

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки 03.03.02 «Физика»

Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Влияние электрического поля и скорости нагрева на десорбцию водорода из сплава палладия с серебром

УДК 669.45:669.788.081:537.21

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б52	Лю Юйчэнь		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Никитенков Николай Николаевич	д.ф.-м.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Сыпченко Владимир Сергеевич	к.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Лариса Александровна	к.х.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

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 ФГОС3+ (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 ФГОС3+ (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 ФГОС3+ (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	Требования ФГОС3+(ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6)

	основе информационной и библиографической культуры.	
Р5	Получить организационно-управленческие навыки при работе в научных группах, критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости профиль своей профессиональной деятельности, нести ответственность за последствия своей инженерной деятельности.	Требования ФГОСЗ+(ОПК-8, ОПК-9)
<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	Требования ФГОСЗ+(ПК-9)

	использованием междисциплинарных связей физики с другими дисциплинами, участвовать в информационно-образовательных мероприятиях по пропаганде и распространению научных знаний	
--	--	--

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки (специальность) 03.03.02 «Физика»
 Отделение школы (НОЦ) Отделение 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
150Б52	Лю Юйчэнь

Тема работы:

Влияние электрического поля и скорости нагрева на десорбцию водорода из сплава палладия с серебром
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	
---	--

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический</i>	Сплав палладия с серебром марки ПД-400; установка для насыщения водородом; установка для исследования термостимулированного газовыделения.
---	--

анализ и т. д.).	
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Содержание текстового документа</p> <ul style="list-style-type: none"> – Взаимодействие водорода с палладием и серебром; – методы насыщения образцов водородом; – методы тепловой десорбции водорода – результаты и обсуждение. <p>Перечень подлежащих разработке вопросов:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Провести газовыделение при разных условиях; 2. Обсудить механизмы газовыделения при разных условиях; 3. Исследовать спектры выхода водорода из сплава марки ПД-400 тремя методом в зависимости от температуры и скорости нагрева.
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Схемы нагрева образцов тремя разными способами нагрева: радиационный (косвенный), радиационный с внешним электрическим полем и джоулевым теплом.</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский В.Ю.
Социальная ответственность	Скачкова Л.А.

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 / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Сыпченко Владимир Сергеевич	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б52	Лю Юйчэнь		

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

Студенту:

Группа	ФИО		
150Б52	Лю Юйчэнь		
Институт	Инженерная школа ядерных технологий	Кафедра	Отделение Экспериментальной физики
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	03.03.02. Физика

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Финансовые ресурсы 75000 руб.; Человеческие ресурсы 2 чел.;
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Ставки социального налога (30%) и НДС (20%)
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Планирование процесса управления прибором контроля металла термоэлектрическим методом: структура и график проведения
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Расчет бюджет работа
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i> 2. <i>Альтернативы проведения НИ</i> 3. <i>График проведения и бюджет НИ</i> 4. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский Владимир Юрьевич	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б52	Лю Юйчэнь		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа		ФИО	
150Б52		Лю Юйчень	
Школа	ИЯТШ	Отделение (НОЦ)	Отделение Экспериментальной физики
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	03.03.02. Физика

Тема ВКР:

Влияние электрического поля и скорости нагрева на десорбцию водорода из сплава палладия с серебром	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования сплав палладия с серебром марки ПД-400 Область применения: извлечение водорода и водородная энергия
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: –специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; –организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	1. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений СанПиН 2.2.4-548-96; 2. Нормы естественного и искусственного освещения предприятий, СНиП 23-05-95; 3. Допустимые уровни шумов в производственных помещениях. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ;
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	1. Отклонение показателей микроклимата на рабочем месте; 2. Пожар взрывоопасность; 3. Электромагнитные излучения; 4. Шум
3. Экологическая безопасность:	Требование экологической безопасности при проектировании, разработке, эксплуатации, техническом обслуживании электрооборудование
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Правила пожарной безопасности при разработке и эксплуатации электрооборудования

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Скачкова Лариса Александровна	К.Х.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б52	Лю Юйчэнь		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

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)
01.03.2018	Аналитический обзор литературы	15
01.05.2018	Подготовка исследуемых образцов сплава палладия с серебром марки ПД-400, насыщение водородом	10
20.06.2018	Исследование влияния электрического поля и скорости нагрева на выход водорода из сплава марки ПД-400	25
30.04.2019	Анализ результатов, написание ВКР	15
25.05.2019	Социальная ответственность	15
25.05.2019	Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение	15
25.05.2019	Заключение	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Сыпченко Владимир Сергеевич	к.ф.-м.н.		

СОГЛАСОВАНО:

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

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа _____ 79 _____ с., _____ 15 _____ рис., _____ 13 _____ табл., _____ 61 _____ источников, _____ 1 _____ приложений.

Ключевые слова: палладий, серебро, водород, энергия активации десорбции.

Объектом исследования сплав палладия с серебром марки ПД-400 (включает 60% палладия, 40% серебра). Цель работы – получение закономерности влияния электрического поля и скорости нагрева на десорбцию изотопов водорода из сплава палладий-серебро.

В процессе исследования проводились подготовка исследуемых образцов; проведение экспериментов по влиянию электрического поля и скорости нагрева, тремя способами нагрева: радиационный (косвенным), радиационный с внешним электрическим полем, джоулево тепло.

В результате исследования у всех графиков зависимости независимо от скорости и способа нагрева наблюдаются два пика, низкотемпературный характерен для палладия, а высокотемпературный для серебра; повышение скорости (независимо от способа) нагрева сплава палладия с серебром приводит к сдвигу температурного максимума изотопов водорода в область повышенных температур, как у палладия, так и серебра.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: режимы насыщения водородом: 1 М раствор D₂SO₄, плотность

ток насыщения $j=40\text{мА/см}^{-2}$, время насыщения $t=20\text{мин}$; режимы отжига в вакууме ($\sim 10^{-6}$ торр) при температуре $\sim 500\text{ }^\circ\text{C}$ в течение одного часа.

Степень внедрения: результаты работы представлены на международной научной конференции «Перспективы развития фундаментальных наук».

Область применения: результаты исследований могут быть использованы для водородной энергии.

Экономическая эффективность/значимость работы заключается в перспективности использования сплава ПД-400 в качестве аккумулятора водорода, а разработанные методы позволяют извлекать водород и аккумуляторов при более низких энергозатратах.

В будущем планируется проведение работ по извлечению водорода на других материалах-накопителях водорода.

Оглавление

Введение.....	17
Глава 1. Взаимодействие водорода с палладием и серебром	19
1.1 Значительная роль Pd в хранении водорода.....	19
1.2 Механизмы взаимодействия водорода в гидрированных нанокристаллических слоях палладия	21
1.3 Влияние водорода на электронную проводимость палладия, легированного серебром.....	23
1.4 Десорбция атомов водорода термическим и индуцированным электрическим полем	24
1.5 Влияние температуры на десорбцию водорода	26
Вывод.....	29
Глава 2. Объект и методы исследования	31
2.1 Объект исследования	31
2.2. Насыщение водородом электролитическим методом	31
2.3. Установка для исследования процесса выхода изотопов водорода .	32
2.4. Способы теплового воздействия.	35
2.4.1 Радиационный (косвенным) нагрев	35
2.4.2 Радиационный нагрев с внешним электрическим полем	37
2.4.3 Нагрев джоулевым теплом.....	37
Вывод.....	38

Глава 3 Влияние электрического поля на десорбцию водорода из сплава палладий серебро.....	39
3.1 Сплав палладия с серебром.....	39
3.2 Влияние радиационного нагрева на выход изотопов водорода из сплава палладия с серебром	40
3.3 Влияние радиационного нагрева с внешним электрическим полем на выход изотопов водорода из сплава палладия с серебром	42
3.4 Влияние джоулева тепла на выход изотопов водорода из сплава палладия с серебром	44
Вывод.....	46
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	48
4.1 Организация и планирование работ	48
4.1.1 Продолжительность этапов работ	49
4.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта	54
4.2.1 Расчет затрат на материалы	54
4.2.2 Расчет заработной платы.....	55
4.2.3 Расчет затрат на социальный налог	55
4.2.4 Расчет затрат на электроэнергию	56
4.2.5 Расчет амортизационных расходов	57
4.2.6 Расчет прочих расходов.....	58
4.2.7 Стоимость всего проекта.....	58

4.2.8 Экономическая эффективность исследования.....	59
Глава 5. Социальная ответственность.....	60
Введение.....	60
5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	61
5.1.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства.	61
5.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя	62
5.2. Производственная безопасность.....	64
5.2.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.	64
5.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.	65
5.2.2.1 Отклонение показателей микроклимата на рабочем месте.....	65
5.2.2.2 Электромагнитное излучение	66
5.2.2.3 Шум	66
5.2.2.4 Пожар взрывоопасность.....	67
5.2.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.....	68
5.3. Экологическая безопасность.....	70
5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	70
5.3.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду. ..	70
5.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	70

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	71
5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	71
5.4.2 Анализ причин, которые могут вызвать ЧС на производстве при внедрении объекта исследований.....	71
5.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	72
Вывод.....	73
Заключение.....	74
Приложение 1	75
Список литературы	76

Введение

Палладий и его сплавы являются классическими материалами, используемыми для хранения водорода при комнатной температуре и выше, и обладают высокими скоростями адсорбции/поглощения [1-4]. Система палладий/водород была изучена как в газовой фазе, так и в электрохимических условиях из-за ее потенциального применения в системах хранения водорода, металлгидридных батареях и очистки водорода [5-8]. Однако использование Pd в качестве единственного металла накопителя для хранения водорода нецелесообразно из-за его высокой стоимости и водородного охрупчивания, вызванного превращением альфа-фазы в бета-фазу из чистого палладия [9]. С другой стороны, сплавы на основе Pd обеспечивают привлекательный класс материалов для изучения гидридов металлов, потому что водород имеет высокую растворимость и проницаемость по сравнению с чистым палладием, и, если добавляются менее дорогие металлы, стоимость снижается [10-16]. Относительно низкая стоимость и прочная структура серебра делают его привлекательным материалом для очистки и хранения водорода в сочетании с палладием. Другая причина использования PdAg вместо Pd состоит в том, что скорость проникновения водорода может быть увеличена с помощью определенной композиции PdAg. Поток проникновения водорода является продуктом растворимости водорода в металле и диффузии водорода через мембрану. Растворимость водорода в пористом серебре выше, чем в палладии, а коэффициент диффузии ниже. Для PdAg проницаемость водорода

увеличивается с увеличением содержания серебра и достигает максимума при 23 мас.% Ag [17]. Механическая прочность также увеличивается при легировании палладия серебром. Чистый палладий становится хрупким после повторяющихся циклов $\alpha - \beta$, чего нет в сплаве PdAg [18]. Поэтому сплав Pd-Ag является наиболее часто используемым материалом для извлечения водорода в промышленности [19].

Цель работы:

Получение закономерностей влияния электрического поля и скорости нагрева на десорбцию водорода из сплава палладий серебро.

Для достижения поставленной цели были определены **следующие задачи:**

1. Подготовка исследуемых образцов, насыщение электролитическим методом.

2. Получение графиков зависимости выхода изотопов водорода от скорости и способа теплового нагрева:

- радиационный (косвенным);
- радиационный с внешним электрическим полем;
- джоулевым теплом.

3. Обработка и анализ полученных результатов

Глава 1. Взаимодействие водорода с палладием и серебром

1.1 Значительная роль Pd в хранении водорода

Pd демонстрирует несколько исключительных свойств, которые обеспечивают его интеграцию в различные водородные технологии. Pd считается уникальным материалом с сильным сродством к водороду благодаря его каталитическим и водородопоглощающим свойствам [20], [21], и он играет важную роль в водородной экономике [22]. Интенсивные исследования гидридов Pd были проведены в различных областях фундаментальной науки и техники. В отличие от своих объемных аналогов, наноструктурированные материалы, по-видимому, демонстрируют более быструю кинетику зарядки и разрядки, удлиненные жизненные циклы и настраиваемую термодинамику по размеру [16], [17]. Многие исследования по хранению водорода с использованием объемных наночастиц на основе Pd или Pd были проведены в последнее время [18]. В частности, наночастицы Pd были изучены как примерная модель для выяснения свойств металлических наночастиц, сохраняющих водород. Поглощение водорода Pd приводит к образованию двух фаз. При низких концентрациях водорода (твердый раствор) появляется альфа-фаза, тогда как при более высоких концентрациях водорода (гидрид металла) появляется бета-фаза. Схематическая фазовая диаграмма гидрида палладия изображена на рис. 1 [19]. Сообщалось, что концентрации водорода и равновесные давления для образования гидридов Pd уменьшаются с уменьшением размеров наночастиц [20]. В дополнение к размеру морфологии

металлических наночастиц также имеют решающее значение для химии материалов, поскольку их внутренние свойства сильно коррелируют с их геометрией [21], [22]. Последние работы Ли и др. продемонстрировали, что морфология Pd может играть решающую роль в емкости хранения водорода, и что температура играет решающую роль в его поглощении, поглощении и диффузии. На рис. 3 представлены изотермические профили гидрирования октаэдров Pd (красный) и кубов (синий) при 303 К при давлении водорода 101,3

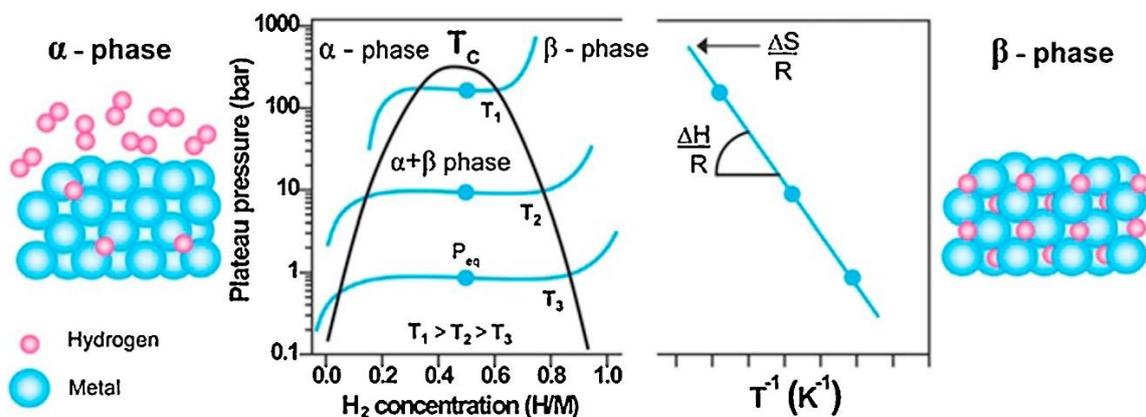


Рис. 1. (Слева). Изотермический график зависимости давления от состава для фазового перехода металл-гидрид. (справа) График Ван-Хоффа, связанный с фазовым переходом от металла к гидриду металла. Схематическое представление альфа-фазы (слева) и бета-фазы (справа) гидрида металла также показаны. (Перепечатано с разрешения [19].

кПа [23]. Фазовые переходы отдельных нанокристаллов палладия при поглощении и десорбции водорода были исследованы с помощью электронной спектроскопии потерь энергии *in situ* под воздействием электронного просвечивающего электронного микроскопа. Нанокристаллы палладия претерпевают экстремальные переходы между α - и β -фазами, где поверхностные эффекты определяют размерную зависимость давлений поглощения водорода [16]. Чтобы уменьшить водородное охрупчивание, Pd легируется другими металлами, что приводит к расширению решетки Pd, таким

образом, Pd становится менее подверженным влиянию водорода. Ряд исследований был проведен с использованием комбинации сплавов на основе Pd, таких как PdPt, PdCd, PdRu, PdRh, PdAg, PdCdAg, для контроля водородного охрупчивания [18], [24], [25], [26], [27], [28], [29]. В своей работе Т. Ханго и соавт. исследовали влияние структуры зерна на водородное охрупчивание с использованием чистого Pd (99,9%), который обрабатывали торсионным методом под высоким давлением (НРТ) с образованием ультрамелкозернистой (UFG) структуры. Испытания на растяжение показали, что, в отличие от крупнозернистых образцов, в которых происходило водородное охрупчивание и упрочнение, в образце UFG, обработанном НРТ, происходило водородное размягчение и эластичность [30].

1.2 Механизмы взаимодействия водорода в гидрированных нанокристаллических слоях палладия

В последнее время нанокристаллические (nc) Pd тонкие пленки широко используются в водородных приложениях из-за большой поверхностной и подповерхностной плотности и наличия высокой доли межзеренных границ (GB), которые могут облегчить процесс гидрирования [38], [39]. Эти слои должны быть достаточно тонкими, чтобы обеспечить высокую водородную проницаемость, оставаясь при этом механически стабильными [40]. Кристаллическая структура Pd представляет собой гранцентрированную кубическую (ГЦК) решетку, также называемую α -фазой, в которой промежуточные атомы водорода занимают часть октаэдрических центров. Во

время гидрирования, пока отношение H / Pd остается ниже $\alpha \approx 0,02$ (атомное отношение) при комнатной температуре, параметр решетки ГЦК α -Pd может увеличиваться с $3,889 \text{ \AA}$ до $3,895 \text{ \AA}$. Когда отношение H / Pd достигает $0,02$, появляется так называемая β -фаза с постоянной решетки около $4,025 \text{ \AA}$ и снова ГЦК-структура. Две фазы сосуществуют до отношения $H/Pd \beta_{SSmin} \approx 0,58$, при котором α -фаза полностью исчезает. Начальный объем структуры Pd увеличивается примерно на 10% , когда отношение H/Pd достигает примерно $0,5$. Это расширение может создавать чрезвычайно большие общие сжимающие напряжения, если деформации препятствует механическое ограничение, налагаемое на материал, например, в случае пленки, лежащей на толстой подложке. Если материал неограничен, он все еще может подвергаться значительным локальным изменениям напряжения, если преобразование не происходит однородно. Большое локальное или общее напряжение может вызвать серьезную локальную или глобальную пластическую деформацию, соответственно [38-43]. Впервые это было показано Wise et al. [44], что крупнозернистый Pd после подвергания циклу гидрирования/дегидрирования содержит большую плотность дислокаций, сравнимую с плотностью дислокаций тяжелого холоднокатаного Pd [44], [45]. Фланаган и соавт. Также сообщается, что пластическая деформация происходит как во время гидрирования, так и дегидрирования в Pd, что приводит к увеличению плотности дислокаций. Результаты просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) также показали, что после холодной обработки Pd дислокации

располагаются в клеточных стенках с небольшим количеством дислокаций внутри клеток, но когда дислокации создаются циклом гидрирования/дегидрирования, они распределяются более равномерно и трудно различить клеточную структуру [44], [46].

1.3 Влияние водорода на электронную проводимость палладия, легированного серебром

Система палладий-серебро-водород, по-видимому, наиболее интенсивно изучается среди систем металл-водородный сплав. Результаты эксперимента (см., Например, [47]) показали, что и серебро, и водород, введенные в палладиевую матрицу, действовали как доноры электронов. Более тонкие эксперименты (эффект де Гааза – ван Альфена [48]) и теоретические расчеты (см., Например, [49] и [50]) показали, что электронная структура была более сложной, чем та, которая была получена из модели жестких зон. Тем не менее, главное предположение о том, что добавки серебра или водорода сдвигают уровень Ферми в сторону более высоких энергий, и пустые 4d-состояния заполняются, если число валентных электронов превышает ок. 10,6 на атом металла было подтверждено. Это объясняет, почему многие физические свойства, связанные с плотностью состояний на уровне Ферми (например, магнитная восприимчивость, удельная теплоемкость электронов, электрическая проводимость, термоэлектрическая мощность) богатых серебром сплавов Pd / Ag и гидроида Pd, являются весьма отличается от такового для чистого

палладия, но они аналогичны, если сравнить стехиометрический PdH с Ag, оба металла с 11 валентными электронами на атом металла.

Система палладий-водородный сплав существует в виде двух фаз - α -фазы, твердого раствора водорода в палладии и β -фазы (гидрида). Они отличаются содержанием водорода, которое очень низкое (H / Pd до $\sim 0,03$ при комнатной температуре) в первом и высокое ($H / Pd \sim 0,6$ до 1) во втором. Таким образом, при 300 К. существует широкий интервал смешиваемости. Если добавить серебро в палладий, максимальная растворимость водорода в α -фазе увеличивается, а минимально возможная растворимость водорода в β -фазе уменьшается, что приводит к уменьшению разрыв смешиваемости. Ширина последнего зависит от температуры. При комнатной температуре он закрывается для содержания серебра, превышающего ок. 25 ат.%. Сплавы с более высоким содержанием серебра являются однофазными во всем диапазоне содержания водорода [51].

1.4 Десорбция атомов водорода термическим и индуцированным электрическим полем

В [52] сообщают, что хемосорбция водорода включает в себя металлические катализаторы для ускорения кинетики адсорбции/десорбции и настоятельно призывает к выяснению нового механизма для улучшения кинетики. В хемосорбции склеивающая среда полностью ковалентна. Они говорят, что сильные ковалентные связи C-H замедляют кинетику рекомбинации H_2 и может не быть большой проблемой при температуре,

равной 600 К, но, безусловно, может быть критической проблемой при комнатной температуре. Сканирование через структуру взаимодействия, очевидно, что конкурирующие притягательные и отталкивающие силы удерживают гидрированную одностенную углеродную нанотрубку стабильной. Дополнительная энергия, подаваемая во время термической десорбции, вызывает колебания атомов С и Н от их положения равновесия. Дополнительная энергия удерживается как кинетическая энергия, а потенциальная энергия будет одинаковой. Когда кинетическая энергия достигает величины энергии связи С-Н, то полная энергия обращается в нуль. В результате связь С-Н будет ломаться, что приведет к десорбции Н. Буквально мы должны обеспечить достаточную энергию, которая соответствует определенному колебательному режиму С-Н, например, вибрации растяжения С-Н, так что связи С-Н будут разрушаться и десорбируется водород. Тепловое возбуждение, по-видимому, требует много времени, поскольку путь включает продвижение связей С-Н через различные уровни колебательной энергии до тех пор, пока не разорвутся связи. Этот процесс связан с высокой температурой. Это повлияет на структурную устойчивость системы. Поэтому нужно искать альтернативный механизм десорбции Н.

Приложенное внешнее электрическое поле постепенно уменьшает силы связи между Н и С, и на одной стадии в области взаимодействия в основном преобладают чисто отталкивающие силы, которые приводят к десорбции атомов водорода из одностенных углеродных нанотрубок без какого-либо

повышения температуры. Это ключевой момент для нашего расследования. Этот механизм включает электронные энергетические состояния C-H. Согласно приближению Борна-Оппенгеймера, электроны движутся намного быстрее, чем ядра. В этих рамках можно считать, что электронные переходы намного быстрее, чем колебательные переходы. Применение электрического поля перераспределяет заряды в системе. С другой стороны, применение тепловой энергии связано с вибрацией атомов относительно их средних положений и, естественно, связано с движением ядер атомов. Поскольку электроны движутся быстрее, при применении электрического поля они перегруппированы и создается благоприятная среда для десорбции. Поэтому процесс, основанный на применении электрического поля, должен быть меньше времени (быстрее), чем последний. Кроме того, десорбция будет происходить при более низкой температуре по сравнению с полем с нулевым полем. Поэтому индуцированная электрическим полем десорбция атомов водорода должна проявлять более быструю кинетику, чем термосодержащая десорбция.

1.5 Влияние температуры на десорбцию водорода

Двумя основными методами стимуляции десорбции являются тепловая и электронная. Частицы, адсорбированные на поверхности, обладают определенной энергией связи с поверхностью, и скорость их десорбции определяется фактором Больцмана. Увеличение температуры поверхности приводит к росту скорости десорбции, а десорбированные частицы могут быть обнаружены при помощи масс-спектрометров. Изучение таких зависимостей

скорости десорбции может дать информацию об энергии связи адсорбата с поверхностью, а точнее об энергии десорбции (E_{des}) [53].

Для того чтобы покинуть поверхность адсорбированная частица (атом или молекула) должна обладать минимальной энергией которая выше активационного барьера, т.е. энергией десорбции E_{des} . В случае активационной хемосорбции энергия десорбции равна сумме энергии связи в хемосорбционном состоянии и энергии активации адсорбции:

$$E_{\text{des}} = E_{\text{ads}} + E_{\text{act}}, \quad (1.1)$$

где E_{des} – энергия десорбции; E_{ads} – энергия связи в хемосорбционном состоянии; E_{act} – энергия активации адсорбции.

Если хемосорбция безактивационная, энергия десорбции равна энергии связи в хемосорбционном состоянии:

$$E_{\text{des}} = E_{\text{ads}}. \quad (1.2)$$

Отметим, что в общем случае энергия десорбции зависит от покрытия адсорбата, что может приводить к выражениям для скорости десорбции значительно более сложным, чем уравнение Полани-Вигнера:

$$-\frac{dn}{dt} = kn^m = A \exp\left(-\frac{E_d}{RT}\right)n^m$$

где n – поверхностная концентрация адсорбированных молекул или степень заполнения поверхности, k – константа скорости десорбции, A – предэкспоненциальный множитель, E_d – энергия активации, R – универсальная

газовая постоянная, T – термодинамическая температура, m – порядок процесса [53].

Экспериментально установлено, что скорость выделения водорода изменяется в зависимости от температуры, но существуют температуры, при которых некоторые газы выходят на относительно максимальный уровень. Все адсорбированные атомы или молекулы занимают одинаковое положение и не взаимодействуют друг с другом, а скорость десорбции описывается следующим выражением:

$$r_d = -d\Theta / dt = k_n \Theta^n \exp(-E_d / k_B T) \quad (1.3)$$

где E_d – энергия активации десорбции, n – порядок кинетики десорбции, а k_n – константа скорости десорбции; k_B – постоянная Больцмана; T – температура поверхности. Уравнение (1) называется Полани-Вигнера.

В эксперименте нагрева применяется линейный рост температуры:

$$T(t) = T_0 + \beta t \quad (1.4)$$

где t – время, а β – скорость роста температуры.

Из уравнений (2.1) и (2.2) следует:

$$E_{des} = kT_{\max} \left(\ln \left(\frac{v_1 T_{\max}}{\beta} \right) - 3,64 \right) \quad (1.5)$$

где $\beta = \frac{dT}{dt}$ – скорость нагрева, чистота колебаний атомов $v_1 \sim 10^{13} \text{c}^{-1}$, $k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ Дж/К}$ – постоянная Больцмана [54].

Два метода (тепловая и электронная) используются для десорбции водорода. По сути, процесс десорбции водорода производится с помощью

нагрева. Но, при пропускании тока через образец наблюдается, что интенсивности выхода H_2 , DH , D_2 и температуры меньше чем при тепловой стимуляции десорбции. Значит потребное время достиги максимальной интенсивности десорбции меньше. Энергией десорбции E_d - это энергия, которая адсорбированные частицы должны преодолеть активационный барьер для десорбции.

Вывод

Хотя Pd имеет большой потенциал в качестве катализатора для распространения и хранения водорода, некоторые проблемы, связанные с чистым Pd, включают в себя его ограниченные запасы, значительные расходы, плохую гравиметрическую емкость, водородное охрупчивание и чрезмерную прочность адсорбции водорода. Большой прогресс был достигнут в решении этих проблем путем легирования Pd экономичными металлами, синтеза наноматериалов на основе Pd, увеличения решетки и использования соответствующих вспомогательных материалов. Как только эти проблемы будут решены, использование наноматериалов на основе Pd для эффективного распространения водорода станет намного ближе к практическому применению в содействии хранению водорода на борту в автомобильных топливных элементах. С другой стороны, разработка современных физических запоминающих устройств и химических компонентов с низким весом, объемом и стоимостью системы, высокой эффективностью, длительным сроком службы и быстрой кинетикой зарядки/разрядки обеспечит альтернативные подходы к

устранению технических барьеров на пути хранения водорода. Дальнейшие фундаментальные исследования потребуются для полного выяснения взаимодействий между водородом с различными другими материалами и того, как он реагирует в различных условиях, в качестве предпосылок для успешного перехода к водородной экономике.

Глава 2. Объект и методы исследования

2.1 Объект исследования

Объектом исследования является: сплав палладия с серебром марки ПД-400 (включает 60% палладия, 40% серебра). Образцы изготавливались размером $35 \times 10 \times 0.3$ мм³. Поверхность образцов до насыщения водородом механически шлифовали и полировали, после чего отжигали в вакууме ($\sim 10^{-6}$ торр) при температуре ~ 500 °С в течение одного часа.

2.2. Насыщение водородом электролитическим методом

Растворение обусловлено следующими процессами:

- 1) диффузией, связанной с наличием градиента концентрации водорода;
- 2) дрейфом водорода под действием приложенного электрического поля;
- 3) абсорбцией ионов водорода адсорбируются на катод;
- 4) входом ионов водорода в катод и получением электронов [54].

Наличие процесса разряда ионов водорода представляет собой необходимое условие наводороживания палладии в водных средах. И движущая сила растворения является внешним или внутренним напряжением, и растворение водорода приводит к хрупкому разрушению и появлению трещин.

Установка для насыщения водородом состоит из катода (палладий), анод (проводник), и электролитической ячейки (рисунок 2.2). Электролит является 1М D₂SO₄. Образец выступает в качестве катода, под действием электрического поля ионы водорода движутся к катоду и «растворяют» в нём.

Насыщение образцов производилось электролитическим методом в течение 20 мин при плотности тока насыщения $j=40\text{мА/см}^{-2}$ в 1М электролитическом растворе D_2SO_4 .

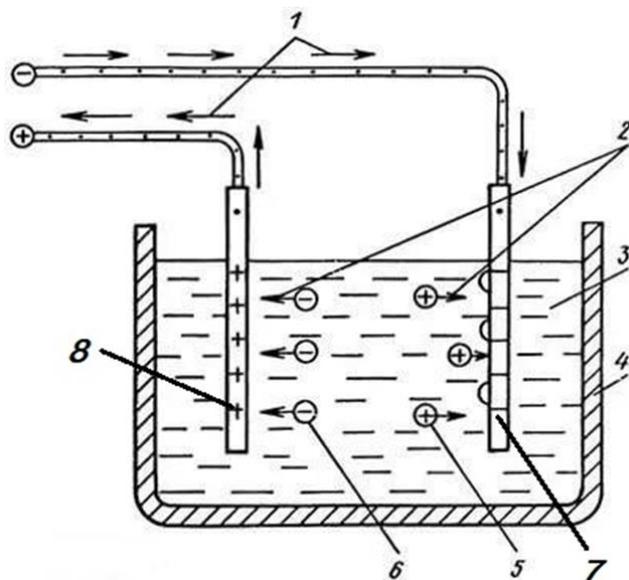


Рисунок 2.2 – Функциональная схема установки для исследования насыщение водородом: 1 – направление электронов; 2 – направление движущегося ионов; 3 – электролит (D_2SO_4); 4 – корпус; 5 – положительные ионы (ионы водорода); 6 – отрицательные ионы; 7 – катод (палладий); 8 – анод [54]

2.3. Установка для исследования процесса выхода изотопов водорода

Установка (рисунок 2.3) для исследования процесса термостимулированного выхода водорода включает в себе вакуумную систему, устройство нагрева и систему регистрации параметров для вычисления растворенных и адсорбированных атомов и молекул. Для достижения предельного давления, равного 10^{-6} Па, высоковакуумная система состоит из двух насосов для получения низкого давления: форвакуумный насос 9 (ISP-500

С), турбомолекулярный насос 4 (НВТ 100 ФО). Давление камеры измеряется вакуумметрами Stabil-Ion и ВИТ-2 фирмы Granville-Philips.

В установке, выбор масс-спектрометров зависит от поставленной задачи, можно использовать один из двух масс-спектрометров: либо монопольный масс-спектрометр произведено в Украине (МХ-7304), либо квадрупольный масс-спектрометров производство США, анализатор остаточных атмосферных газов Turmoil.

Исследование газовыделения происходит в условиях линейного нагрева. Нагрев осуществляется за счет внешнего нагревателя, изготовленного из нихромовой проволоки намотанный на кварцевую трубку, надетый на камеру 12, (нагрев до температуры ~ 1000 °С).

В камере 7 рисунок 2.3 на отдельных фланцах могут размещаться (по очереди, в зависимости от задачи) либо охлаждаемый до азотных температур держатель образца (8, рисунок 2.3), либо ячейка для изучения проницаемости водорода через металлические мембраны.

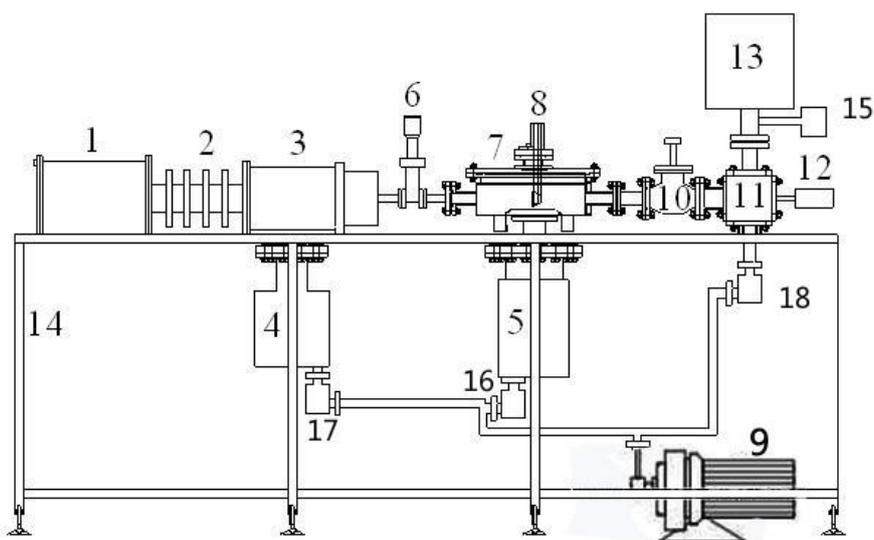


Рисунок 2.3 – Схема вакуумной части установки для исследования термо-и радиационно- стимулированного газовыделения: 1 – блок питания электронной пушки; 2 – изолятор электронной пушки; 3 – фокусирующая система электронной пушки; 4–турбомолекулярный насос (НВТ 100 ФО); 5 – гибридный турбомолекулярный насос (АТН 300); 6 – высоковакуумный затвор; 7 – камера; 8 – ячейка для электронного и рентгеновского облучения образцов; 9 – форвакуумный насос (ISP-250 С); 10 – высоковакуумный вентиль; 11 – камера внутреннего нагрева образца; 12 – камера внешнего нагрева образца; 13 – масс-спектрометр; 14– цельносварная станина. 15 – вакуумметр, 16–вентиль , 17–вентиль , 18–вентиль [55].

Эта установка является системой автоматизации. Компьютерная программа Project служит для регистрации элементарного процесса автоматически и концентрирует производить линейный нагрев образцов от 20 до 1000 °С (и от 20 до 2000 °С) с заданной скоростью от 0,1 до 5 °С/с., и одновременно, термопар фиксировать скоростью температуру и данные газовыделении с помощью масс-спектрометра.

На рисунке 2.4 представлена функциональная схема установки для исследования термо-стимулированного газовыделения.

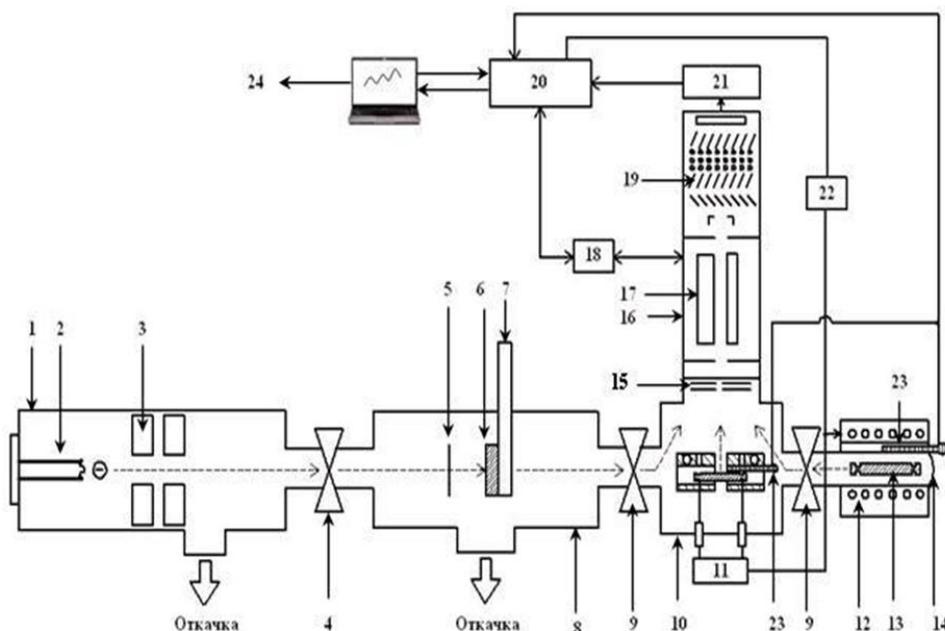


Рисунок 2.4 Функциональная схема установки для исследования термо- и

радиационно- стимулированного газовыделения: 1 – электронная пушка; 2 – питание катода электронной пушки; 3 – электромагнитная линза; 4 – шиббер; 5 – флажок (вольфрамовая фольга для измерения тока электронов); 6 – образец для радиационно-стимулированных исследований; 7 – устройство охлаждения образца; 8 – высоковакуумная камера; 9 – высоковакуумные вентили; 10 – внутренний вакуумный нагреватель (2000 °С и выше); 11 – блок нагрева для 10; 12 – внешний нагреватель; 13 – исследуемый образец; 14 – ячейка для исследуемого образца 13; 15 –17 – квадрупольный масс-анализатор; 18 – блок управления масс-спектрометром; 19 – детектор масс-спектрометра (ВЭУ); 20 – система автоматического нагрева; 21 – усилитель сигнала с ВЭУ; 22 – блок внешнего нагрева; 23 – термодпары; 24 – компьютер [55].

2.4. Способы теплового воздействия.

2.4.1 Радиационный (косвенным) нагрев

По сравнению с конвекционным и обычным нагревом излучение является мощным и эффективным методом нагрева. Фактически, излучение не обязательно должно находиться в непосредственном контакте с поверхностью объекта, а также не должно нагревать объект через какую-либо среду, например воздух. Излучение - это нагревательный элемент, который реализуется путем высвобождения электромагнитного излучения для проведения энергии. На эффективность нагрева влияют температура нагревательного элемента, способность нагретого тела поглощать излучаемое тепло, форма, положение и расстояние между нагретым телом и источником тепловой энергии.

Применение этой технологии может принести огромные преимущества:

- быстрый процесс нагрева;
- энергосбережение и меньше тепла в окружающей среде;
- Управление радиатором простое;

- Отсутствие прямого контакта с материалами и отсутствие загрязнения окружающей среды;
- Инфракрасные кварцевые нагревательные модули и печи меньше по размеру и размеру, чем обычное оборудование для нагрева горячим воздухом [56].

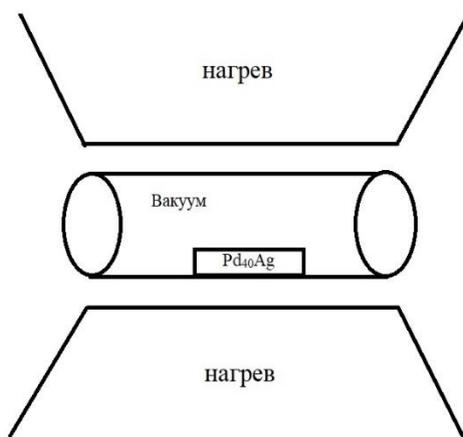


Рисунок 2.5 – Радиационный (косвенного) нагрева

На рис. 2.5 представлены нагрев образца производится в высоковакуумной ячейку с внешним нагревателем. Исследование термостимулированного газовыделения при линейном нагреве проводилось с помощью внешнего нагрева вакуумной камеры (рис. 2.3 нагреватель 12), (нагрев до температуры ~1000 °C). Температура образца измерялась хромель-алюмелевой термопарой. Установка управляется компьютерной программой Project, которая производит линейный нагрев образцов со скоростью 1 °C/с от 20 до 1000 °C со скоростью от 0,1 до 5 °C/с., и одновременно получать данные с термопары и масс-спектрометра.

2.4.2 Радиационный нагрев с внешним электрическим полем

Нагрев образца производится также как и в главе 2.4.1 в высоковакуумной ячейку с внешним нагревателем (рис. 2.6), а внешнее электрическое поле создается за счет электромагнитной катушки напряженность $E = 5 \text{ В/см}$. Исследование линейного нагрева, $1 \text{ }^\circ\text{C/с}$ от 20 до $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ со скоростью от $0,1$ до $5 \text{ }^\circ\text{C/с.}$, проводилось с помощью внешнего нагрева вакуумной камеры (рис. 2.3 нагреватель 12), (нагрев до температуры $\sim 1000 \text{ }^\circ\text{C}$).

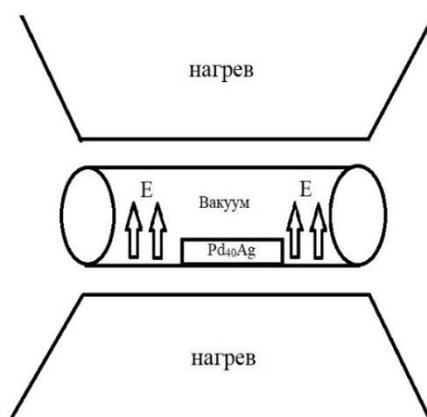


Рисунок 2.6 – Радиационный нагрева с внешним электрическое поле $E=5 \text{ В/см}$

2.4.3 Нагрев джоулевым теплом

Джоулево тепло – это процесс, который генерирует тепло, когда проводится электрический ток через проводник. Нагрев металлавнутренним теплом, генерируемым внутри самого металла при пропускании через него электрического тока. Электрический нагрев распространен как в

промышленной, так, и в лабораторной практике, где стоимость энергии не играет большой роли [57]. Данный метод нагрева реализован в камере 7 (рис. 2.3) на держателе (8) для облучения образцов с одновременным нагревом.

На рис. 2.7 представлена схема нагрева образцов электрическим током.

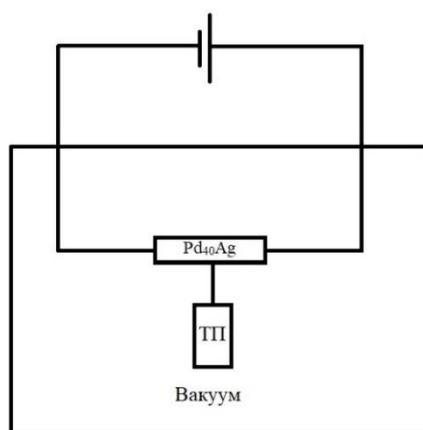


Рисунок 2.7 – Нагрев джоулевым теплом

Вывод

В данной главе представлен комплекс экспериментальных установок для исследования, который использовался для исследования экспериментальных образцов. Представлена функциональная схема электролитической установки для насыщения образцов водородом и приведена установка для исследования процесса термостимулированного выхода водород. В разделе 2.4 приведены схемы нагрева образцов тремя разными способами нагрева: радиационный (косвенный), радиационный с внешним электрическим полем и джоулевым теплом.

Глава 3 Влияние электрического поля на десорбцию водорода из сплава палладий серебро

3.1 Сплав палладия с серебром

На рис. 3.1 представлен выхода водорода из сплава Pd40Ag в случае термического линейного нагрева со скоростью 1 град/с. Первый пик означает десорбцию водорода из палладия, а второй пик означает десорбцию водорода из серебра. Также показана, что энергия активации десорбции водорода различны $E_{d1Pd}=0,85\text{эВ}$; $E_{d2Ag}=1,01\text{эВ}$. Энергию активации десорбции рассчитали по формуле (1.5). Из зависимости также видно, что наибольшее количество водорода накапливается в палладие, а не серебре, об этом свидетельствуют площади под графиком (значения интегрального выхода водорода не приводятся).

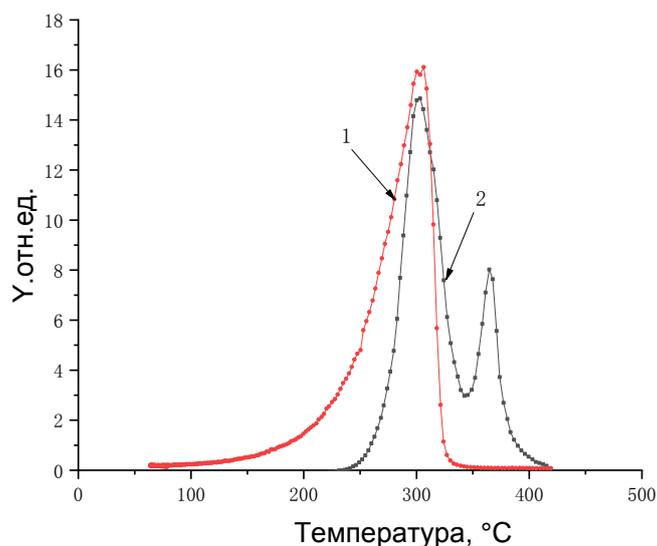


Рис 3.1 - Спектр выхода водорода из палладия: 1 - Pd, 2 – PdAg

3.2 Влияние радиационного нагрева на выход изотопов водорода из сплава палладия с серебром

На рис. 3.2-3.4 представлены зависимости интенсивности изотопов водорода от температуры при разных скоростях нагрева. Наблюдается, что если повышаем скорость нагрева, то приводит к сдвигу температурного максимума изотопов водорода в область повышенных температур. Первый пик, как было показано в 3.1, характерен для десорбированного водорода из палладия, а второй пик из серебра, аналогичное поведение и у дейтерия. Данные температурных максимумов приведены в таб. 3.1. Разные значения интенсивностей изотопов водорода в сплаве палладия с серебром говорят о том, что в исследуемых образцах содержится разная концентрация водорода. Содержание водорода в образцах не является объектом исследования, а следовательно в дальнейшем это данные обсуждаться не будет.

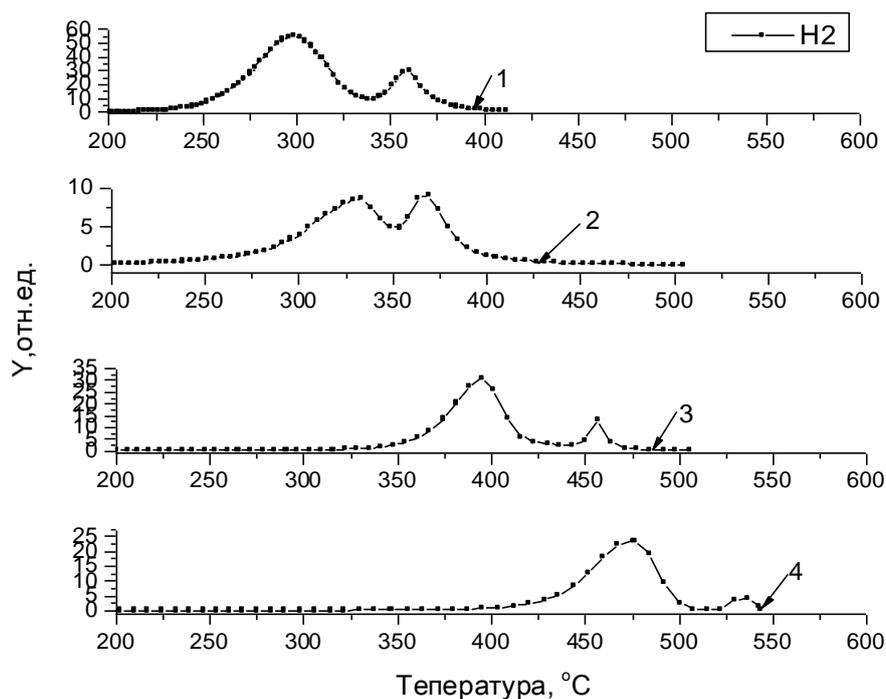


Рис 3.2 – Зависимость интенсивности выхода H_2 от температуры при различных скоростях нагрева: 1 - 1 град/с; 2 – 1,6 град/с; 3 – 2,3 град/с; 4 – 2,9 град/с

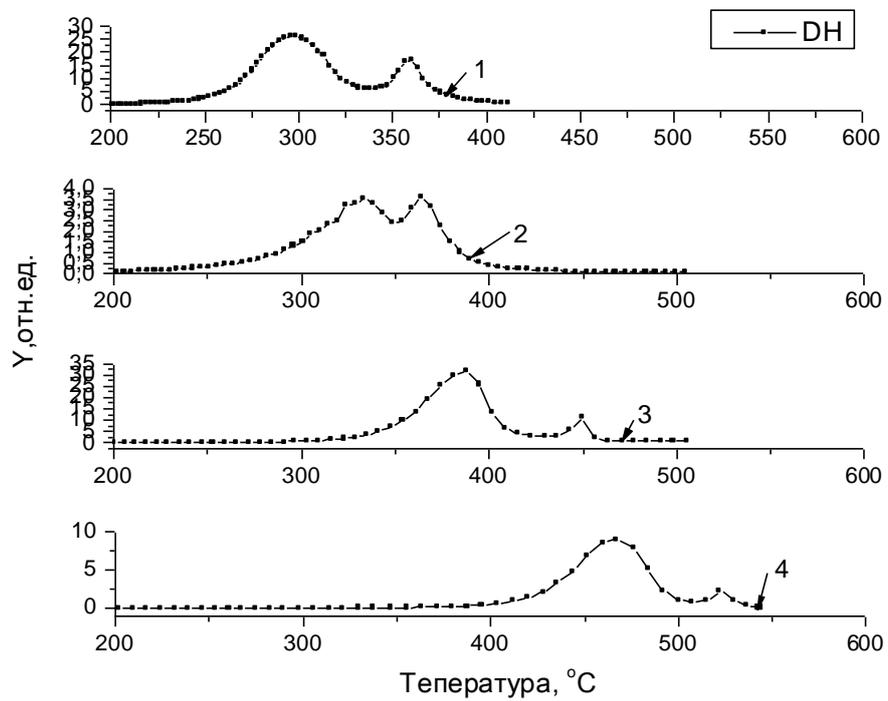


Рис 3.3 - Зависимость интенсивности выхода ДН от температуры при различных скоростях нагрева: 1 - 1 град/с; 2 – 1,6 град/с; 3 – 2,3 град/с; 4 – 2,9 град/с

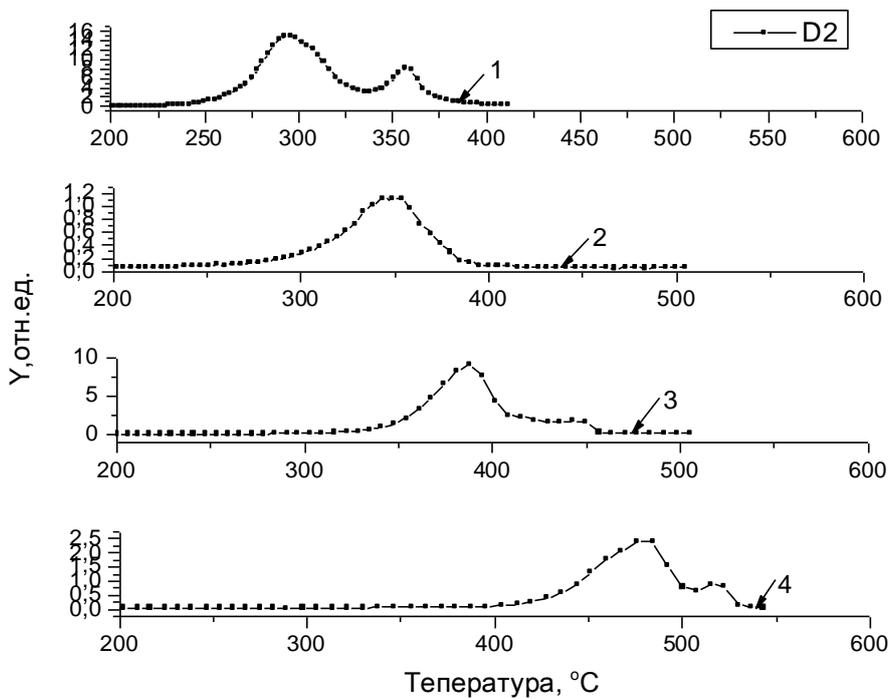


Рис 3.4 - Зависимость интенсивности выхода D_2 от температуры при различных скоростях нагрева: 1 – 1 град/с; 2 – 1,6 град/с; 3 – 2,3 град/с; 4 – 2,9 град/с

Таблица 3.1 Значение T_{max} изотопов водорода из сплава Pd₄₀Ag

Скорость нагрева β , °C/с	H ₂		DH		D ₂	
	T_{maxPd} , °C	T_{maxAg} , °C	T_{maxPd} , °C	T_{maxAg} , °C	T_{maxPd} , °C	T_{maxAg} , °C
1	299	355	296	360	296	357
1,6	334	362	334	363	334	364
2,3	395	467	388	450	387	465
2,9	476	530	467	523	477	525

3.3 Влияние радиационного нагрева с внешним электрическим полем на выход изотопов водорода из сплава палладия с серебром

На рис. 3.5–3.7 представлены зависимости интенсивности изотопов водорода от температуры при разных скоростях нагрева, но уже с учетом внешнего электрического поля. Из зависимостей видно, что повышение скорость нагрева приводит к сдвигу температурного максимума изотопов водорода в область повышенных температур, данные температурных максимумов приведены в таб. 3.2. Сравнивая графики зависимостей из раздела 3.2 наблюдается незначительное уширение температурных зависимостей. Такое уширение может быть связано с энергией связи (энергия активации десорбции) и диффузией. Чем больше энергия активации десорбции, тем пик уже, т.е. при наличии внешнего электрического поля уменьшается энергия активации

десорбции. Это приводит к тому, что происходит десорбция изотопов водорода при низких температурах по сравнению с радиационным нагревом.

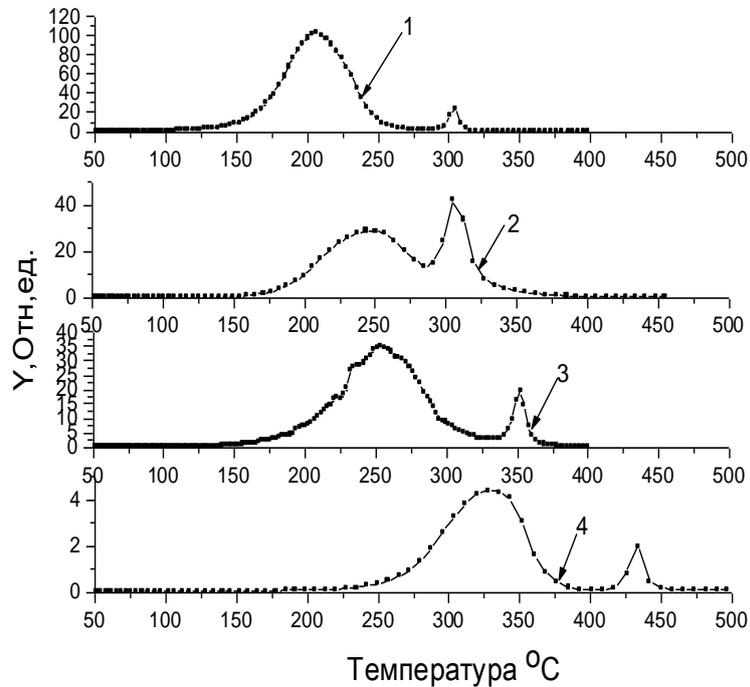


Рис 3.5 - Зависимость интенсивности выхода H_2 от температуры при различных скоростях нагрева: 1 - 1 град/с; 2 - 1,6 град/с; 3 - 2,3 град/с; 4 - 2,9 град/с

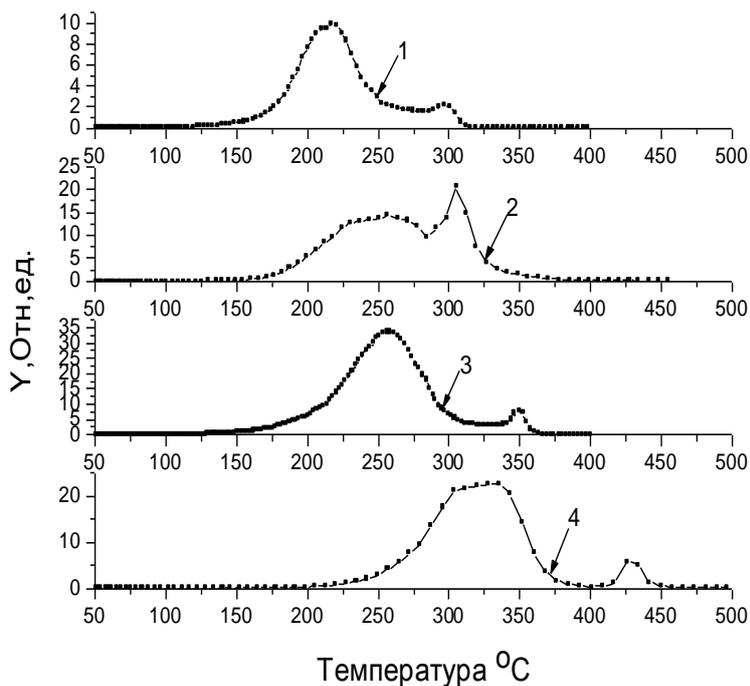


Рис 3.6 – Зависимость интенсивности выхода D_2 от температуры при различных скоростях нагрева: 1 - 1 град/с; 2 – 1,6 град/с; 3 – 2,3 град/с; 4 – 2,9 град/с

Таблица 3.2 «Значение T_{max} изотопов водорода из сплава Pd₄₀Ag»

Скорость нагрева β , °C/с	H_2		D_2	
	T_{maxPd} , °C	T_{maxAg} , °C	T_{maxPd} , °C	T_{maxAg} , °C
1	207	305	218	297
1,6	244	306	257	305
2,3	254	353	260	350
2,9	327	433	336	426

3.4 Влияние джоулева тепла на выход изотопов водорода из сплава палладия с серебром

На рис. 3.7–3.9 представлена зависимость интенсивности изотопов водорода, от температуры при разных скоростях нагрева, полученные после нагрева джоулевым теплом.

Наблюдается еще большее уширение пика по сравнению с данными из раздела 3.3. Такое уширение связано с тем, что насыщенный водородом образец подключался, непосредственно к токовводам, в результате нагревания наблюдался градиент температур. Наличие неравномерного нагрева привело к неравновесному выходу изотопов водорода из образца, в следствие чего и наблюдаются широкие пики. В случае положения температурных максимумов, как видно из таб. 3.3, наблюдается еще больший сдвиг в область пониженных

температур на (150-200) °С, по сравнению с данными представленными в разделе 3.2.

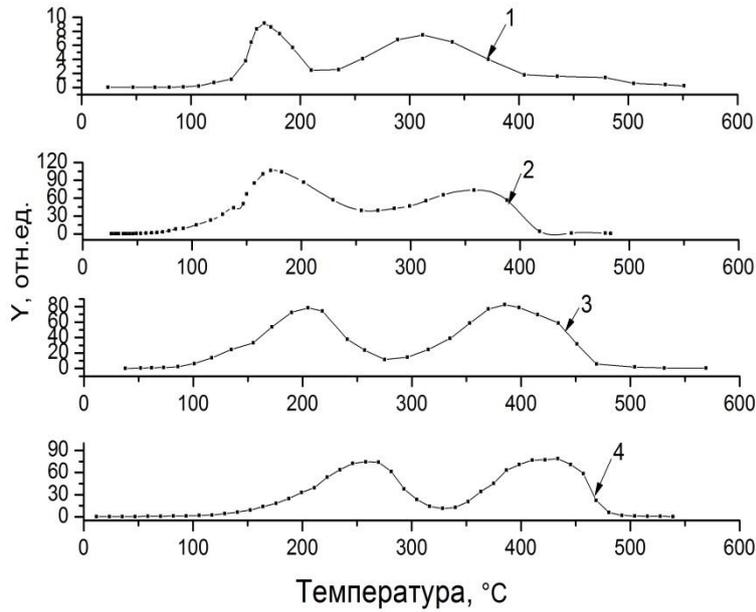


Рис 3.8 - Зависимость интенсивности выхода H_2 от температуры при различных скоростях нагрева: 1 - 1 град/с; 2 - 1,4 град/с; 3 - 2,4 град/с; 4 - 3,4 град/с

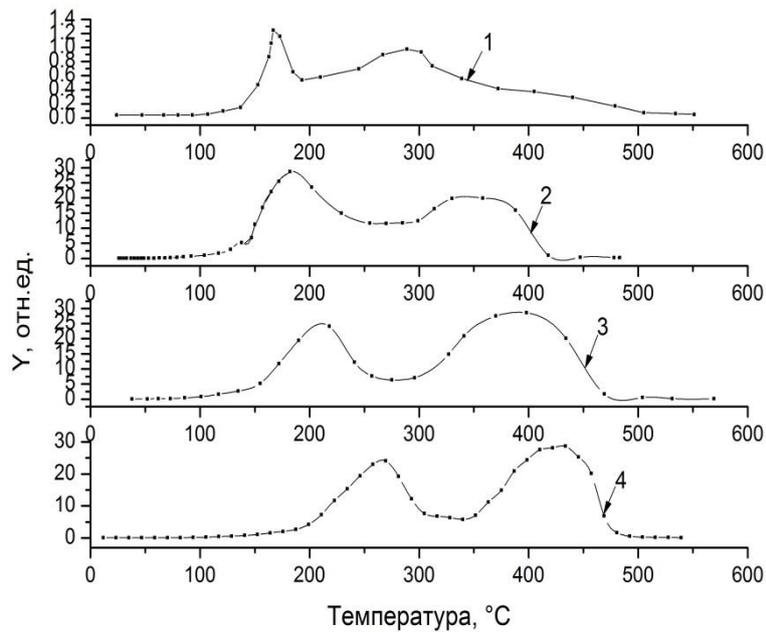


Рис 3.9 - Зависимость интенсивности выхода H_2 от температуры при различных скоростях нагрева: 1 - 1 град/с; 2 - 1,4 град/с; 3 - 2,4 град/с; 4 - 3,4 град/с

Таблица 3.3 «Значение T_{max} изотопов водорода из сплава Pd₄₀Ag»

Скорость нагрева β , °C/c	H ₂		D ₂	
	T_{maxPd} , °C	T_{maxAg} , °C	T_{maxPd} , °C	T_{maxAg} , °C
1	167	312	169	289
1,4	172	258	183	330
2,4	219	399	219	399
3,4	265	432	275	432

Вывод

На основании проделанной работы можно сделать следующие выводы:

– у всех графиков зависимости независимо от скорости и способа нагрева наблюдаются два пика, низкотемпературный характерен для палладия, а высокотемпературный для серебра;

– повышение скорости (независимо от способа) нагрева сплава палладия с серебром приводит к сдвигу температурного максимума изотопов водорода в область повышенных температур, как у палладия, так и серебра;

– если нагрев образца сплава палладия с серебром производится в условия с внешним электрическим полем напряженность $E=5\text{В/см}$, то

наблюдается температурные сдвиг в область низких температур на (100-150) °С, а в случае нагрева прямым пропускание электрического тока сдвиг составляет (130-170) °С, относительно косвенного нагрева.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Организация и планирование работ

В процессе организации реализации конкретных проектов необходимо разумно планировать ситуацию с занятостью участников и рабочее время каждого человека. В следующей таблице 4.1 перечислены люди и имена, вовлеченные в работу.

Таблица 4.1 Участники проекта

№ раб.	Исполнители	Имя
1	Научный руководитель (НР)	Сыпченко Владимир Сергеевич
2	Исполнитель (И)	Лю Юйчэнь

При проведении исследований в выпускной работе необходимо строить рабочие группы для того, что достигнуть и выполнить конкретную цель. Для разных видов работ установите соответствующую должность исполнителя.

Таблица 4.2 Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Составление и утверждение ТЗ	НР	НР – 100%
Выбор направления исследований	НР, И	НР – 35% И – 100%
Разработать экспериментальный план	НР, И	НР – 100%

и график		И – 10%
Обсуждение литературы	НР, И	НР – 30% И– 100%
Выбор структурной схемы устройства	НР, И	НР – 100% И – 65%
Выбор принципиальной схемы устройства	НР, И	НР – 100% И – 90%
Насыщение образцов водородом электролитическим методом	НР, И	НР – 100% И – 80%
Экспериментальный анализ данных	НР, И	НР – 20% И – 80%
Оформление расчетно-пояснительной записки	НР, И	НР – 40% И – 80%
Оформление графического материала	НР, И	НР – 80% И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И– 100%

4.1.1 Продолжительность этапов работ

Существует два способа расчета продолжительности этапа работы.

Первый метод – это технология и экономика: этот метод применим к полностью разработанной нормативно-правовой базе для трудоемкости процесса планирования, что, в свою очередь, обусловлено их высокой воспроизводимостью в стабильной среде. Поскольку подрядчики часто не имеют соответствующих стандартов, мы отказываемся от использования этого метода.

Второй метод - опытно-статистический метод, который может быть реализован двумя способами: 1) аналоговый, 2) экспертный. Аналоговый метод возможен только при наличии устаревшего симулятора в поле зрения исполнителя. В большинстве случаев его можно применять только локально - для отдельных элементов (этап работы). Так что выбирайте экспертный метод для оценки. Экспертные методы пригодны для использования при отсутствии информационных ресурсов, а эксперты в конкретных предметных областях проводят необходимые количественные оценки на основе своего профессионального опыта.

Рассчитайте время, необходимое для каждого шага работы, по следующей формуле:

$$t_{ож} = \frac{t_{min} + 4t_{prob} + t_{max}}{6} \quad (4.1)$$

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.; t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.; t_{prob} – наиболее вероятная продолжительность работы, дн.

$$T_{рд} = \frac{t_{ож}}{K_{вн}} \cdot K_{д} \quad (4.2)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.; $K_{вн}$ – коэффициент выполнения работ, $K_{вн} = 1,2$; $K_{д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ, $K_{д} = 1,1$

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{кд} = T_{рд} \cdot T_{к} \quad (4.3)$$

где $T_{\text{КД}}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях; $T_{\text{К}}$ – коэффициент календарности, решение по формуле:

$$T_{\text{К}} = \frac{T_{\text{КАЛ}}}{T_{\text{КАЛ}} - T_{\text{ВД}} - T_{\text{ПД}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22 \quad (4.4)$$

где $T_{\text{КАЛ}}$ – календарные дни ($T_{\text{КАЛ}} = 365$); $T_{\text{ВД}}$ – выходные дни по кадровым вопросам. Вопросы применения ст. 111 ТК РФ, ($T_{\text{ВД}} = 52$); $T_{\text{ПД}}$ – праздничные дни по кадровым вопросам. Вопросы применения ст. 112 ТК РФ, ($T_{\text{ПД}} = 14$).

Таблицы 4.3 Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
		t_{min}	t_{max}	$t_{\text{ож}}$	$T_{\text{РД}}$		$T_{\text{КД}}$	
					НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка целей и задач	НР	3	4	3.4	3.116	-	3.802	-
Составление и утверждение ТЗ	НР	2	3	2.4	2.2	-	2.684	-
Выбор направления исследований	НР, И	7	10	8.2	2.255	7.516	2.751	9.170
Разработать экспериментальный план и график	НР, И	2	4	2.8	2.566	0.256	3.131	0.313
Обсуждение литературы	НР, И	3	6	4.2	1.155	3.85	1.409 1	4.697
Выбор структурной	НР, И	7	14	9.8	8.983	4.491	10.95 9	5.479

схемы устройства								
Выбор принципиальной схемы устройства	НР, И	4	10	6.4	5.866	4.693	7.157	5.725
Насыщение образцов водородом электролитическим методом	НР,И	30	45	36	32.85	26.28	40.08	32.06
Экспериментальный анализ данных	НР, И	15	20	17	3.116	12.46	3.802	15.209
Оформление расчетно-пояснительной записки	НР, И	5	6	5.4	1.98	3.96	2.4156	4.8312
Оформление графического материала	НР, И	10	15	12	11	8.8	13.42	10.736
Подведение итогов	НР, И	4	6	4.8	2.64	4.4	3.2208	5.368
Итого:				112.4	77.73	76.71	94.83	93.59

Этап	НР	И	Март			Апрель			Май			Июнь		
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
1	3.802	-	■											
2	2.684	-	■											
3	2.751	9.170		■										
4	3.131	0.313		■										
5	1.41	4.697			■									
6	10.96	5.479			■									
7	7.157	5.725				■								
8	40.08	32.06					■	■	■	■				
9	3.802	15.21									■			
10	2.415	4.831										■		
11	13.42	10.73											■	
12	3.221	5.368												■

НР - ■; И - ■

4.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

Стоимость создания проекта включает в себя все затраты, необходимые для реализации каждой из задач, которые составляют эту разработку. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат: материалы и покупные изделия; заработная плата; социальный налог; расходы на электроэнергию (без освещения); амортизационные отчисления; командировочные расходы; оплата услуг связи.

4.2.1 Расчет затрат на материалы

Во-первых, расходы включают материальные затраты, приобретенные продукты, полуфабрикаты и другие материальные ценности, которые непосредственно потребляются при работе объекта проектирования. Для покупки большого количества предметов, например цены листа сплава палладия с серебром марки ПД-400, мы используем метод взвешивания. Цена за единицу товара принимается за среднюю рыночную цену. Хотя цена на оптовую торговлю будет намного ниже, чем средняя рыночная цена, мало влияет на небольшое количество протестированных образцов.

Таблицы 4.4 Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Единица измерения	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Сплав палладия с серебром марки ПД-400	мм ³	8000	1	8000
Спирт	мл	200	1	200
Наждчная бумага (А4)	штук	60	20	1200
Транспортно-заготовительные расходы (10-20%)				800
Итого:				10200

4.2.2 Расчет заработной платы

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \frac{МО}{\frac{298}{12}} = \frac{МО}{24,83}$$

Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов:

$$К_{\text{ПР}} = 1,1; К_{\text{доп.ЗП}} = 1,188; К_{\text{р}} = 1,3.$$

Поэтому необходимо добавить тарифы к базовой зарплате и оценить соответствующий коэффициент. Формула для расчета коэффициента выглядит следующим образом

$$К_{\text{и}} = К_{\text{ПР}} * К_{\text{доп.ЗП}} * К_{\text{р}} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699.$$

Таблицы 4.5 Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	33 664	1343	77,73	1,699	95640,54
И	15 470	617	76,71	1,620	10415,58
Итого:					106056,12

4.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту.

$$С_{\text{соц.}} = С_{\text{зп}} * 0,3 = 106056,12 * 0,3 = 31816,84 \text{ руб.}$$

4.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Рассчитайте счет за электроэнергию, необходимый для теста. Вам нужно знать местную цену на электроэнергию, мощность устройства и сколько времени использовать, рассчитываемые по формуле:

$$\text{Сэл. об.} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot C_{\text{э}}$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность кВт; $t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час. $C_{\text{э}}$ – цена на 1 кВт·час; $C_{\text{э}} = 5,748$ руб./кВт.час (в ТПУ).

Поскольку спектральные данные были записаны, экспериментальное оборудование работало 24 часа, и данные были получены в режиме реального времени с помощью удаленного компьютера. Поскольку экспериментальный метод имеет излучение частиц высокой энергии, он минимизирует контакт между людьми и оборудованием. Эта операция приведет к тому, что рабочее время экспериментального оборудования будет больше рабочего времени человека.

В таких случаях $t_{\text{об}}$ определяется путем прямого учета, особенно если использование соответствующего оборудования ограничено.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном.}} * K_{\text{с}}$$

где $P_{\text{ном.}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт; $K_{\text{с}} = 1$ (оборудование малой мощности).

Результаты расчета стоимости электроэнергии следующие таблице

Таблице 4.6 Расчета стоимости электроэнергии

№ п/п	Наименование оборудования	Время работы $t_{\text{об}}$ (ч)	Потребляемая Мощность $P_{\text{об}}$ (кВт)	Цена единицы оборудования, $C_{\text{э}}$ (кВт/ч);	Затраты на электроэнергию, руб.
1.	установка насыщения	864	0,09		447,0

	водорода электрическим				
2.	турбомоле кулярный насос (НВТ 100 ФО)	864	0,07		347,6
3.	гибридный турбомолекуляр ный насос (АТН 300)	864	0,07	5,748	347,6
4.	форвакуумный насос (ISP-250 С)	864	0,40		1986,5
5.	масс- спектрометр	840	0,09		434,5
6.	Компьютер	600	0,2		689,8
	Итого	4896	0,92		4253

4.2.5 Расчет амортизационных расходов

В учете затрат учитывается не только счет за электроэнергию оборудования, но и амортизация оборудования. Используется формула.

$$C_{AM} = \frac{N_A * Ц_{OB} * t_{pф} * n}{F_D}$$

где N_A – годовая норма амортизации; ($N_A=12,5\%$ по приложению 1, для ПК $N_A=40\%$), $Ц_{OB}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования. ($301*24=7224$ ч), $t_{pф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, задается исполнителем проекта; n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Результаты расчета амортизации в таблице 4.7

Таблицы 4.7 Расчета амортизации

№ п/п	Наименование оборудования	Количество (n).	Цена единицы оборудования, руб (Ц _{об})	Общая стоимость оборудования, руб.	Время работы, трф (ч)	Амортизация руб
1.	установка насыщения водорода электрическим	1	2000	2000	864	29,9
2.	турбомолекулярный насос (НВТ 100 ФО)	1	43000	43000	864	643
3.	гибридный турбомолекулярный насос (АТН 300)	1	58000	58000	864	867
4.	форвакуумный насос (ISP-250 С)	1	10000	10000	864	149,5
5.	масс-спектрометр	1	50000	50000	840	72,7
6.	Компьютер	1	20000	20000	600	221,3
	Итого			183000		1983,4

4.2.6 Расчет прочих расходов

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}}) \cdot 0,1 = 15430,9 \text{ руб}$$

4.2.7 Стоимость всего проекта

Консолидировать и суммировать расходы по вышеуказанным разделам. Все затраты на этот эксперимент представлены в таблице 4.8 ниже.

Таблицы 4.8 Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	10200
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	106056,12
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	31816,84
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	4253
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	1983,4
прочих расход	$C_{\text{проч.}}$	15430,9
Итого:		169740,3

4.2.8 Экономическая эффективность исследования

Этот эксперимент не имеет промышленного значения, предназначен только для получения закономерностей влияния электрического поля и скорости нагрева на десорбцию водорода из сплава палладий серебро. Следовательно, оценка его экономический эффект – невозможна.

Глава 5. Социальная ответственность

Введение

Исследование влияния электрического поля и скорости нагрева на десорбцию водорода из сплава палладия с серебром предполагает проведение работ на различных установках. Проводится насыщение образцов сплава в установке для насыщения водородом электролитическим методом; Проводятся исследования выхода водорода из образцов сплава методом термостимулированной десорбции тремя способами нагрева: радиационный (косвенным), радиационный с внешним электрическим полем, джоулево тепло. Это зависит от напряжённости электрического поля и скорости нагрева.

Основой работы является получение закономерностей влияния электрического поля и скорости нагрева на десорбцию водорода из сплава палладий серебро. Таким образом, особенно важным при проведении данного исследования является исследование установки для исследования процесса термостимулированного выхода водорода. Анализ и обработка результатов, построение диаграмм происходят с помощью ПК.

Актуальности: это необходимо исследовать его социальная ответственность. В разделе «социальная ответственность» рассмотрим все перечисленные вопросы. А также экологическую безопасность, типичную ЧС и меры, которые применяют при ее возникновении.

5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

5.1.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства.

Нормы трудового права – это правила трудовых отношений, установленные или санкционированные государством посредством законодательных актов.

Нормы трудового права регулируют любые отношения, связанные с использованием личного труда.

- Формы их реализации разнообразны:
- собственно, трудовые отношения;
- организация труда и управление им;
- трудоустройство работников;
- социальное партнерство, коллективные отношения;
- содействие занятости безработных лиц;
- организация профессиональной подготовки и повышения квалификации;
- обеспечение мер по охране труда граждан;
- осуществление контроля и надзора за соблюдением законодательства;
- социальная и правовая защита работников, решение трудовых споров;
- деятельность профессиональных союзов;
- отношения взаимной материальной ответственности работника и работодателя;
- защита прав и интересов работодателей.

Требования по охране труда и обязательная аттестация рабочих мест регламентируются гл. 34 ТК РФ.

5.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

К работе на установке для исследования термостимулированного газовыделения допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющие медицинские противопоказания, прошедшие обучение безопасности труда и инструктаж на рабочем месте.

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

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

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

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

Документы по воздействию ПЭВМ:

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

Микроклимат:

1. ГОСТ 12.1.005 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;
2. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

Шум:

1. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.
2. СНиП П-12-77. Защита от шума.

5.2. Производственная безопасность.

5.2.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 опасные и вредные факторы по их воздействию на организм можно разделить на следующие группы:

- физические;
- химические;
- психофизиологические;
- биологические.

Установка для изучения состоит из высоковакуумной камеры и насосов, устройств нагрева и облучения, образцов электронами, масс-спектрометра и системы регистрации параметров процесса выделения растворенных и адсорбированных атомов и молекул. Высоковакуумная система имеет три ступени откачки для получения высокого вакуума: форвакуумный насос (isp-250 с), тмн (shimadzu EI-S04M) и гибридный тмн (атн 300).

Опасные и вредные факторы, которые присутствуют в данной работе представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Перечень опасных и вредных фактором технологии производства

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБГ. Шум. Общие требования безопасности [58], СанПин 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [59], СП
2. Превышение уровня шума	+	+		
3. Отсутствие или недостаток	+	+	+	
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	

5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* [60], ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность . Защитное заземление, зануление [61].
---	---	---	---	---

Перечисленные факторы могут оказывать влияние на здоровье, а также приводить к аварийным и опасным ситуациям, в связи с этим их необходимо контролировать в соответствии с перечисленными в таблице нормами и требованиями.

5.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.

5.2.2.1 Отклонение показателей микроклимата на рабочем месте

Микроклимат производственных помещений определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха. Отклонения данных параметров от нормы оказывает вредное влияние на человека, при этом обычно возникают ухудшение самочувствия работника, снижение эффективности работы и различные заболевания. Неблагоприятные условия могут вызывать перенапряжение механизма терморегуляции, что ведет к перегреву или переохлаждению организма. Высокая температура приводит к быстрой утомляемости работника, может привести к перегреву организма, тепловому удару. А низкая температура может вызвать местное или общее охлаждение организма, и привести к простудному заболеванию либо обморожению.

Низкая влажность вызывает неприятные ощущения в виде сухости слизистых оболочек дыхательных путей работающего.

5.2.2.2 Электромагнитное излучение

Научно-исследовательская работа выполнялась с помощью персональных компьютеров (ПЭВМ). При этом основным вредным фактором для инженера-исследователя является электромагнитное излучение, которое влияет на костные ткани, ухудшает зрение, повышает утомляемость, а также может вызвать ослабление памяти и возникновение онкологических заболеваний.

Таблица 5.2 Временные допустимые уровни (ВДУ) электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах.

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

Безопасные уровни излучений регламентируются нормами СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 и представлены в табл. 5.2.

5.2.2.3 Шум

Длительное воздействие шума может привести к ухудшению слуха, а в отдельных случаях – к глухоте. Шумовое загрязнение среды на рабочем месте неблагоприятно воздействует на работающих: снижается внимание,

увеличивается расход энергии при одинаковой физической нагрузке, замедляется скорость психических реакций и т.п. В результате снижается производительность труда и качество выполняемой работы.

Для разных видов шумов применяются различные способы нормирования. Для постоянных шумов нормируются уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Для непостоянных шумов нормируется так же эквивалентный уровень звука. Допустимые уровни звукового давления для рабочих мест служебных помещений и для жилых и общественных зданий и их территорий различны.

Методы и средства коллективной защиты в зависимости от способа реализации подразделяются на строительно-акустические, архитектурно-планировочные и организационно-технические и включают в себя:

1. изменение направленности излучения шума;
2. рациональную планировку предприятий и производственных помещений;
3. акустическую обработку помещений;
4. применение звукоизоляции.

Наиболее эффективны средства индивидуальной защиты (СИЗ), как правило, в области высоких частот. СИЗ включают в себя противозумные вкладыши (беруши), наушники, шлемы и каски, специальные костюмы.

5.2.2.4 Пожар взрывоопасность

Согласно НПБ 105-03 используемое помещение относится к категории пожароопасной В4, т.е. в которых находятся горючие и трудно горючие жидкости, вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), но удельная пожарная нагрузка на участке находится в интервале 1-180 МДж*м⁻². В лаборатории разработаны инструкции о мерах пожарной безопасности для каждого взрывопожароопасного и пожароопасного участка (мастерской, цеха

и т. п.) в соответствии с Федеральным законом от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.

Пожарные краны, огнетушители и другая пожарная техника для защиты объектов соответствует (ГОСТ 12.1.004-91 с измен. 21.10.1993 г).

Порошковые огнетушители используются в качестве первичного средства тушения пожаров класса А (твердых веществ), В (жидких веществ), С (газообразных веществ) и электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В; огнетушители не пригодны для тушения загораний щелочных и щелочноземельных металлов и других материалов, горение которых может происходить без доступа воздуха.

5.2.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.

Для обеспечения безопасности перед началом работы необходимо правильно надеть спецодежду, подготовить для работы необходимый инструмент и приспособления, приготовить рабочий стол. Также необходимо проверить отсутствие внешних повреждений электрооборудования, наличие и исправность контрольных, измерительных и сигнальных приборов, компьютера, тумблеров, переключателей и т.п. При выявлении неисправностей необходимо доложить руководителю лаборатории. 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 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:

1. Убедиться, что все клапаны контроллера закрыты;
2. Выйти из программы, отключить питание компьютера;
3. Отключить установку и насос от электросети

5.3. Экологическая безопасность

5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Разработанный макет лаборатории предполагает использование компьютера. Использование этих устройств напрямую связано с использованием электричества. Развитие энергетики оказывает существенное влияние на окружающую среду, являясь источником различных видов загрязнения воздуха, воды, земной поверхности и ее недр, а также основным потребителем топливных ресурсов, определяющих уровень его производства.

5.3.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.

Наш компьютер и установки отвечают высоким требованиям безопасности работы. Эти устройства соответствуют требованиям следующих международных стандартов безопасности для электрооборудования, применяемого для измерения, контроля и лабораторных исследований:

IEC 61010-1, EN 61010-1;

UL 61010-1, CSA 61010-1.

Основное влияние на окружающую среду заключается в образовании и поступлении твердых отходов в виде отработанных ПК, их компонентов и содержащихся в них вредных веществ.

5.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

В данной работе отходами являются металлические порошки, полученные вследствие чистки камеры и других компонентов установки. Порошки, главным образом, состоят из стали, сплава палладий серебро и оксинитридов сплав палладий серебро. Для утилизации этих отходов сначала следует их разделить, для этого можно использовать магнит. После разделения отходов на 2 подгруппы: сталь и оксинитриды сплав палладий серебро, нужно их перевести на специальные места на переработку.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Наиболее вероятная чрезвычайная ситуация, которая может возникнуть при работе с разработанным комплексом – пожар, так как в современных ЭВМ очень высокая плотность размещения элементов электронных схем, в непосредственной близости друг от друга располагаются соединительные провода и кабели, при протекании по ним электрического тока выделяется значительное количество теплоты, при этом возможно оплавление изоляции и возникновение возгорания. Участок ПЭВМ по пожарной опасности относится к категории пожароопасных "В". Технический регламент по ПБ и норм пожарной безопасности (НПБ 105-03) и удовлетворять требованиям по предотвращению и тушению пожара по ГОСТ 12.1.004-91 и СНиП 21-01-97.

Помещение, где установлен ПК, относится ко второму классу - помещение с повышенной опасностью, из-за опасности прикосновения человека, не изолированного от земли, к корпусу ПК, оказавшемуся под напряжением. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновений и тока даются в ГОСТ 12.1.038-82.

5.4.2 Анализ причин, которые могут вызвать ЧС на производстве при внедрении объекта исследований

Пожар в помещении может возникнуть вследствие причин неэлектрического и электрического характера. К причинам неэлектрического характера относятся:

- неисправность оборудования и нарушение процесса эксплуатации устройств;
- халатное и неосторожное обращение с огнем (курение, оставление без присмотра нагревательных приборов);

- неисправность устройства или вентиляционной системы;
- самовоспламенение или самовозгорание веществ.

К причинам электрического характера относятся:

- короткое замыкание;
- перегрузка проводов;
- большое переходное сопротивление;
- искрение;
- статическое электричество.

Возникновение других видов ЧС – маловероятно.

5.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями. Пожарная защита должна обеспечиваться применением средств пожаротушения, а также применением автоматических установок пожарной сигнализации.

Должны быть приняты следующие меры противопожарной безопасности:

- обеспечение эффективного удаления дыма, т.к. в помещениях, имеющих оргтехнику, содержится большое количество пластиковых веществ, выделяющих при горении летучие ядовитые вещества и едкий дым;
- обеспечение правильных путей эвакуации;
- наличие огнетушителей и пожарной сигнализации;
- соблюдение всех противопожарных требований к системам отопления и кондиционирования воздуха.

Для тушения пожаров на участке производства необходимо применять углекислотные (ОУ-5 или ОУ-10) и порошковые огнетушители (например, типа ОП-10), которые обладают высокой скоростью тушения, большим

временем действия, возможностью тушения электроустановок, высокой эффективностью борьбы с огнем.

Предполагаются следующие действия при возникновении чрезвычайных и аварийных ситуаций:

- каждый работник, обнаруживший нарушения настоящей инструкции и правил по охране труда или заметивший неисправности оборудования, представляющую опасность для людей, обязан сообщить об этом непосредственному руководителю;
- в тех случаях, когда неисправность оборудования представляет угрожающую опасность для людей или самого оборудования, работник, её обнаруживший, обязан принять меры по прекращению действия оборудования, а затем известить об этом непосредственного руководителя. Устранение неисправности производится при соблюдении требований безопасности.

Вывод

В ходе рассмотрения безопасности и гигиены труда при осуществлении работ по нанесению покрытий на установке для исследования термостимулированного газовыделения, были выявлены вредные и опасные факторы рабочей зоны, мероприятия и средства защиты, рассмотрены чрезвычайные ситуации и поведение в них, представлены порядки работы на данной установке. Для обеспечения безопасности жизнедеятельности обязательно выполнить работу по правилам.

Заключение

В процессе выполнения ВКР для достижения цели в работе были определены и решены следующие задачи:

1. приведены литературный обзор по теме ВКР.
2. освоены установка для насыщения образцов водородом электролитическим методом, установка термостимулированного газовыделения.
3. получены спектра выхода водорода из палладия и сплава палладия серебром; зависимости интенсивности выхода изотопов водорода от температуры при различных скоростях нагрева с помощью трёх способов: (радиационный (косвенным) нагрев, радиационный нагрев с внешним электрическим полем, джоулево тепло).
4. По результатам исследований получены следующие выводы:
 - у всех графиках зависимости независимо от скорости и способа нагрева наблюдаются два пика, низкотемпературный характерен для палладия, а высокотемпературный для серебра;
 - повышение скорости (независимо от способа) нагрева сплава палладия с серебром приводит к сдвигу температурного максимума изотопов водорода в область повышенных температур, как у палладия, так и серебра;
 - если нагрев образца сплава палладия с серебром производится в условия с внешним электрическим полем напряженность $E = 5 \text{ В/см}$, то наблюдается температурные сдвиг в область низких температур на $(100-150) \text{ }^\circ\text{C}$, а в случае нагрева прямым пропускание электрического тока сдвиг составляет $(130-170) \text{ }^\circ\text{C}$, относительно косвенного нагрева.

Приложение 1

14 3219000 | 8 | Специальное технологическое оборудование для
производства электронной и радиотехники

Амортизационная группа	Срок полезного использования основного средства в годах	Срок полезного использования основного средства в месяцах	Годовая норма амортизации для целей бухучета (линейный способ, способ уменьшаемого остатка), %	Месячная норма амортизации для целей налогового учета (линейный способ), %
Первая группа – все недолговечное имущество со сроком полезного использования от 1 года до 2 лет включительно	1,5	18	66,6667	5,5556
	2	24	50	4,1667
Вторая группа – имущество со сроком полезного использования свыше 2 лет до 3 лет включительно	2,5	30	40	3,3333
	3	36	33,3333	2,7778
Третья группа – имущество со сроком полезного использования свыше 3 лет до 5 лет включительно	4	48	25	2,0833
	5	60	20	1,6667
Четвертая группа – имущество со сроком полезного использования свыше 5 лет до 7 лет включительно	6	72	16,6667	1,3889
	7	84	14,2857	1,1905
Пятая группа – имущество со сроком полезного использования свыше 7 лет до 10 лет включительно	8	96	12,5	1,0417
	9	108	11,1111	0,9259
	10	120	10	0,8333
Шестая группа – имущество со сроком полезного использования свыше 10 лет до 15 лет включительно	11	132	9,0909	0,7576
	12	144	8,3333	0,6944
	13	156	7,6923	0,641
	14	168	7,1429	0,5952
	15	180	6,6667	0,5556

Список литературы

1. M.Yamauchi, R. Ikeda, H. Kitagawa, M. Takata J. Phys. Chem. C, 112 (2008), p. 3294
2. F. Kadirgan, A. M. Kannan, T. Atilan, S. Beyhan, S.S. Ozenler, S. Suzer, A. Yorur Int. J. Hydrogen Energy, 34 (2009), p. 9450
3. M.Grden, A. Piasek, Z. Koczorowski, A. Czerwinski J. Electroanal. Chem., 532 (2002), p.35
4. I.Avila-Garcia, M. Plata-Torres, M.A. Dominguez-Crespo, C. Ramirez-Rodriguez, E.M. Arce-Estrada, J. Alloys Compd., 434 (2007), p. 764
5. C.Gabrielli, P.P. Grand, A. Lasia, H. Perrot, J. Electrochem. Soc., 151 (2004), p. A1925
6. C.Gabrielli, P.P. Grand, A. Lasia, H. Perrot, J. Electrochem. Soc., 151 (2004), p. A1937
7. M.H. Martin, A. Lasia Electrochim. Acta, 53 (2008), p. 6317
8. A. Lasia, J. Electroanal. Chem., 593 (2006), p. 159
9. H.Li, H.Y. Xu, W.Z. Li J. Membr. Sci., 324 (2008), p. 44
10. A. Zurowski, M. Lukaszewski, A. Czerwinski Electrochim. Acta, 53 (2008), p. 7812
11. M.Slojewski, J. Kowalska, R. Jurczakowski J. Phys. Chem. C, 113 (2009), p. 3707
12. M.Grden, A. Czerwinski, J. Golimowski, E. Bulska, B. Krasnodebska-Ostrega, R. Marassi, S. Zamponi J. Electroanal. Chem., 460 (1999), p. 30
13. A. Zurowski, M. Lukaszewski, A. Czerwinski Electrochim. Acta, 51 (2006), p. 3112
14. E.L. Foletto, J.V.W. Da Silveira, S.L. Jahn Latin Am. Appl. Res., 38 (2008), p. 79
15. B.D. Adams, G.S. Wu, S. Nigrio, A. Chen J. Am. Chem. Soc., 131 (2009), p. 6930
16. B.D. Adams, C.K. Ostrom, A. Chen Langmiur, 26 (2010), p. 7632

17. S Uemiya, T Matsuda, E Kikuchi *J. Memb. Sci.*, 56 (1991), p. 315
18. G Bohmholdt, E Wicke *Z. Phys. Chem. Neue Folge*, 56 (1967), p. 133
19. Y.G. Sun, Z.L. Tao, J. Chen, T. Herricks, Y.N. Xia *J. Am. Chem. Soc.*, 126 (2004), p. 5940
20. A. Chen *Can. J. Chem.*, 92 (7) (2014), pp. 581-597
21. B.D. Adams, *et al.* *J. Phys. Chem. C*, 118 (51) (2014), pp. 29903-29910
22. B.D. Adams, A. Chen *Mater. Today*, 14 (6) (2011), pp. 282-289
23. A. Baldi, *et al.* *Nat. Mater.*, 13 (2014), pp. 1143-1148
24. P. Chen, M. Zhu *Mater. Today*, 11 (12) (2008), pp. 36-43
25. M. Yamauchi, H. Kobayashi, H. Kitagawa *ChemPhysChem*, 10 (16) (2009), pp. 2556-2576
26. R. Bardhan, *et al.* *Energ. Environ. Sci.*, 4 (12) (2011), pp. 4882-4895
27. M. Yamauchi, *et al.* *J. Phys. Chem. C*, 112 (9) (2008), pp. 3294-3299
28. Z.N. Xu, *et al.* *ACS Catal.*, 3 (2) (2013), pp. 118-122
29. D.-T. Phan, G.-S. Chung *Sens. Actuators B: Chem.*, 204 (2014), pp. 437-444
30. G. Li, *et al.* *J. Am. Chem. Soc.*, 136 (29) (2014), pp. 10222-10225
31. B.D. Adams, *et al.* *J. Am. Chem. Soc.*, 131 (20) (2009), pp. 6930-693
32. B.D. Adams, C.K. Ostrom, A. Chen *Langmuir*, 26 (10) (2010), pp. 7632-7637
33. K. Kusada, *et al.* *J. Am. Chem. Soc.*, 136 (5) (2014), pp. 1864-1871
34. M.D. Ong, *et al.* *Chem. Mater.*, 24 (6) (2012), pp. 996-1004
35. S. Chen, A. Chen *Electrochim. Acta*, 56 (1) (2010), pp. 61-67
36. C.K. Ostrom, A. Chen *J. Phys. Chem. C*, 117 (40) (2013), pp. 20456-20467
37. T. Hongo, *et al.* *Mater. Sci. Eng. A*, 618 (2014), pp. 1-8
38. R. Delmelle, G. Bamba, J. Proost *In situ monitoring of hydride formation in Pd thin film systems* *Int. J. Hydrog. Energ.*, 35 (2010), p. 9888

39. E. Salomons, R. Feenstra, D. deGroot, R. Griessen Pressure-composition isotherms of thin PdH_c films J. Less-Common Met., 130 (1987), p. 415
40. H. Kou, J. Lu, Y. Li, High-strength and high-ductility nanostructured and amorphous metallic materials Adv. Mater., 26 (2014), p. 5518
41. H. Gleiter Nanostructured materials Adv. Mater., 4 (1992), p. 474
42. M.V. Goltsova, G.I. Zhironov Changes in the grain and fine structures of palladium as a result of hydrogen phase naklep Met. Sci. Heat. Treat., 4 (2007), p. 141
43. B. AminAhmadi, H. Idrissi, R. Delmelle, T. Pardoen, J. Proost, D. Schryvers High resolution transmission electron microscopy characterization of fcc → 9R transformation in nanocrystalline palladium films due to hydriding Appl. Phys. Lett., 102 (2013), p. 071911
44. M. Wise, J. Farr, I. Harris, J. Hirst Hydrogen in Metals, vol. 1, Pergamon Press, Oxford (1977), p. 1
45. T. Kuji, T. Flanagan, Y. Sakamoto, M. Hasaki Hydrogen chemical potentials and dislocation structures following quenching of palladium-hydrogen alloys into the two-phase envelope Scr. Met., 19 (1985), p. 1369
46. B. Heuser, J. King SANS measurements of deuterium-dislocation trapping in deformed single crystal Pd J. Alloys Compd., 261 (1997), p. 225
47. E. Wicke, H. Brodowsky G. Alefeld, J. Voelkl (Eds.), Hydrogen in Metals II, Springer-Verlag, Berlin (1978), p. 73
48. J.K. Vuillemin, M.G. Priestley Phys. Rev. Lett., 14 (1965), p. 307
49. A.C. Switendick G. Alefeld, J. Voelkl (Eds.), Hydrogen in Metals I, Springer-Verlag, Berlin (1978), p. 101
50. A.S. Karolik, V.M. Golub Phys. Status Solidi B, 210 (1998), p. 177
51. A.W. Szafranski J. Alloys Compd., 316 (2001), p. 82

52. J. Li, F. Terumi, G. Hajime, O. Toshiyuki, F. Yoshiya, Y. Sidney Theoretical evaluation of hydrogen storage capacity in pure carbon nanostructures J Chem Phys, 119 (2003), pp. 2376-2385

53. Вудраф Д., Делчар Т. Современные методы исследования поверхности. – М: Мир, 1989. – 564 с.

54. Якименко Л.М., Модылевская И.Д., Ткачек З.А. Электролиз воды.// – М.: Химия, 2012.

55. Хашхаш, Адель Мохаммед Али, Исследование поведения водорода в нержавеющей стали при температурном и радиационном воздействии: дис. – 2010. – С. 8.

56. Радиационный нагрев: [Электронный ресурс] // helios quartz - Режим доступа: <https://www.heliosquartz.com/prodotti/tecnologia-ir/?lang=zh-hans#>

57. Методы электрического нагрева: [Электронный ресурс] // Справочник химика 21 - Режим доступа: <https://chem21.info/info/1602890/>

58. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБГ. Шум. Общие требования безопасности.

59. СанПин 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

60. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*

61. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.