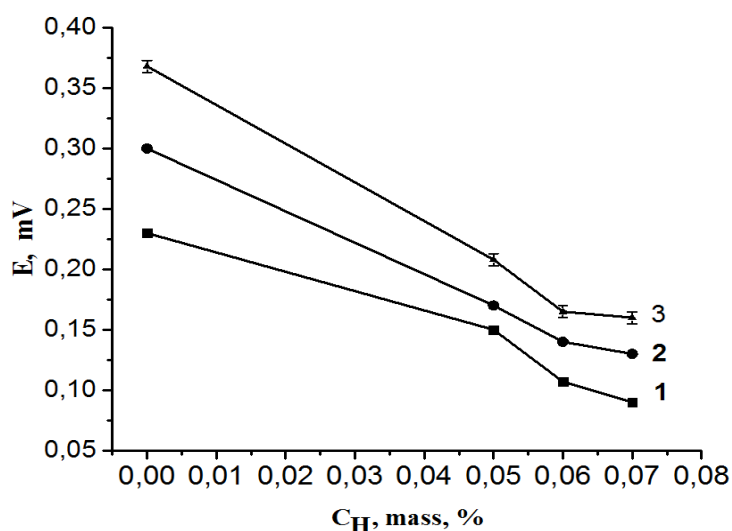


Рисунок 16 –Зависимость величины термоэдс от C_H в титане для различных изотерм (1 – $t=50^\circ\text{C}$, 2 – $t= 60^\circ\text{C}$, 3 – $t=70^\circ\text{C}$) (после облучения нейтронами)

По сравнению величины термоэдс до и после облучения нейтронами,мы знаем изменению величины термоэдс до 20%,Облучение приводит к изменению содержания водорода в титанеи по объяснению 4.3 .Мы можем узнать приводит к изменению содержания водорода в титане.

4.6. Изучение спектровгамма-квантов

В нашей работе мы исследовали 4 образца титана.

Радиоизотоп $^{22}\text{Sc}^{46}$ образуется из $^{22}\text{Ti}^{46}$ по реакции $^{22}\text{Ti}^{46}(n,p) ^{22}\text{Sc}^{46}$. Период полураспада радиоизотопа $^{22}\text{Sc}^{46}$ равен 84 суток. На фиг. 1– 4 показаны гамма спектры облученных нейтронами образцов титана ВТ1-0 с различным содержанием водорода от 0% до 0.07% весовых процентов.

Площадь пика Sc^{46} с энергией 889 кэВ равна $1,7 \cdot 10^4$, а с энергией 1120 кэВ – $1,3 \cdot 10^4$.

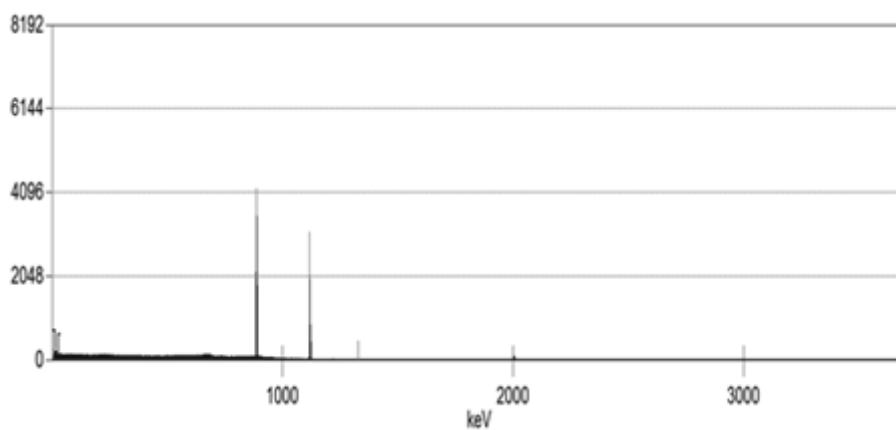


Рисунок 17 –Спектр образца № 3 (СН = 0). Время измерения 300 секунд.
 Площадь пика Sc^{46} с энергией 889 кэВ равна $1,4 * 10^4$, а с энергией 1120 кэВ – $1,5 * 10^4$

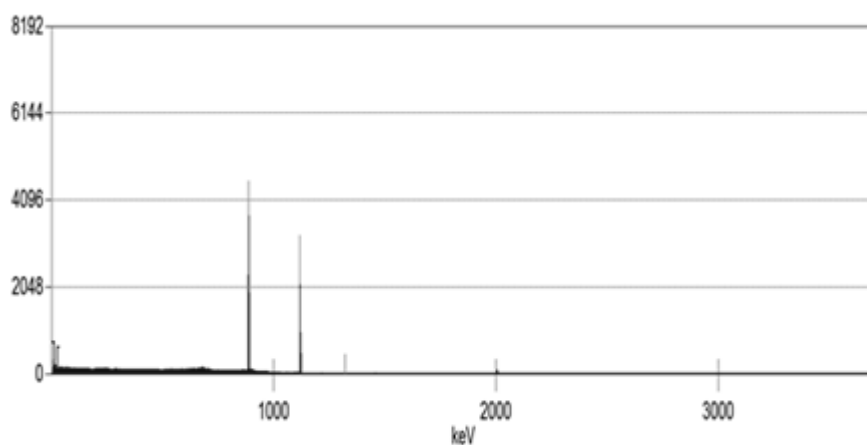


Рисунок 18 –Спектр образца № 4 (СН = 0.05%). Время измерения 300 секунд.
 Площадь пика Sc^{46} с энергией 889 кэВ равна $1,95 * 10^4$, а с энергией 1120 кэВ – $1,55 * 10^4$

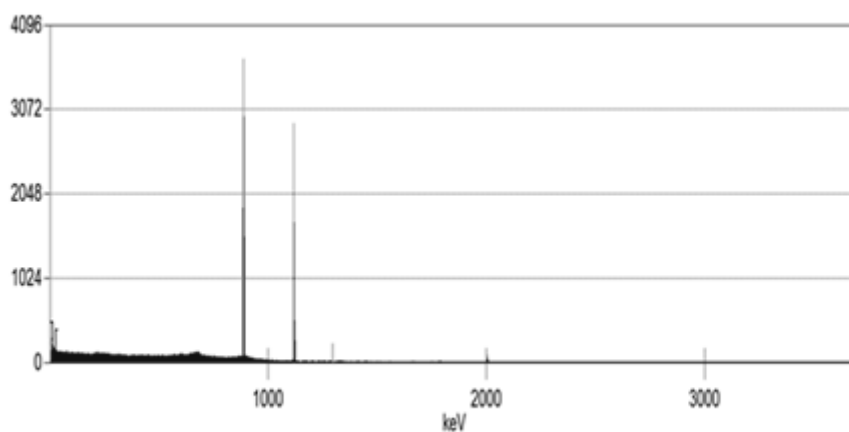


Рисунок 19 –Спектр образца № 2 с содержанием $C_H = 0.06\%$. Время измерения 300 секунд

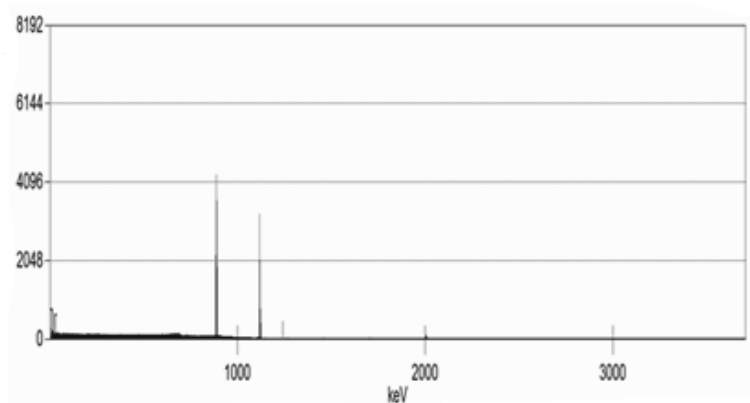


Рисунок 20 –Спектр образца № 1 с содержанием $C_H = 0.07\%$.

Время измерения гамма спектра 300 секунд.Площадь пика $^{22}Sc^{46}$ с энергией 889 кэВ равна $1,9 \cdot 10^4$, а с энергией 1120 кэВ – $1,5 \cdot 10^4$

Из сравнения спектров № 1 и № 2 видно, что с уменьшением начального количества водорода в образце интенсивность гамма-излучения уменьшается примерно на 12%. Происходит перераспределение энергии гамма-квантов вследствие их взаимодействия с водородной подсистемой титана.

Глава 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

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

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:










1. Планирование научно-исследовательских работ;
2. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

5.1. Планирование научно-исследовательских работ

Для выполнения научных исследований была сформирована рабочая группа, в состав которой входили научные сотрудники, преподаватели, инженеры, техники, лаборанты и студенты. Численность группы составляла 10 человек. По каждому виду работ устанавливалась соответствующая должность исполнителя. Порядок этапов, работ и распределение исполнителей по данным видам работ приведены в таблице 5.1.




Таблица 5.1 – Календарный план

ра-	Видработ	Исполнит.	T_{ki} ,	Продолжительностьвыполненияработ				
				январь.	фев-	март	а	м

бот			кал.дн.				раль			прель			ай		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3			
	Разработка технического задания	Науч. рук.	1,6												
	Выбор направления исследований	Студент, Науч. рук.	13,3												
			0,69												
	Теоретические и экспериментальные исследования	Студент, Инженер	12,6												
			1,8												
	Обобщение и оценка результатов	Студент	15,9												
	Разработка технической документации	Студент	13,8												
	Изготовление опытного образца	Студент, Инженер	10,9												
			5,4												

	Оформление- отчета по НИР	Студент	17,3						
--	------------------------------	---------	------	--	--	--	--	--	--

Исполнитель календарного плана – графика

Научный руководитель	
Студент	
Инженер	

Рассчитаем трудоемкость работ каждого из участников научного исследования.

Ожидаемое значение трудоемкости:

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

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

t_{min} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы;

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

Для обоснованного расчета заработной платы необходимо вычислить продолжительность каждой работы:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{ч_i} \quad (4)$$

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

Построим диаграмму Ганта, так как она является наиболее наглядным и удобным графиком для проведения научных работ. Диаграмма Ганта – горизон-

тальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Необходимо длительность каждого из этапов работ из рабочих дней перевести в календарные дни:

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

Коэффициент календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22, \quad (6)$$

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

Все рассчитанные значения представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2.- Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ									Исполнители			Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}			Длительность работ в календарных днях, T_{ki}		
	t_{\min} , чел-дни			t_{\max} , чел-дни			$t_{\text{ожг}}$, чел-дни											
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Разработка технического задания	1			3			32			Научныйрук.			1			16		
Выбор направления исследования	2	28		5	26		1,4	27,2		Науч- Студент			9	3,9		0,69	13,3	

Оформление отчета по	Изготовление опытного	Разработка технической документации	Обобщение и оценка результатов	Теоретические и экспериментальные исследования
32	18	23	28	24
	8			3
40	29	36	39	28
	16			5
35,2	22,4	28,2	32,4	25,6
	11,2			3,8
Студент	Студент	Студент	Студент	Студент
	Инженер			Инженер
11,7	7,5	9,4	10,8	8,5
	3,7			1,3
17,3	10,9	13,8	15,9	12,6
	5,4			1,8

По таблице 5.2. строится диаграмма Ганта. График строится для максимального по длительности работ в рамках научно-исследовательского проекта – 2 года.

5.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Главным фактором отражения основной части стоимости научной разработки являются трудовые зарплаты. Исходя из этого, важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Для оценки трудоёмкости выполнения научного исследования выпускной квалификационной работы используют экспертный путь, определяемый человеко-

днями. Для определения ожидаемого значения трудоёмкости используют следующее соотношение:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{мин}i} + 2t_{\text{макс}i}}{5} \quad (39)$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоёмкость выполнения i -ой работы чел.-дн.; $t_{\text{мин}i}$ – минимально возможная трудоёмкость выполнения заданной i -ой работы чел.-дн.; $t_{\text{макс}i}$ – максимально возможная трудоёмкость выполнения заданной i -ой работы чел.-дн.

Произведем оценку трудоёмкости выполнения научного исследования для научного руководителя:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 8}{5} = 5,6 \text{ чел. – дн} \quad (40)$$

Произведем оценку трудоёмкости выполнения научного исследования для студента:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3 \cdot 180 + 2 \cdot 360}{5} = 252 \text{ чел. – дн.} \quad (41)$$

Рассчитав ожидаемую трудоёмкости работ, определим продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями, по следующему соотношения:

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i} \quad (42)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн.; $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Произведем расчет продолжительности работы выполнения научного исследования для научного руководителя:

$$T_{pi} = \frac{5,6}{3} = 1,86 \text{ раб.дн.} \quad (43)$$

Произведем расчет продолжительности работы выполнения научного исследования для студента:

$$T_{pi} = \frac{252}{2} = 126 \text{ раб.дн.} \quad (44)$$

Произведем расчет продолжительности работы выполнения научного исследования для инженера:

$$T_{pi} = \frac{24}{3} = 8 \text{ раб.дн} \quad (45)$$

5.3 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта применяют анализ SWOT – комплексный анализ научно-исследовательского проекта. Специфика данного анализа формируется несколькими этапами.

На первом этапе выявляются сильные и слабые стороны реализованного проекта в выпускной работе, которые оказывают свое действие в внешней среде. Далее выявляют Возможности, включающие в себя любую предпочтительную ситуацию, возникающую в условиях окружающей среды проекта. Последним этапом является выявление угроз проекта, представляющих собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта. К конечному счету производится анализ интерактивной таблицы в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей, или слабых сторон и возможностей.

Итогом данного анализа является матрица SWOT, в которой приведены все составляющие данного проекта.

Таблица 5.3 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно исследовательского проекта:</p> <p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологий.</p> <p>С2. Быстрый анализ полученных данных.</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С4. Легкий интерфейс управления.</p> <p>С5. Безопасность проведения исследований.</p>	<p>Слабые стороны научно исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Проведение исследований исключительно при комнатной температуре.</p> <p>Сл2. Предварительная подготовка экспериментальных образцов перед исследованием.</p> <p>Сл3. Низкий уровень проникновения на рынок.</p> <p>Сл4. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.</p> <p>Сл5. Длительный срок поставок материалов (образцов) для проведения научного исследования.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Быстрая оценка защитных покрытий для дальнейшего исследования.</p> <p>В2. Решение фундаментальных задач исследования.</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p>В4. Исследования коррозионных свойств металлов.</p> <p>В5. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>Заявленная повышенная экономичность, энергоэффективность и безопасность проекта способствует появлению дополнительного спроса на данный продукт. Также быстрый анализ полученных экспериментальных данных повлечет дополнительное решение фундаментальных задач исследования.</p>	<p>Проведение исследований исключительно при комнатных температурах способствует повышению стоимости конкурентных разработок.</p>
<p>Угрозы:</p>	<p>Более низкая стоимость</p>	<p>Отсутствие необходи-</p>

<p>У1. Несвоевременное финансирование научного исследования при дальней-шем развитии проекта.</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства.</p> <p>У3. Ограничения на экспорт технологии.</p> <p>У4. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции.</p> <p>У5. Изменение спецификаций и стандартов на поставку экспериментальных металлических образцов запрещенного типа.</p>	<p>производства по сравнению с другими технологиями повлечет изменение спецификаций и стандартов на поставку экспериментальных металлических образцов запрещенного типа.</p>	<p>мого оборудования для проведения испытания опытного образца будет являться неотъемлемым фактором, представляющим собой барьер для экспорта технологии. Также низкий уровень проникновения на рынок способствует несвоевременному финансированию научного исследования при дальнейшем развитии проекта.</p>
---	--	---

5.4. Разработка графика проведения научного исследования

Для проведения научного исследования, представленного в выпускной квалификационной работе, выбирают специальную узко направленную научную тему. Для этого строится специальный ленточный график проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Для построения графика необходимо перевести рабочие дни в календарные дни, для чего воспользуемся следующим соотношением:

$$T_{ki} = T_{pi}k_{\text{кал}}, \quad (46)$$

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

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (47)$$

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

Рассчитаем коэффициент календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 51 - 66} = 1,471, \quad (48)$$

Произведем перевод рабочих дней в календарные дни для научного руководителя, для чего воспользуемся следующим соотношением:

$$T_{ki} = 1,86 \cdot 1,471 = 1,56 \sim 2 \text{ кал.дн.} \quad (49)$$

Произведем перевод рабочих дней в календарные дни студента, для чего воспользуемся следующим соотношением:

$$T_{ki} = 84 \cdot 1,471 = 123,5 \sim 123 \text{ кал.дн.} \quad (50)$$

Произведем перевод рабочих дней в календарные дни инженера, для чего воспользуемся следующим соотношением:

$$T_{ki} = 4 \cdot 1,471 = 5,88 \sim 6 \text{ кал.дн.} \quad (51)$$

На основе табл. 8 (приложение В) построим календарный план-график.

5.5. Бюджет научно-технического исследования

В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

Стоимость всех материальных затрат, используемых при разработке проекта приведена в таблице 3.

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх } i} \quad (52)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования:

$N_{\text{расх } i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы (15 % от стоимости материалов).

Расчет основной заработной платы:

$$Z_{\text{ЗП}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (53)$$

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

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата

Таблица 5.4. – Материальные затраты

Наименование материала	Единица измерения	Количество	Цена за ед C_i , руб	Затраты на материалы Z_M , руб
Основные материалы				
Титановый сплав ВТ1-0	см ³	20	20,5	410
Вспомогательные материалы				
Шлифовальная бумага	шт	14	60	966
Спирт	мл	100	0,096	1,104
Дополнительные материалы				
Перчатки	шт	10	2,71	33,06
Халат	шт	2	459	918
Итого: 2328,16 руб				

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (54)$$

где T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (55)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года (при шестидневной неделе $M = 10,4$);

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала ($F_{\text{д}} = 1794$).

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot k_{\text{р}}, \quad (56)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата согласно Положению по оплате труда;

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

Таблица 5.5. – расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{тс}}$, руб	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб	$Z_{\text{дн}}$, руб	$T_{\text{р}}$, раб.дн	$Z_{\text{осн}}$, руб
Руководитель	24500,29	1,3	21776,68	126,24	19	2398,56
Студент	1200	-	1200	6,95	390	2710,5
Инженер	14584,32	1,3	18959,62	109,91	19	2088,29
Токарь	14584,32	1,3	18959,62	109,91	19	2088,29
Итого						$Z_{\text{осн}} = 9285,64$ руб

Отчисления во внебюджетные фонды:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (57)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды ($k_{\text{внеб}} = 0,3$).

$$Z_{\text{внеб}} = 12285,64 \cdot 0,3 = 3685,7$$

Результаты определенных величин отчислений во внебюджетные фонды представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5. – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
-------------	------------------------------------	--

Руководитель	2398,56	3000
Студент	2710,5	-
Инженер	2088,29	-
Токарь	2088,29	-
Итого: 12285,64руб		
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Всего отчислений во внебюджетные фонды: 5747,13руб		

Расчет затрат на научные и производственные командировки представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Расходы на научные и производственные командировки

Наименование мероприятия	Оплата, руб
Участие в конференции ПРФН-14	800
Производственная практика	16783,59
Итого: 17183,59руб	

Накладные расходы:

$$Z_{\text{накл}} = \left(\frac{\text{сумма статей}}{7} \right) \cdot k_{\text{нр}} \quad (58)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы ($k_{\text{нр}} = 100\%$).

Таблица 5.7. – расчет бюджета затрат

Наименование статьи	Сумма, руб
Материальные затраты	2328,16
Затраты по осн. заработной плате исполнителей темы	9285,64
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	3000
Затраты на научные производственные командировки	17183,59
Отчисления во внебюджетные фонды	2432,72
Накладные расходы	23779,22
Бюджет затрат	58009,33

Вывод: При планировании научно-исследовательской работы был произведен подсчет бюджета исследования. В процессе формирования бюджета были использованы группировки по материальным затратам (2328,16 руб), затратам по основной заработной плате исполнителей тем (9285,64руб), затратам по дополнительной заработной плате (3000руб), затратам на научные и производственные командировки (17183,59руб), отчислениям во внебюджетные фонды (2432,72 руб) и накладным расходам (23779,22 руб). Всего бюджет составил 64880,79 руб. Данная оценка коммерческой ценности необходима, чтобы представлять финансовое состояние и перспективы проводимых научных исследований.

5.6. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения экономической и финансовой эффективности нет других вариантов исполнения данного научно-исследовательского проекта, так как работы выполняются линейно, что подтверждается ленточным графиком диаграммы Ганта .

Данный проект направлен на разработку метода модификации поверхностных изделий титанового сплава ВТ1-0, которые применяются для улучшения свойств защитных покрытий. Важность проведения данных работ заключается в использовании вакуумно-дуговой испарении с целью получить оптимальные защитные покрытия. Для данной проблемы кроме модификации импульсными электронными пучками существует несколько других направлений исследований: разработка новых материалов, усовершенствование композиционного состава сплава и нанесение покрытий. Создание новых сплавов требует больших финансовых затрат и времени для проведения испытаний и исследований. Поэтому современные разработки направлены на усовершенствование уже имеющихся сплавов.

Глава 6. Социальная ответственность

Для нанесения тонких пленок и покрытий применяют различные методы, большинство из которых основано на использовании жидких сред и термических процессов при давлении газов порядка атмосферного. Особое место в технологии пленок и покрытий принадлежит вакуумно-дуговым методам. Вместе с этим известно, что водород в металлах является важной технической и научной проблемой, интерес к которой растет из года в год. Техническая сторона проблемы заключается в том, что водород, растворяясь в металлах в ходе плавки, разливки, при электрохимических, ядерных и иных процессах, является одной из причин появления дефектов, трещин, ухудшения пластических свойств металлов (водородная хрупкость), приводящих к разрушению изделий. Таким образом, целью моей выпускной квалификационной работы являлось исследование взаимодействия водорода с защитными покрытиями (на основе титанового сплава ВТ1-0), получаемыми вакуумно-дуговым осаждением.

Исследовательская работа по изучению структуры и свойств титанового сплава ВТ1-0 насыщенного водородом предполагает проведение работ на различных установках. Таких, как вакуумная установка, установка по насыщению водородом, микротвердомер, рентгеновский спектрометр, магнитный анализатор (ЗМА) и т.д. Основой работы, выделенной в отдельную главу выпускной квалификационной работы, является изучение влияния водорода на свойства титанового сплава ВТ1-0. Поэтому рассмотрение безопасности и гигиены труда при осуществлении работ по наводороживанию с помощью установки GasReactionController особенно важно при проведении данного исследования. Установка GasReactionController используется на кафедре для исследования процессов сорбции/десорбции водорода металлическими и неметаллическими материалами при наводороживании термо-диффузионным методом.

6.1. Техногенная безопасность

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

- Микроклимат;
- Электромагнитные поля
- Шум и вибрация
- Недостаточное освещение

Также возможно воздействие следующих опасных производственных факторов:

- Электрическое напряжение;
- Воздействие высокой температуры;
- Эксплуатация газовых баллонов (азот, аргон), работающих под давлением.

6.1.1. Микроклимат

Основными факторами, характеризующими микроклимат производственной среды, являются: температура, подвижность и влажность воздуха.

Эти параметров от нормы приводит к ухудшению самочувствия работника, снижению производительности труда и к возникновению различных заболеваний.

Работа в условиях высокой температуры сопровождается интенсивным потоотделением, что приводит к обезвоживанию организма, потере минеральных солей и водорастворимых витаминов, вызывает серьезные и стойкие изменения в деятельности сердечно-сосудистой системы, увеличивает частоту дыхания, а также оказывает влияние на функционирование других органов и систем – ослабляется внимание, ухудшается координация движений, замедляется реакция и т.д. При работе на газоанализаторе важно отметить, что запрещается прикасаться к высоко разогретым элементам экспериментального комплекса, во избежание получения термических ожогов при работе.

Высокая относительная влажность при высокой температуре воздуха способствует перегреванию организма, при низкой же температуре увеличивается теплоотдача с поверхности кожи, что ведет к переохлаждению. Низкая влажность вызывает неприятные ощущения в виде сухости слизистых оболочек дыхательных путей работающего.

При нормировании метеорологических условий в производственных помещениях учитывают время года, физическую тяжесть выполняемых работ, а также количество избыточного тепла в помещении. Оптимальные и допустимые метеорологические условия температуры и влажности устанавливаются согласно СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах".

(Таблица 1).

Для удобства работы в помещении необходима нормирование 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.

Таблица 6.1. – Оптимальные показатели микроклимата на рабочих местах производственных помещений (Санпин 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах".)

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia(до139)	22-24	21-25	60-40	0,1
Теплый	Ia(до139)	23-25	22-26	60-40	0,1

6.1.2. Электромагнитные поля

Дипломная работа выполнялась с применением персональных компьютеров (ПЭВМ) типа IBMPC. Основным вредным фактором, воздействию которого подвергается инженер-исследователь при работе за компьютером, является электромагнитное излучение.

Безопасные уровни излучений регламентируются нормами Сан-ПиН 2.2.2/2.4.1340–03 и представлены в таблице 2.

Таблица 6.2.– Временные допустимые уровни (ВДУ) электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах

Наименование параметров	Нормы в диапазоне частот	ВДУ
Напряженность электрического поля	5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

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. Кроме этого, для ослабления влияния рассеянного рентгеновского излучения от монитора ПК рекомендуется использовать защитные фильтры (экраны).

6.1.3. Электрическое напряжение

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 лечебно-профилактических мероприятий.

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.

Индивидуальные основные изолирующие электрозащитные средства способны длительно выдерживать рабочее напряжение электроустановок.

Назначение защитного отключения - обеспечение электробезопасности, что достигается за счет ограничения времени воздействия опасного тока на человека. Защита осуществляется специальным устройством защитного отключения (УЗО), которое, работая в дежурном режиме, постоянно контролирует условия поражения человека электрическим током.

Область применения: электроустановки в сетях с любым напряжением и любым режимом нейтрали.

Заземление—преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством.

В электротехнике при помощи заземления добиваются снижения напряжения прикосновения до безопасного для человека и животных значения.

6.1.4. Воздействие высокой температуры

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.

6.1.5. Эксплуатация газовых баллонов, работающих под давлением

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

6.2. Региональная безопасность

Лабораторная работа всегда связана с постоянным образованием различных отходов: отходы инструмента, технологической оснастки, абразивных материалов, отходы бумаги и т.д..

При работе с установкой GasReactionController возможно образование отходов: бумага и металл (титан VT1-0). Бумагу используют для записи результатов экспериментов. Эти отходы могут вызвать загрязнение литосферы. Для охраны поверхностных и подземных вод от загрязнения и истощения, можно использовать бумагу повторно и перерабатывать отходы металлов методом повторного изготовления.

6.3. 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. Привыкание 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 GasReactionController необходимо проверить целостность газовых баллонов, прочность их закрепления, 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 GasReactionController 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:
- Закрывать вентили газовых баллонов;
- Убедиться, что все клапаны контроллера закрыты;
- Выйти из программы, отключить питание компьютера;
- Отключить установку GasReactionController и насос от электросети;
- Проверить целостность газовых баллонов, их закрепление, отсутствие утечки газа.

6.4. Особенности законодательного регулирования проектных решений

К работе на установке GasReactionController 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 норм и правил работы с электроустановками, правил безопасности работы с газовыми баллонами, приобретенных навыков и безопасных способов выполнения работы на установке GasReactionController, имеющие не менее II группы по электробезопасности и получившие допуск к работе с газовыми баллонами.

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

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

По данной теме рассматриваются законодательный и нормативные документы:

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

Документы по воздействию ПЭВМ:

- инструкция № 2-08 по охране труда при работе с ПЭВМ и ВДТ;
- СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы;
- ГОСТ Р 50948-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности;
- ГОСТ Р 50949-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности;
- ГОСТ Р 50923-96. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения.

Микроклимат:

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

СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах

6.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При обнаружении неисправной работы установки GasReactionController необходимо прекратить работу, выйти из программы, отключить питание компьютера, отключить насос, установку GasReactionController 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.

6.6. Вывод

В ходе рассмотрения безопасности и гигиены труда при осуществлении работ по наводороживанию с помощью установки GasReactionController, были выявлены вредные и опасные факторы рабочей зоны, причины и средства защиты, рассмотрены чрезвычайные ситуации и поведение в них.

Выводы. Заключение

1. Энергия активации электронов в наводороженном титане при изменении концентрации водорода от 0.07% до 0.7 % (рис. 15) изменяется в пределах от 3 до 7,5 эВ. Таким образом, метод обладает достаточной чувствительностью по отношению к изменению контракции водорода в титане.
2. Экспериментально подтверждено протекание ядерной реакции в титане при облучении нейтронами с образованием водорода.
3. Наблюдаются гамма-кванты с энергией 889 и 1120 кэВ. Эффект гамма-поля необходимо учитывать при создании нейтронной защиты на основе боридов титана.
4. Наводороживание титана с последующим облучением приводит к изменению величины термоэдс до 20%, что может быть использовано для оперативного неразрушающего контроля материалов атомной энергетики.

Список литературы

1. Гаранин Г.В., Ларионов В.В., Склярова Е.А. Диффузия водорода в металлах под действием ионизирующего и акустического излучения. Депонированная рукопись № 66-В2010 15.02.2010.
2. Важенин А.В. Радиационная онкология. Организация, тактика, пути развития. М.: Изд-во РАН, 2003. 236 с.
3. Патент Украины № 25785. Морозов И., Скороход В. Способ насыщения материалов газами. Бюлл. 3 13. 2007.
4. Lider, A., Larionov, V., Kroening, M., Kudiiarov, V. Thermo-Electromotive Force and Electrical Resistivity of Hydrogenated VT1-0 Titanium Alloy 2016 IOP Conference Series: Materials 012004.
5. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.all-pribors.ru/opisanie/18509-15-canberra-72616>
6. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/6179550/page:5/>
7. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://dlib.rsl.ru/01004925922>
8. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/enc/e038.htm>
9. ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ Васильев Г.А. МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЖУРНАЛ ISSN 2303-9868
10. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://megalektsii.ru/s145933t5.html>
11. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»
12. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://dlib.rsl.ru/01004314063>
13. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/6179550/page:5/>
14. Гельд П.В., Рябов Р.А. Водород в металлах и сплавах. – М.: Metallurgia, 1974.–272 с.

15. Водород в металлах. Под ред. Г. Алефельда и И. Фелькля. - М.: Мир, 1981.– Т.1. – 475 с, Т.2 – 430 с.
16. Барановский В. Системы металл-водород при высоких давлениях водорода // Водород в металлах. Под ред. Г. Алефельда и И. Фелькля. – М.: Мир, 1981.– Т. 2. – С. 190–240.
17. Смирнов Л.И., Щеголева Т.А. Влияние давления водорода на его растворимость в металлах // Водородная экономика и водородная обработка материалов. Труды Пятой Международной конференции «ВОМ–2007». Т. 2. – Донецк. – 2007. – С. 708–712.
18. Двухфотонная электрон-позитронная аннигиляция Электронный ресурс. Режим доступа: http://nuclphys.sinp.msu.ru/p/zad_08.pdf
19. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/experiment/detectors/gammadet/index.html>
20. Электронный ресурс. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B5%D1%82%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80_%D0%B8%D0%B7_%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%BE_%D1%87%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%B3%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F
21. [Lider, A., Larionov, V., Kroening, M., Kudiiarov, V. Thermo-Electromotive Force and Electrical Resistivity of Hydrogenated VT1-0 Titanium Alloy](#) 2016 IOP Conference series :Materials 012004