

Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки 03.03.02 Физика
 ООП/ОПОП Физика
 Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Влияния ультрафиолетового излучения и скорости нагрева на десорбцию водорода из палладия

УДК 661.961.081.6:661.898:536.5:535.33-3

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б95	Ху Юйфань		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Сыпченко В. С.	к.ф.-м.н.		

Консультант (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Верховская М.В.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Сечин А.И.	д.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой - руководитель отделения на правах кафедры	Лидер А.М.	д.т.н., профессор		

Томск – 2023 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП/ОПОП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовать свою роль в команде.
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном и иностранном (-ых) языке.
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах.
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций.
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи.
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен применять естественно-научные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов
ОПК(У)-2	Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, интеллектуально правовых, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов и процессов
ОПК(У)-3	Способен использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач.
ОПК(У)-4	Способен понимать сущность и значение информации в развитии современного общества, осознавать опасность и угрозу, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности.
ОПК(У)-5	Способен использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации и навыки работы с компьютером как со средством управления информацией.
ОПК(У)-6	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с

	применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.
ОПК(У)-7	Способен использовать в своей профессиональной деятельности знание иностранного языка.
ОПК(У)-8	Способен критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости направление своей деятельности.
ОПК(У)-9	Способен получить организационно-управленческие навыки при работе в научных группах и других малых коллективах исполнителей.
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин
ПК(У)-2	Способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта
ПК(У)-3	Готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований
ПК(У)-4	Способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин
ПК(У)-5	Способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований
ПК(У)-6	Способность понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований
ПК(У)-7	Способность участвовать в подготовке и составлении научной документации по установленной форме
ПК(У)-8	Способность понимать и применять на практике методы управления в сфере природопользования



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 (ООП/ОПОП) 03.03.02 Физика
Отделение школы (НОЦ) отделение экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП/ОПОП
_____ Лидер А.М.
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
150Б95	Ху Юйфань

Тема работы:

Влияния ультрафиолетового излучения и скорости нагрева на десорбцию водорода из палладия	
<i>Утверждена приказом директора (дата, номер)</i>	22.05.2023, 142-42/с

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	06.06.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>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 функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Металл палладия ПД-99; - установка для насыщения водородом; - установка для исследования термостимулированного газовыделения; - установка для генерирования УФ-излучения.
<p>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке <i>(аналитический обзор литературных источников 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; - методы насыщения образцов водородом; - методы тепловой десорбции водорода; - результаты и обсуждение. <p>Перечень подлежащих разработке вопросов:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. десорбция газа при различных скоростях нагрева с использованием УФ-излучения или без него; 2. обсуждение характеристик изменения температуры десорбции водорода при различных скоростях нагрева;

	3. обсуждение характеристик изменения температуры десорбции водорода при наличии и отсутствии УФ-излучения;
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>Рисунок 1.1 – Временная линия, показывающая некоторые ключевые этапы развития гидридов металлов и их применения</p> <p>Рисунок 1.2 – Схематическая диаграмма процесса поглощения водорода в системе Pd-H</p> <p>Рисунок 1.3 – Фазовая диаграмма PdH_x, где $x = \text{H/Pd}$ - количество атомов H, поглощенных одним атомом Pd</p> <p>Рисунок 1.4 – Различные типы электромагнитного излучения</p> <p>Рисунок 1.5 – Зависимость интенсивности выделения дейтерия (D) из палладия при скорости нагрева 1 °C/c от температуры.</p> <p>Рисунок 2.1 – Физическая схема и функциональная схема установки насыщения водорода электролизом.</p> <p>Рисунок 2.2 – Схема вакуумной части установки для исследования термо- и радиационно- стимулированного газовыделения.</p> <p>Рисунок 2.3 – Функциональная и физическая схема облучателя УФ-кварцевого ОУФК-01.</p> <p>Рисунок 3.1 – Зависимость производства водорода для Pd от времени при комнатной температуре.</p> <p>Рисунок 3.2 – Зависимость производства водорода для Pd от температуры при различных скоростях нагрева.</p> <p>Рисунок 3.3 – Зависимость производства водорода из Pd от температуры для различных скоростей нагрева в присутствии УФ-излучения.</p> <p>Рисунок 3.4 – Выход водорода из Pd с УФ-излучением и без него при одинаковой скорости нагрева.</p> <p>Рисунок 3.5 – Зависимость скорости нагрева от температуры.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)</p>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Верховская М. В.
Социальная ответственность	Сечин А. И.

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Сыпченко В. С.	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б95	Ху Юйфань		



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 (ООП/ОПОП) 03.03.02 Физика

Уровень образования бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) отделение экспериментальной физики

Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2022/2023 учебного года)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
150Б95	Ху Юйфань

Тема работы:

Влияния ультрафиолетового излучения и скорости нагрева на десорбцию водорода из палладия

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.11.2022	Литературный обзор по теме ВКР	15
30.04.2023	Методы исследования	5
01.06.2023	Результаты экспериментальных исследований. Обработка результатов.	50
01.06.2023	Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение	15
01.06.2023	Социальная ответственность	15

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Сыпченко В. С.	к.ф.-м.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП/ОПОП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой - руководитель отделения на правах кафедры	Лидер А.М.	д.т.н., профессор		

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б95	Ху Юйфань		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 68 с., 13 рис., 12 табл., 24 источников, 0 прил.

Ключевые слова: водород, палладий, энергия активации десорбции, УФ-излучение.

Объектом исследования является палладий ПД-99 с геометрией $14 \times 3,8 \times 0,11 \text{ мм}^3$

Цель работы – исследование влияния ультрафиолетового излучения и скорости нагрева на десорбцию водорода из палладия.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

1. Освоить методику электролитического наводороживания палладия;
2. Получить экспериментальные данные по влиянию скорости нагрева на десорбцию водорода из палладия;
3. Провести эксперименты по десорбции водорода из палладия при одновременном влиянии УФ-излучения и разных скоростей нагрева;
4. Проанализировать полученные результаты.

В результате проведенного исследования установлено, что на температуру, соответствующую максимальной десорбции водорода из палладия ($T_{\text{макс}}$), влияют скорость нагрева и УФ-излучение. Если скорость нагрева выше, то чем выше $T_{\text{макс}}$, тем выше энергия активации реакции ($E_{\text{дес}}$) и тем труднее она протекает. УФ-излучение способствует осаждению водорода. Однако влияние УФ-излучения на реакцию меньше, чем влияние скорости нагрева на реакцию.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: Режимы насыщения водородом: 1 м/л раствор H_2SO_4 , плотность ток насыщения $4,5 \times 10^3 \text{ А} \cdot \text{м}^{-2}$, время насыщения $t=30$ мин; Режим облучения: УФ излучение с длиной волны 180-275нм, линейные скорости нагрева $1 \text{ }^\circ\text{C}/\text{с}$, $2 \text{ }^\circ\text{C} /\text{с}$, $3 \text{ }^\circ\text{C} /\text{с}$.

Палладий известен как материал для хранения водорода и может использоваться в области батарей для хранения водорода. Область

применения: 1. может использоваться для получения водорода из палладия с минимальными затратами энергии. 2. можно достичь понимания и оценки таких явлений, как растрескивание под напряжением, коррозия металлических деталей, хранение водорода в батареях и стабильность металлического водорода.

Степень внедрения: результаты работы представлены на международной научной конференции «Перспективы развития фундаментальных наук 2023».

Экономическая эффективность/значимость работы заключается в развитии улучшенных водородных материалов и технологий хранения и высвобождения водородной энергии. Она также может способствовать развитию таких областей, как возобновляемые источники энергии, топливные элементы и т.д.

В будущем планируется определить влияние ультрафиолетового излучения на водород в сплавах палладий-серебро.

Определения, обозначения и сокращения

УФ-излучение – ультрафиолетовое излучение

ГМ – гидриды металлов

ГЦК структура – гранцентрированная кубическая структура

ИК-излучение – инфракрасное излучение

$T_{\text{макс}}$ – температура, соответствующая максимальной интенсивности десорбции водорода

$E_{\text{дес}}$ – энергия активации для десорбции водорода из палладия

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	14
Глава 1. Взаимодействие водорода с палладием.....	16
1.1 Значимость палладия для хранения водорода.....	16
1.2 Влияние температуры и УФ-излучения на десорбцию водорода.....	19
1.3 Влияние ионизирующего излучения на водород в металлах	20
1.4 Влияние УФ-излучения на десорбцию водорода из палладия	21
1.5 Влияние скорости нагрева на десорбцию атомов водорода из палладия..	22
Вывод.....	23
Глава 2. Объект и методы исследования.	24
2.1 Объект исследования	24
2.2 насыщение водородом электролитическим методом.....	24
2.3 Установка для исследование термостимулированного газовыделения	26
2.4 Прибор для производства УФ-излучения	27
Вывод.....	28
Глава 3. Результаты исследования	29
3.1 Влияние УФ-излучения на десорбцию водорода из палладия	29
3.2 Влияние скорости нагрева на выделения водорода из палладия	29
3.3 Влияние комбинированного УФ-излучения и нагрева на получение водорода из палладия.....	30
3.4 Сравнение и анализ влияния десорбции водорода из палладия с УФ-излучением и без УФ-излучения при одинаковой скорости нагрева.....	32
Вывод.....	34
Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	37
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования	37
4.2 Экономическая эффективность исследования	38
4.3 Планирование научно-технического исследования.....	38
4.3.1 Продолжительность этапов работ	39
4.4 Расчет сметы затрат на выполнение проекта	45

4.4.1 Расчет затрат на материалы.....	45
4.4.2 Расчет заработной платы	46
4.4.3 Расчет затрат на социальный налог	46
4.4.4 Расчет затрат на электроэнергию	47
4.4.5 Расчет амортизационных расходов	48
4.4.6 Расчет прочих расходов	49
4.4.7 Стоимость всего проекта.....	50
Вывод.....	50
Глава 5. Социальная ответственность.....	53
Введение.....	53
5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	53
5.1.1 Особые правовые положения в трудовом законодательстве.	53
5.1.2 Организация пространственной планировки работы исследователей	54
5.2. Производственная безопасность.....	55
5.2.1 Оценка потенциальных вредных факторов и факторов риска для объектов исследований	55
5.2.2 Анализ возможных опасностей в лаборатории.....	57
5.2.2.1 Отклонения от показателей микроклимата в рабочих помещениях.....	57
5.2.2.2 Электромагнитное излучение	57
5.2.2.3 Шум	58
5.2.2.4 Взрывоопасность при пожаре	59
5.2.3 Обоснование мер защиты исследователей от опасностей и вредных факторов.	59
5.3. Экологическая безопасность.....	60
5.3.1 Анализ воздействия на экологическую обстановку на исследуемой территории	60
5.3.2 Анализ воздействия на экологическую обстановку в процессе исследования.....	60

5.3.3 Обоснованность мер по охране природы	61
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	61
5.4.1 Анализ возможных непредвиденных ситуаций, инициированных субъектом	61
5.4.2 Анализ возможных причин несчастных случаев на производстве В ходе реализации объекта исследования	62
5.4.3 Основание для принятия мер предосторожности в чрезвычайных ситуациях и разработка аварийных процедур	62
Вывод.....	63
Заключение.....	65
Список литературы	66

ВВЕДЕНИЕ

В течение последних нескольких десятилетий истощение запасов ископаемых видов топлива стало одной из самых важных проблем после глобального потепления. В связи с этим ограничение использования ископаемых видов топлива и поиск новых возобновляемых и легкодоступных источников энергии являются сегодня важными направлениями исследований [1].

Преимущества водорода как богатого ресурса с нулевыми выбросами углерода, теплотворной способностью сгорания в три раза выше, чем у бензина, и продуктом сгорания воды делают водород представителем чистой энергии [2]. Благодаря низкой плотности массы, высокой плотности энергии, экологичности и относительной простоте материалов для хранения, водород рассматривается как альтернативный энергоноситель, особенно для транспортных и мобильных приложений [3]. Однако одним из основных препятствий для использования водорода в качестве топлива является отсутствие эффективных методов хранения, поскольку он имеет очень низкую насыпную и весовую плотность при давлении и температуре окружающей среды [1].

Хранение водородной энергии представляет собой актуальную и развивающуюся проблему. Целью хранения водородной энергии является безопасность и эффективность, а также возможность ее использования всегда и везде. К традиционным методам хранения водорода относятся: жидкий водород, сжатый газ, гидриды металлов и адсорбция на различных пористых материалах, таких как углеродные материалы или металлоорганические каркасы. Из этих методов в последние годы интерес вызвало хранение водорода с помощью гидридов металлов. Метод гидридов металлов относится к методу хранения, в котором соединения образуются между металлами. В этом методе соединения металл-водород образуются, когда металл поглощает водород. По сравнению со сжиженным или сжатым водородом, хранение водорода с помощью металлгидридов имеет такие преимущества, как

безопасность, надежность и высокая емкость [4].

Благодаря своим каталитическим и поглощающим водород свойствам, палладий считается уникальным материалом с сильным сродством к водороду. Таким образом, материалы на основе палладия имеют большой потенциал для многих водородных приложений, таких как производство и хранение водорода [5]. Актуальность исследования заключается в важности выделения водорода из металлов для понимания и оценки таких явлений, как растрескивание под напряжением, коррозия металлических компонентов, хранение водорода в батареях и стабильность металлического водорода. Диффузия и выделение водорода из металлов под действием ионизирующего излучения были изучены [6], но эти исследования в основном были посвящены влиянию нейтронного облучения и γ -лучей на водород в металлах, и в связи с этим **целью данной работы является** изучение влияния ультрафиолетового излучения и скорости нагрева на десорбцию водорода из палладия.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Освоить методику электролитического наводороживания палладия;
2. Получить экспериментальные данные по влиянию скорости нагрева на десорбцию водорода из палладия;
3. Провести эксперименты по десорбции водорода из палладия при одновременном влиянии УФ-излучения и разных скоростей нагрева;
4. Проанализировать полученные результаты.

ГЛАВА 1. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОДОРОДА С ПАЛЛАДИЕМ

1.1 Значимость палладия для хранения водорода

Синтез гидридов металлов (ГМ) имеет большое технологическое значение, поскольку они способны играть важную роль в развитии будущей энергетической экономики, основанной на водороде. Впервые о синтезе гидридов металлов было сообщено в XVIII веке, когда Томас Грэм обнаружил, что палладий (Pd) может поглощать большое количество водорода. Потенциал гидридов для мобильного и стационарного применения в хранении водорода был продемонстрирован в 1960-х годах. Гидриды металлов предлагают элегантный способ обратимого хранения водорода. В связи с их огромным потенциалом ученые приложили большие усилия для разработки новых МГ с более высоким содержанием водорода, и их свойства были тщательно изучены. На рисунке 1 представлена хронология важных открытий в области гидридов [7].

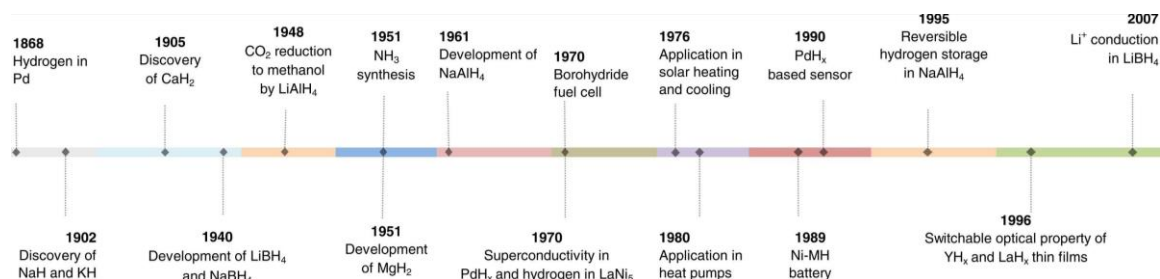
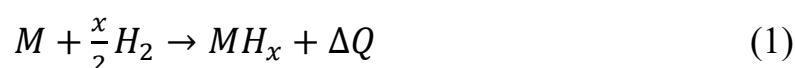


Рисунок 1.1 – Временная линия, показывающая некоторые ключевые этапы развития гидридов металлов и их применения

Водород сначала каталитически разлагается на атомы водорода на поверхности металла, которые затем диффундируют во внутренние пустоты решетки материала и сохраняются в своем атомном состоянии внутри кристаллической точки металла, чтобы сформировать гидриды металлов - обратимый реакционный процесс, в результате которого поглощается и выделяется водород. Несколько элементов в периодической таблице (M) реагируют с водородом при соответствующих условиях с образованием гидридов металлов и выделяют тепловую энергию (Q) в зависимости от реакции:



Применение МГ не ограничивается хранением водорода, но применение в батареях, оптике, сенсорах, термодинамических приводах, топливных элементах и катализе также может внести значительный вклад в их производство, использование и расширение масштабов [8].

Диссоциация молекулярного H_2 является первым шагом в образовании гидридов металлов. Большинство металлов, за исключением Pd, требуют затраты энергии для преодоления активационного барьера, что требует применения высокого давления водорода или высоких температур. Однако на поверхности палладия диссоциативная адсорбция молекул H_2 происходит с небольшим барьером энергии активации. Превосходные диссоциативные свойства палладия позволяют ему выступать в качестве катализатора для облегчения поглощения и десорбции водорода другими гидридами металлов.

Палладий представляет собой уникальный материал, обладающий сильным сродством к водороду благодаря своим каталитическим и водородопоглощающим свойствам. Палладий способен играть важную роль практически во всех аспектах предполагаемой водородной экономики, включая очистку, хранение, обнаружение водорода и топливные элементы [9]. Pd-H является одной из наиболее известных металлических водородных систем. Pd имеет простую гранцентрированную кубическую (ГЦК) структуру и может обратимо поглощать и десорбировать водород при комнатной температуре и атмосферном давлении.

Когда Pd подвергается воздействию водорода, молекулы H_2 диссоциируют на атомы H на поверхности Pd, которые затем диффундируют вглубь объема и занимают междуузельные позиции в решетке Pd (ГЦК) (Рисунок 1.2). Известно, что система Pd-H имеет две различные фазы в условиях окружающей среды, в зависимости от температуры и давления водорода (Рисунок 1.3) [10].

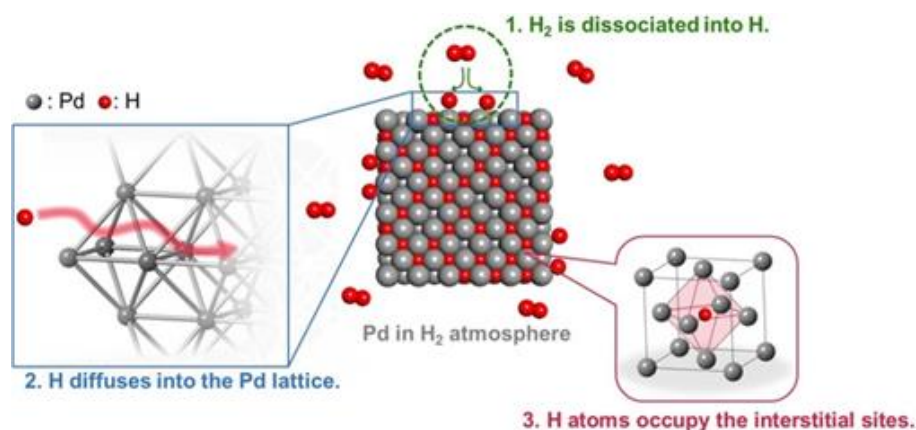


Рисунок 1.2 – Схематическая диаграмма процесса поглощения водорода в системе

Pd-H

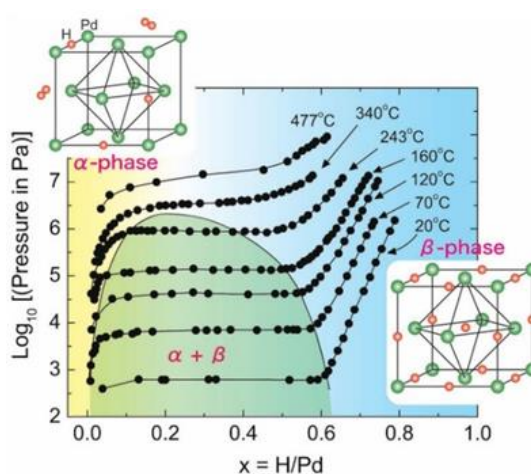


Рисунок 1.3 – Фазовая диаграмма PdH_x, где $x = \text{H/Pd}$ - количество атомов H, поглощенных одним атомом Pd

При низких давлениях водорода Pd мало растворим в водороде и образует фазу твердого раствора, называемую α -фазой (PdH_x: $x < 0,03$ при комнатной температуре). При увеличении давления водорода Pd поглощает большое количество водорода с большим расширением решетки, и система превращается в гидридную фазу, называемую β -фазой (PdH_x: $x > 0,03$ при комнатной температуре). Однако фазовый переход от α -фазы к β -фазе сопровождается расширением решетки палладия, что приводит к изменению объема объемного палладия, а возникающие напряжения в конечном итоге приводят к механическому разрушению Pd [11]. Чтобы подавить фазовый переход к β -PdH_x, водородное охрупчивание можно контролировать путем легирования палладия металлом, атомный номер которого больше, чем у самого палладия. Например, в случае Pd-Ag решетка предварительно

расширена атомами серебра и поэтому меньше подвержена воздействию водорода, чем решетка чистого Pd [12].

1.2 Влияние температуры и УФ-излучения на десорбцию водорода

Разделительная линия между ионизирующим и неионизирующим излучением проходит в ультрафиолетовой части электромагнитного спектра (рисунок 1.4). Излучение в более низкой энергетической части ультрафиолетового диапазона известно как неионизирующее излучение, а в более высокой энергетической части ультрафиолетового диапазона – как ионизирующее излучение.

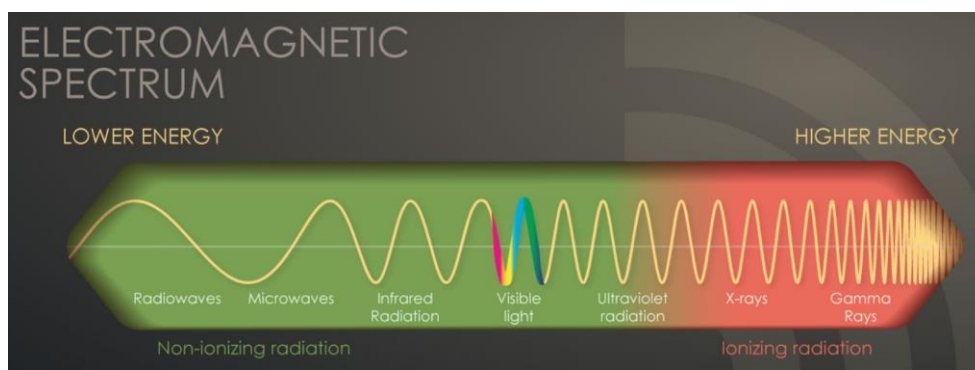


Рисунок 1.4 – Различные типы электромагнитного излучения

Ионизирующее излучение – это любой тип частиц (нейтрон, β или α) или электромагнитных волн (гамма- или рентгеновское излучение), достаточно мощных для ионизации или удаления электронов из атомов или молекул с образованием ионов [13]. В отличие от рентгеновских лучей и других форм ионизирующего излучения, неионизирующее излучение не обладает достаточной энергией для удаления электронов из атомов и молекул. Неионизирующее электромагнитное излучение не производит заряженных ионов при прохождении через вещество, но обладает достаточной энергией для возбуждения (перемещения электронов в более высокие энергетические состояния).

Ближний УФ-излучение, видимый свет, ИК-излучение, микроволны, радиоволны и низкочастотные радиочастоты (длинные волны) — все это примеры неионизирующего излучения. В отличие от этого, дальний УФ-

излучение, рентгеновские лучи, гамма-излучение и все излучения частиц при радиоактивном распаде являются ионизирующим излучением.

Ультрафиолетовое излучение классифицируется по энергии как ближний, средний и дальний ультрафиолет, из которых ближний и средний ультрафиолет технически являются неионизирующими, но все длины волн ультрафиолетового излучения могут вызывать фотохимические реакции, которые повреждают молекулы иными способами, чем простое нагревание. В связи с тем, что эти реакции часто очень похожи на реакции, вызываемые ионизирующим излучением, весь УФ-спектр обычно считается эквивалентным ионизирующему излучению в его взаимодействии со многими системами.

1.3 Влияние ионизирующего излучения на водород в металлах

Миграция водорода в радиационно возбужденных металлах и сплавах была исследована [6] [14]. Радиационными условиями в этих исследованиях были нейтронное облучение, γ -лучи, протоны и излучение α -частиц с энергией выше пороговой, при которой в твердых телах образуются дефекты, увеличивается скорость диффузии и проницаемость водорода в металлах.

Возбуждение свободной колебательной степени в подсистеме водорода происходит в присутствии энергии излучения. При наличии легкой подсистемы возбуждения атомов диффузия атомов может стимулироваться не только тепловой колебательной энергией kT , но и неравновесной энергией колебаний $\hbar\omega$ внутренней водородной атмосферы, причем излучение стимулирует выделение и диффузию водорода значительно быстрее скорости теплового равновесного процесса в металле, т.е. $\hbar\omega$ может значительно превышать kT в условиях сильного ионизирующего излучения.

В водородной подсистеме может эффективно осуществляться колебательно-вибрационный обмен между примесным состоянием и водородной подсистемой. В этих условиях диффундирующий водород и примеси становятся неравновесными процессами под воздействием

возбужденной водородной атмосферы. Относительно электронов, подсистема водород-металл способна поддерживать запас первичной энергии, достаточный для достижения ускоренного процесса диффузии [6].

1.4 Влияние УФ-излучения на десорбцию водорода из палладия

Для изучения влияния УФ излучения на десорбцию водорода из образцов использовались ультрафиолетовые кварцевые излучатели с длиной волны излучения от 180 до 275 нм. Поскольку УФ не является сильным ионизирующим излучением, энергия неравновесных флуктуаций $\hbar\omega$, вызванная его излучением, оказывает гораздо меньшее влияние на водородную подсистему, чем сильное электрическое излучение, такое как нейтронное облучение и γ -лучи.

Однако УФ-излучение все же играет роль в ускорении процесса десорбции молекул водорода, образующихся в результате объемной диффузии атомов H с поверхности металла.

На рисунке 5 показано выделение дейтерия из палладия при скорости нагрева $1\text{ }^\circ\text{C}/\text{c}$ [15].

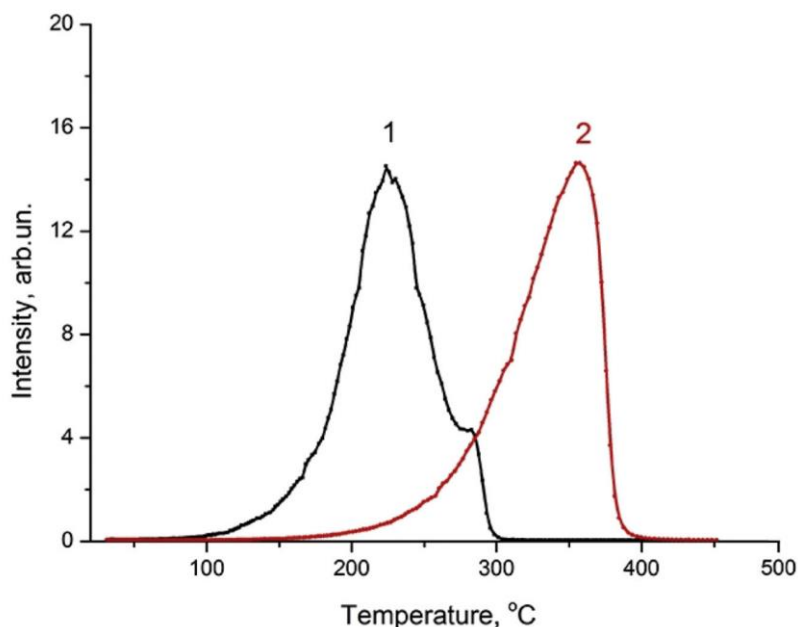


Рисунок 1.5 – Зависимость интенсивности выделения дейтерия (D) из палладия при скорости нагрева $1\text{ }^\circ\text{C}/\text{c}$ от температуры, где 1 - облучение поверхности палладия УФ-излучением, 2 - без УФ-излучения.

1.5 Влияние скорости нагрева на десорбцию атомов водорода из палладия

Энергия активации может определяться с помощью метода Киссинджера, который предполагает построение кривой $\ln(T_{\text{МАКС}}^2/\beta)$ против $1/T_{\text{МАКС}}$ и рассмотрение наклона линии как равного E/R (R – газовая постоянная) [16]. Кроме этого, часто используется метод Озавы, например, в литературе [17], и метод Старинка [18].

Проводя эксперименты при нескольких скоростях нагрева β , можно определить (эффективную) энергию активации процесса по характерной температуре T_f эффекта выделения водорода в зависимости от скорости нагрева. (Обычно за T_f принимают температуру (локального) максимума скорости выделения водорода, т.е. пиковую температуру $T_{\text{МАКС}}$).

Если все поглощенные атомы или молекулы занимают одно и то же положение и не взаимодействуют друг с другом, скорость десорбции может быть описана следующим выражением:

$$v_{\text{ДЕС}} = \frac{-d\theta}{dt} = k_n \Theta^n \exp\left(\frac{-E_{\text{ДЕС}}}{kT}\right) \quad (3)$$

где $E_{\text{ДЕС}}$ – энергия активации десорбции, Θ^n – функция, описывающая зависимость от покрытия, n – порядок кинетики десорбции, k_n – константа скорости десорбции, k – постоянная Больцмана, T – температура.

В течение эксперимента температура линейно повышается:

$$T = T_0 + \beta t \quad (4)$$

где β – скорость нагрева, t – время и T_0 – начальная температура.

На основании уравнений (1) и (2) следует, что:

$$E_{\text{ДЕС}} = kT_{\text{МАКС}} \left(\ln\left(\frac{v_1 T_{\text{МАКС}}}{\beta}\right) - 3,64 \right) \quad (5)$$

где $v_1 \sim 10^{13} \text{ с}^{-1}$ – собственная частота колебаний кристаллической решетки (частотный фактор десорбции), $T_{\text{МАКС}}$ – температура пика.

Вывод

Благодаря своим особым свойствам для водорода, материалы на основе палладия имеют большой потенциал для многих водородных применений, таких как производство и хранение водорода. Анализ механизмов поглощения и десорбции водорода в материалах важен для улучшения понимания двух ключевых технологических областей: твердотельного хранения водорода для применения в чистой энергетике и охрупчивания под действием водорода в конструкционных материалах. В энергетике системы хранения водорода являются ключевой частью достижения водородной экономики, поэтому необходимо найти материалы с высокой емкостью хранения водорода. В конструкционных материалах поглощение водорода может привести к водородному охрупчиванию и преждевременному непреднамеренному разрушению структурных компонентов. В обоих случаях энергия активации абсорбции и десорбции являются особенно важными параметрами [19].

При нагревании поверхности образца энергия десорбированных частиц увеличивается, и водород высвобождается, когда энергия десорбированных частиц выше энергии связывания с поверхностью. Таким образом, скорость десорбции увеличивается с повышением температуры палладиевого образца (в определенном диапазоне температур). Кроме того, УФ-облучение служит для ускорения процесса десорбции молекул водорода, образующихся в результате объемной диффузии атомов H с поверхности металла.

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Объект исследования

Исследование термодесорбционных спектров водорода из палладия, предварительно насыщенных водородом (ПД-99), проводилось в режиме линейного нагрева. Геометрия образцов палладия была выбрана равной $14 \times 3,8 \times 0,11 \text{ мм}^3$.

2.2 Насыщение водородом электролитическим методом

Электролиз представляет собой метод окислительно-восстановительной реакции с использованием постоянного тока. Принцип заключается в том, что прохождение электрического тока через вещество вызывает химическое изменение, которое представляет собой процесс, в результате которого вещество теряет или приобретает электроны (окисление или восстановление). В электролизе устройство, преобразующее электрическую энергию в химическую, является электролитической ячейкой, а процесс электролиза осуществляется в электролитической ячейке. Постоянный ток пропускается через раствор электролита, вызывая миграцию положительных и отрицательных ионов, причем положительные ионы движутся к катоду, а отрицательные – к аноду, где происходят реакции окисления, а на аноде и на катоде - реакции восстановления.

Установка для насыщения водорода электролизом состоит из катода (палладий), анода (проводник) и электролизной камеры (рисунок 2.1). Ионы водорода в растворе движутся к палладию как катоду под воздействием электрического поля и "растворяются" палладием. Образец насыщается путем электролиза в течение 30 минут при плотности тока насыщения $j = 4,5 \times 10^{-3} \text{ А} \cdot \text{мм}^{-2}$ в электролитическом растворе H_2SO_4 (1M).

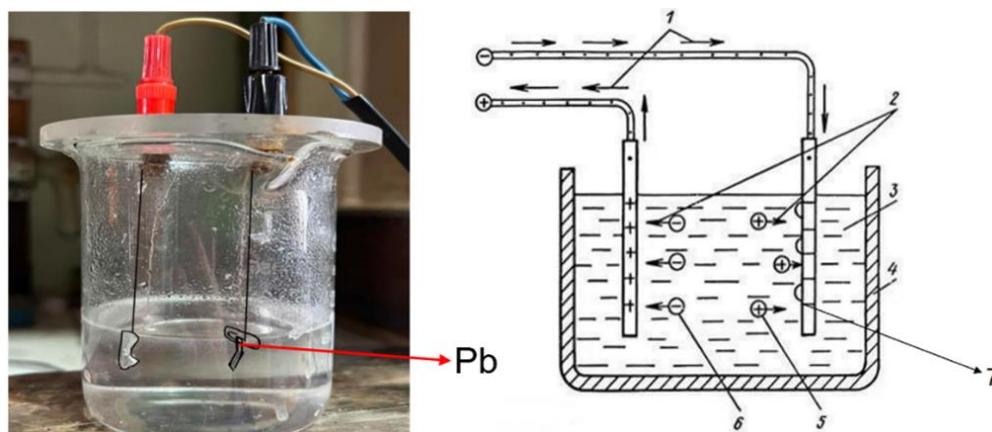


Рисунок 2.1 – Физическая схема и функциональная схема установки насыщения водорода электролизом

Электролиз является одним из широко используемых методов получения насыщенных водородом металлов и металлических сплавов, причем этот метод осуществляется на основе возобновляемых источников энергии, что отвечает требованиям современного этапа развития науки с точки зрения охраны окружающей среды. Кислотный электролиз воды, в частности, открывает перспективы для расщепления накопителей энергии с использованием возобновляемых источников энергии, таких как фотовольтаика и энергия ветра. По сравнению с электролизом щелочной воды, электролиз кислой воды имеет значительные преимущества, такие как высокая эффективность и высокая плотность тока. С другой стороны, многие отрасли промышленности, такие как производство боеприпасов/лабораторий, фармацевтическая промышленность, горнодобывающая промышленность, сталелитейная промышленность, гальваническая промышленность, фосфорная промышленность и т.д. сбрасывают сильноокислые сточные воды, что приводит к серьезному загрязнению окружающей среды и должно быть нейтрализовано перед сбросом. Превращение кислых сточных вод в отходы является одним из вариантов, поскольку кислые сточные воды могут быть использованы непосредственно в качестве аниона или, после удаления сосуществующих соединений, вредных для электрокатализа, обеспечить более благоприятные термодинамические условия для производства водорода [20].

2.3 Установка для исследование термостимулированного газовыделения

Установка, используемая для изучения процесса термостимулированного осаждения газа (рисунок 2.2), состоит из вакуумной системы, нагревательного блока и системы регистрации для расчета таких параметров, как интенсивность десорбции водорода.

Данное исследование необходимо проводить в установке с высоким вакуумом. Для достижения состояния высокого вакуума (10^{-6} Па) используется фронтальный вакуумный насос 9 (ISP-250 C), турбомолекулярные насосы 4 (Shimadzu EISO4M) и 5 (ATH 300).

Газы, выделяющиеся из материала, регистрировались с помощью масс-спектрометрии. Термостимулированное выделение газа изучается путем линейного нагрева образца палладия, помещенного во внешний нагреватель из никель-хромового сплава 12. Внешний нагреватель 12 является кварцевой трубкой с намотанными вокруг нее витками сплава нихрома, покрытыми теплоизолятором, а температура образца контролируется термопарой из хромоникелевого сплава. Прибор оборудован автоматизированной системой, управляемой компьютерной программой Project, позволяющей линейно нагревать образец от 20 до 1000 °C со скоростью от 0,1 до 5°C/c и одновременно регистрировать данные температуры и масс-спектрометра. Система позволяет отслеживать масс-спектральную интенсивность газов, десорбированных из образца в применяемых условиях, таких как электрическое облучение [21].

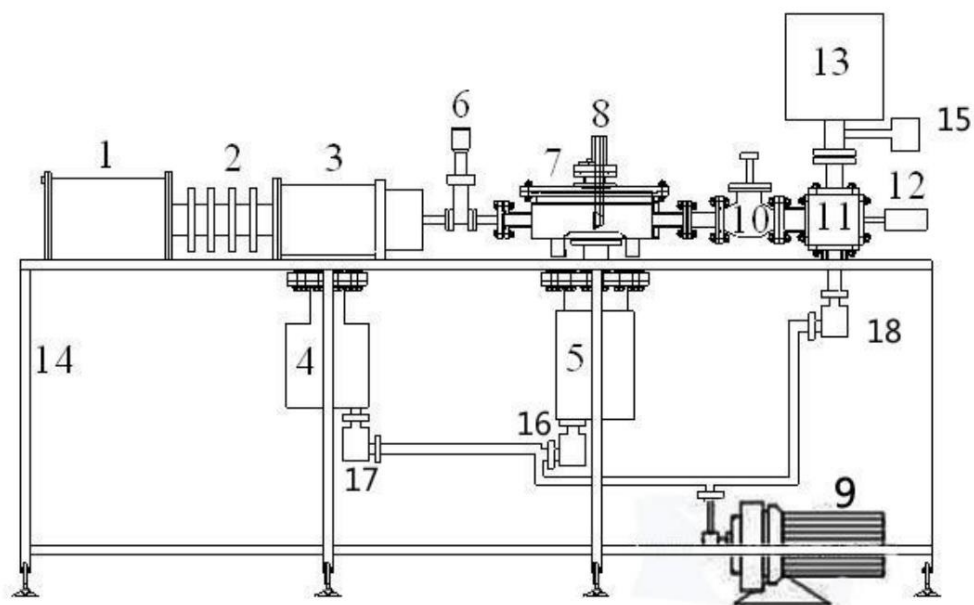


Рисунок 2.2 – Схема вакуумной части установки для исследования термо- и радиационно- стимулированного газовыделения:

- 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, 16,17,18–вентиль [21].

2.4 Прибор для производства УФ-излучения

Для изучения влияния ультрафиолетового излучения на десорбцию водорода из образца использовался облучатель ультрафиолетовый кварцевый ОУФК-01, который может излучать длины волн в диапазоне от 180 до 275 нм, работает при напряжении 220 вольт с частотой 50 Гц, потребляет не более 300 ВА и имеет габаритные размеры облучателя: не более 275×145×140 мм³.

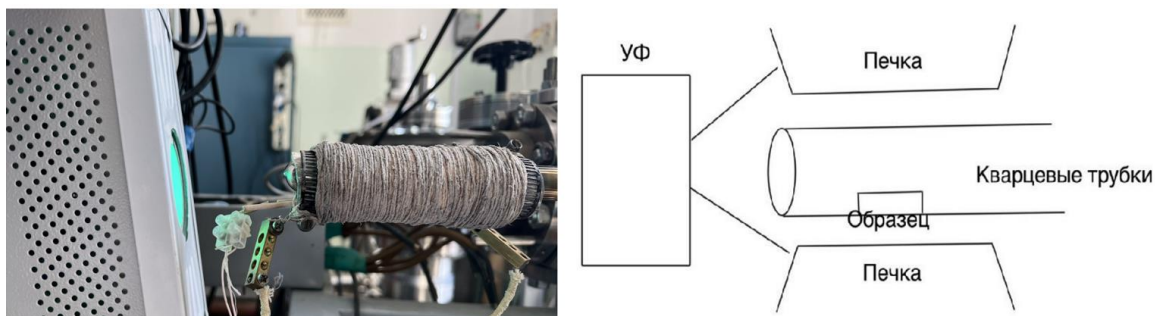


Рисунок 2.3 – Функциональная и физическая схема облучателя УФ-кварцевого ОУФК-01.

Вывод

В главе 2 приведены основные характеристики и схему экспериментальных установок для насыщения водородом и получения экспериментальных данных. Приведены два метода (теплой и за счет УФ-излучения) используемые для десорбции водорода. По сути, процесс десорбции водорода происходит с помощью нагрева. Значит потребуются меньше время чтобы достичь максимальной интенсивности десорбции.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Влияние УФ-излучения на десорбцию водорода из палладия

На рисунке 9 показана зависимость интенсивности водорода, десорбированного из палладия при комнатной температуре, от времени. Видно, что УФ-излучение способствует выделению водорода из палладия, но при этом разогрев образца происходит не значительный (на 4 °С).

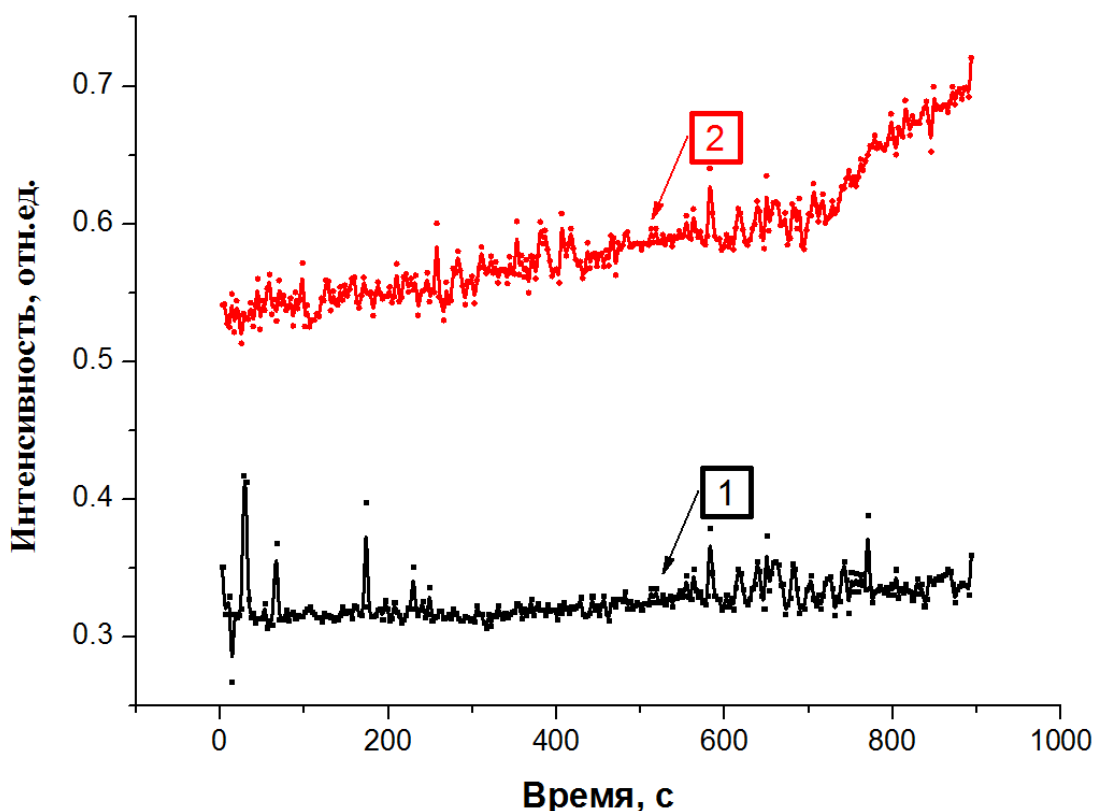


Рисунок 3.1 – Зависимость производства водорода для Pd от времени при комнатной температуре, где 1 - без УФ; 2 - с УФ.

3.2 Влияние скорости нагрева на выделения водорода из палладия

На рисунке 10 показана зависимость интенсивности десорбции водорода от температуры при различных скоростях нагрева. Видно, что с увеличением скорости нагрева температура, соответствующая максимальному значению десорбированного водорода, смещается в область более высоких температур. На каждую единицу скорости нагрева $T_{\text{макс}}$ смещается на 5 °С в область более высоких температур. В таблице 3.1 приведены значения положения пиков $T_{\text{макс}}$ и энергия активации десорбции $E_{\text{дес}}$. Видно, что по мере увеличения скорости

нагрева изменяется и значение $E_{\text{дес}}$.

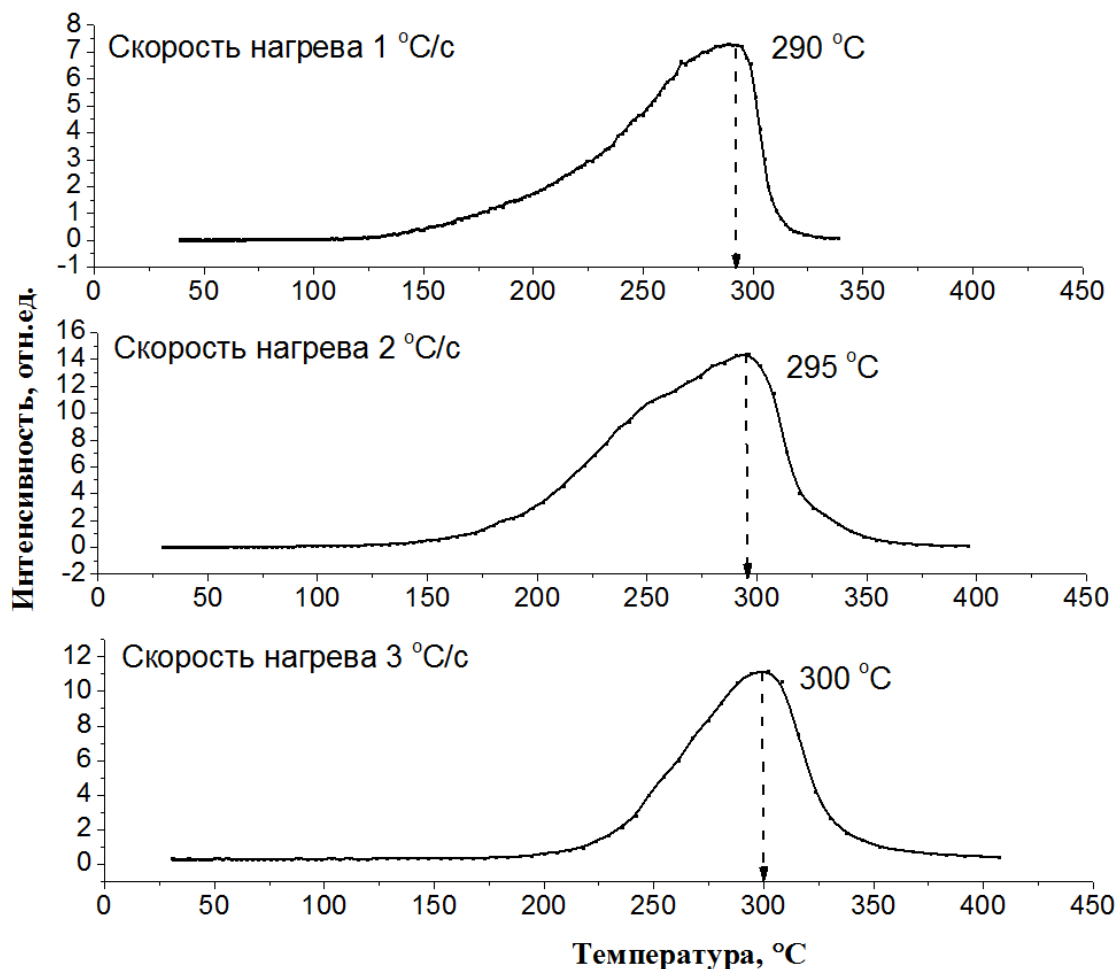


Рисунок 3.2 – Зависимость производства водорода для Pd от температуры при различных скоростях нагрева.

Таблица 3.1 – Значение $T_{\text{мах}}$ и $E_{\text{дес}}$ десорбции водорода из Pd

Скорость нагрева, °C/c	$T_{\text{мах}}$, °C	$E_{\text{дес}}$, эВ
1	290 ± 2	$1,554 \pm 0,005$
2	295 ± 1	$1,565 \pm 0,002$
3	300 ± 1	$1,572 \pm 0,002$

3.3 Влияние комбинированного УФ-излучения и нагрева на получение водорода из палладия

На рисунке 11 показана зависимость интенсивности десорбции водорода от температуры для различных скоростей нагрева в наличии УФ-излучения.

Видно, что с увеличением скорости нагрева температура, соответствующая максимуму десорбции водорода, смещается в область более высоких температур. На каждую единицу скорости нагрева температурный максимум смещается на 17°C в область более высоких температур. В таблице 3.2 приведены значения положения пиков T_{max} и энергия активации десорбции $E_{\text{дес}}$. Видно, что по мере увеличения скорости нагрева изменяется и значение $E_{\text{дес}}$.

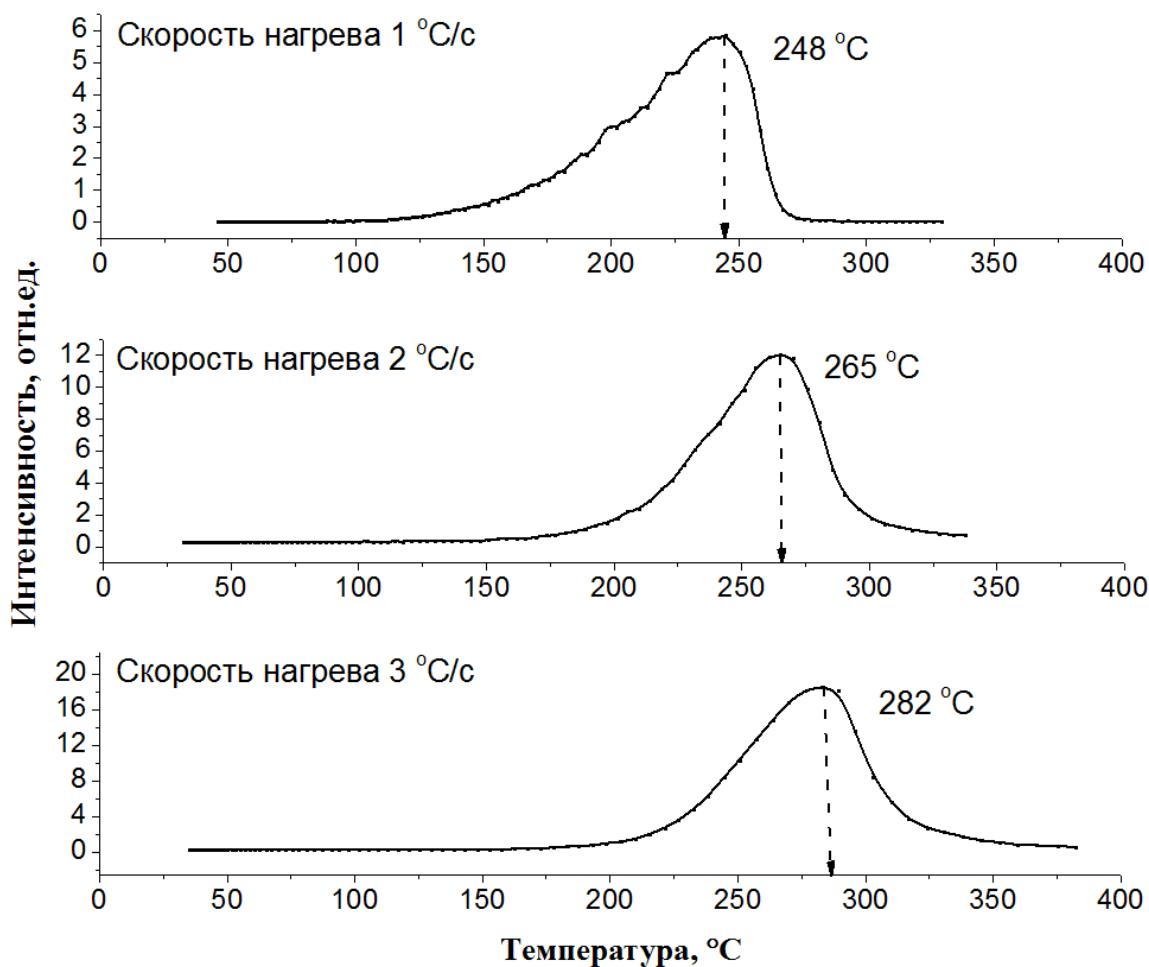


Рисунок 3.3 – Зависимость производства водорода из Pd от температуры для различных скоростей нагрева в присутствии УФ-излучения.

Таблица 3.2 – Значение T_{max} и $E_{\text{дес}}$ десорбции водорода из Pd в наличии УФ-излучения

Скорость нагрева, $^{\circ}\text{C/s}$	T_{max} , $^{\circ}\text{C}$	$E_{\text{дес}}$, эВ
1	248 ± 1	$1,463 \pm 0,002$
2	265 ± 2	$1,479 \pm 0,004$

3	282±3	1,509±0,006
---	-------	-------------

3.4 Сравнение и анализ влияния десорбции водорода из палладия с УФ-излучением и без УФ-излучения при одинаковой скорости нагрева

На рисунках 12 и 13 показаны сравнение влияния присутствия или отсутствия УФ-излучения на десорбцию водорода из палладия при одинаковой скорости нагрева. В таблице 3.3 приведены значения разниц $T_{\text{макс}}$ в наличии и отсутствии УФ-излучения при одинаковой скорости нагрева.

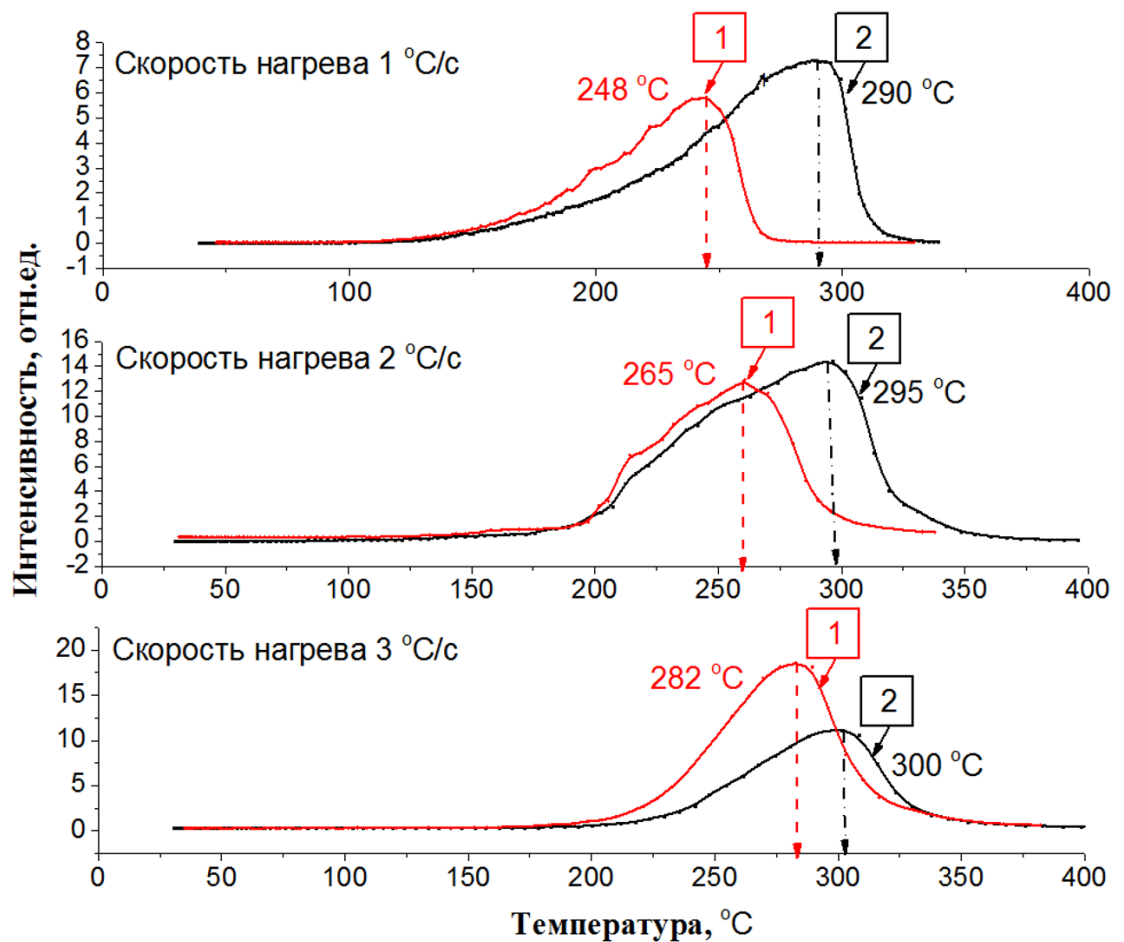


Рисунок 3.4 – Выход водорода из Pd с УФ-излучением и без него при одинаковой скорости нагрева, где 1 - с УФ; 2 - без УФ.

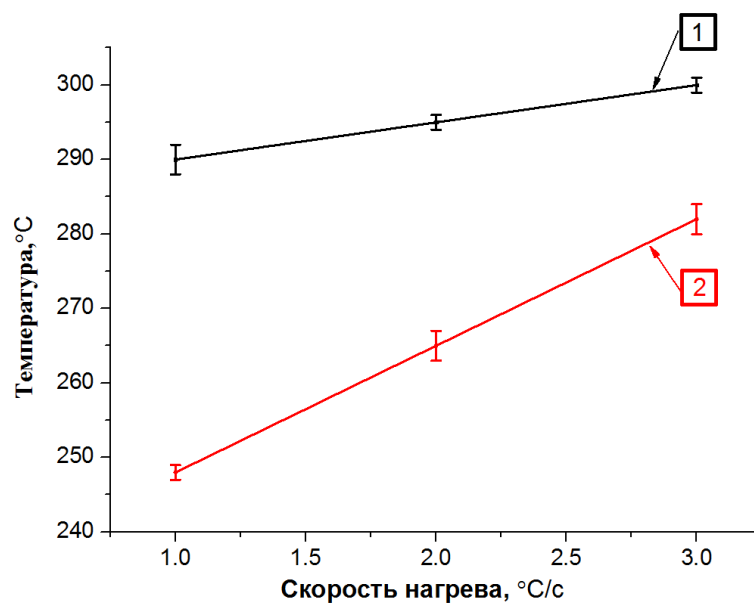


Рисунок 3.5 – Зависимость скорости нагрева от температуры, где 1 - без УФ; 2 - с УФ

При сравнении температурных максимумов при наличии и отсутствии УФ-излучения и одинаковых скоростях нагрева, следует, что при 1 °C/c сдвиг составляет ~40 °C, при 2 °C/c ~30 °C и при 3 °C/c ~20 °C.

Таблица 3.3 – Разница $T_{\text{макс}}$ в наличии и отсутствии УФ-излучения при одинаковой скорости нагрева

Скорость нагрева β , °C/c	$\Delta T = T_{\text{УФ}} - T $, °C
1	42±3
2	30±3
3	18±4

Обнаружены следующие явления:

1. УФ-излучение способствует десорбции водорода из палладия ;
2. При увеличении скорости нагрева (1°C/сек → 3°C/сек) $T_{\text{макс}}$ смещается в область высоких температур ;
3. В присутствии УФ-излучения $T_{\text{макс}}$ смещается в область высоких температур с увеличением скорости нагрева (1°C/сек → 3°C/сек).

Вышеуказанные явления были проанализированы следующим образом:

1. Влияние ультрафиолетового излучения на десорбцию

В присутствии УФ-излучения диффузия атомов стимулируется не только тепловой колебательной энергией kT , но и неравновесной энергией колебаний $\hbar\omega$ внутреннего водорода. Таким образом, УФ способствует ускорению десорбции водорода с поверхности металлов, т.е. присутствие УФ ускоряет диффузию H-атомов из объема поверхности металла для формирования молекул водорода для процесса десорбции.

2. Влияние скорости нагрева на десорбцию

С точки зрения энергии активации, с увеличением скорости нагрева незначительно (в пределах погрешности) увеличивается энергия активации $E_{\text{дес}}$ для десорбции водорода из палладия, т.е. тем труднее протекает реакция и, следовательно, тем больше энергии должно быть поглощено разрешенными частицами.

Таблица 3.4 – Энергии активации десорбции водорода

Скорость нагрева β , °C/c	Энергия активации десорбции $E_{\text{дес}}$, эВ	
	без УФ	с УФ
1	$1,554 \pm 0,005$	$1,463 \pm 0,002$
2	$1,565 \pm 0,002$	$1,479 \pm 0,004$
3	$1,572 \pm 0,002$	$1,509 \pm 0,006$

3. УФ-излучение не является сильным ионизирующим излучением и не проникает в вещества. С увеличением скорости нагрева его влияние на процесс десорбции будет больше, чем влияние УФ-излучения на процесс десорбции ($kT > \hbar\omega$), и высокая скорость нагрева ингибирует десорбции водорода.

Вывод

По результатам этой работы можно сделать следующие выводы:

– не зависимо от наличия или отсутствия УФ-излучения при увеличении скорости нагрева максимум спектра смещается в область высоких температур.

– в случае отсутствия УФ-излучения наблюдается сдвиг температурного максимума в область высоких температур на $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ за каждую единицу скорости нагрева;

– при наличии УФ-излучения наблюдается сдвиг температурного максимума в область высоких температур на $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ за каждую единицу скорости нагрева;

Сравнивая температурные максимумы при одинаковых скоростях нагрева без УФ- и с УФ-излучением, видно, что при $1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{сек}$ сдвиг составляет $\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$, при $2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{сек}$ $\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ и при $3\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{сек}$ $\sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

На основании полученных результатов следует, что УФ – излучение в некоторой степени ($1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{сек} \rightarrow 3\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{сек}$) способствует выходу водорода из палладия.

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

Студенту:

Группа	ФИО
150Б95	Ху Юйфань

Школа	Инженерная Школа ядерных технологий	Отделение школы (НОЦ)	Отделение Экспериментальной физики
Уровень образования	Бакалавриат	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:

2. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Оценка коммерческого и инновационного потенциала прибор контроля металла термoeлектрическим методом.
3. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Планирование процесса управления прибор контроля металла термoeлектрическим методом: структура и график проведения
4. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Расчет бюджет работа

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Верховская М.В.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б95	Ху Юйфань		

Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Темой настоящей ВКР является: Влияния ультрафиолетового излучения и скорости нагрева на десорбцию водорода из палладия. Исследование характера изменения температуры, соответствующей максимальной интенсивности водорода, выделяющегося из палладия при различных скоростях нагрева и в присутствии или отсутствии УФ-излучения.

Оценка коммерческой ценности работы является необходимым условием в процессе поиска источников финансирования научных исследований и коммерциализации их результатов. Кроме превышения технических параметров предыдущих разработок, важно понимать коммерческую привлекательность научных исследований.

Целью финансового и экономического компонента выпускной квалификационной работы является формирование навыков оценки результатов научной работы и поиска источников финансирования научных исследований. Данный компонент предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческой перспективности разработки;
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджетных средств на проведение научно-исследовательской работы;
- Определение эффективности ресурсной, финансовой и бюджетной эффективности научных исследований.

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Основные потребители результатов исследований находятся в области водородных технологий. Палладиевые материалы имеют большой потенциал для многих применений, связанных с водородом, таких как водородное зондирование, разделение водорода (тонкие пленки для фильтрации водорода), катализ, производство водорода и хранение водорода. Результаты

исследования способствуют разработке более совершенных водородных материалов и технологий хранения водородной энергии. Это также может способствовать развитию таких областей, как возобновляемые источники энергии, топливные элементы и металлический катализ.

4.2 Экономическая эффективность исследования

Эксперимент не представляет промышленного интереса, его целью является только получение характеристик влияния УФ-излучения и скорости нагрева на десорбцию водорода из палладия.

В связи с этим оценить его экономический эффект не представляется возможным.

4.3 Планирование научно-технического исследования

При организации выполнения конкретных проектов важно грамотно спланировать занятость участников и рабочее время каждого. Проводя исследования для диссертации, необходимо создавать рабочие группы для достижения и выполнения конкретных целей. Для различных видов работ необходимо создать соответствующую должность для человека, который будет выполнять эту работу.

Таблица 4.1 - Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	Научный руководитель	Научный руководитель – 100%
Составление и утверждение ТЗ	Научный руководитель	Научный руководитель – 100%
Выбор направления исследований	Научный руководитель, Исполнитель	Научный руководитель – 35% Исполнитель – 100%

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

4.3.1 Продолжительность этапов работ

Существует два способа расчета трудоемкости этапа работ.

Первый способ является технико-экономическим: данный способ относится к нормативной базе трудоемкости полностью разработанного процесса планирования, что в свою очередь обусловлено их высокой

повторяемостью в стабильных условиях. Мы отказываемся от использования данного метода, так как подрядчики зачастую не имеют соответствующих критериев.

Второй метод является экспериментально-статистическим методом, который может быть реализован двумя способами: 1) аналоговыми 2) экспертным. Метод моделирования возможен только в том случае, если в поле зрения исполнителя имеется устаревший тренажер. В основном он может применяться только локально по отдельным элементам (этапам работ). Именно поэтому для оценки выбран экспертный метод. Метод экспертов пригоден для применения в ситуациях, когда не хватает информационных ресурсов, и эксперты в конкретных предметных областях проводят необходимые количественные оценки на основе своего профессионального опыта.

Рассчитайте необходимое время для выполнения каждого этапа работы, используя следующую формулу:

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

где t_{min} – Минимальное время работы, дн.; t_{max} – максимальная время 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 завершения работ, $K_{вн} = 1,2$; $K_{д}$ - Коэффициент дополнительного времени для компенсации непредвиденных задержек и согласования, $K_{д} = 1,1$

Продолжительность этого этапа измеряется в календарных днях и в соответствии с формулой:

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

где $T_{кд}$ - продолжительность этапа в календарных днях; $T_{к}$ - календарный коэффициент, рассчитываемый по формуле:

$$T_{к} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вд} - T_{пд}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22 \quad (4.4)$$

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 4.2 - Затраты на оплату труда для реализации проекта

№	Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
						$T_{\text{РД}}$		$T_{\text{КД}}$	
			t_{min}	t_{max}	$t_{\text{ож}}$	НР	И	НР	И
1	Постановка целей и задач	НР	3	4	3.4	3.12	-	3.802	-
2	Составление и утверждение ТЗ	НР	2	3	2.4	2.2	-	2.684	-
3	Выбор направления исследований	НР, И	7	10	8.2	2.26	7.52	2.75	9.17
4	Разработать экспериментальный план и график	НР, И	2	4	2.8	2.57	0.26	3.13	0.31
5	Обсуждение литературы	НР, И	3	6	4.2	1.16	3.85	1.41	4.70
6	Выбор структурной схемы устройства	НР, И	7	14	9.8	8.98	4.49	10.96	5.48
7	Выбор принципиальной схемы устройства	НР, И	4	10	6.4	5.87	4.69	7.16	5.73

8	Насыщение образцов водородом электролитическим методом	НР, И	30	45	36	32.85	26.28	40.08	32.06
9	Экспериментальный анализ данных	НР, И	15	20	17	3.12	12.46	3.80	15.21
10	Оформление расчетно-пояснительной записки	НР, И	5	6	5.4	1.98	3.96	2.42	4.83
11	Оформление графического материала	НР, И	10	15	12	11	8.8	13.42	10.74
12	Подведение итогов	НР, И	4	6	4.8	2.64	4.4	3.221	5.368
	Итого:				112.4	77.73	76.71	94.83	93.59

где, НР — это научный руководитель, И — это исполнитель

№	НР	И	Мар т			Апрель			Май			Июнь		
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	11)	120
1	3.80	-	■											
2	2.68	-		■										
3	2.75	9.17			■									
4	3.13	0.31				■								
5	1.41	4.70					■							
6	10.96	5.48						■						
7	7.16	5.73							■					
8	40.08	32.06								■	■	■	■	

4.4 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

Затраты на создание проекта включают в себя все расходы, необходимые для выполнения каждой из задач, составляющих проект. Сметная стоимость его выполнения рассчитывается на основе следующих статей расходов: материалы и покупные изделия; заработная плата; социальные налоги; расходы на электроэнергию (за исключением освещения); амортизация; командировочные расходы; расходы на связь.

4.4.1 Расчет затрат на материалы

В первую очередь, затраты включают в себя стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, которые непосредственно потребляются при эксплуатации объекта проектирования. При закупке большого количества изделий, например, при определении цены за штуку палладия марки ПД-99, мы используем метод взвешивания. За цену единицы принимается средняя рыночная цена. Несмотря на то, что оптовая цена будет значительно ниже среднерыночной, это не окажет существенного влияния на небольшое количество исследуемых образцов.

Таблица 4.3 - 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	20000	1	20000
Раствор H ₂ SO ₄	л	20	1	20
Наждчная бумага (А4)	штук	60	20	1200
Транспортно-заготовительные расходы (10-20%)				780
Итого:				22000

4.4.2 Расчет заработной платы

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

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

При учете премий, дополнительной заработной платы и региональных надбавок используются следующие коэффициенты:

$$КПР = 1,1; К_{доп. ЗП} = 1,188; Кр = 1,3.$$

Таким образом, необходимо добавить эти ставки к базовой заработной плате, чтобы рассчитать соответствующий коэффициент. Формула расчета данного коэффициента выглядит следующим образом

$$Ки = КПР * К_{доп. ЗП} * Кр = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699.$$

Таблица 4.4 - Затраты на заработную плату

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

4.4.3 Расчет затрат на социальный налог

Стоимость Единого социального налога (ЕСН), который включает в себя взносы в Пенсионный фонд, социальное и медицинское страхование, составляет 30% от общего фонда оплаты труда проекта.

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

4.4.4 Расчет затрат на электроэнергию

Подсчитайте стоимость электроэнергии, необходимой для проведения теста. Необходимо знать местную цену на электроэнергию, мощность прибора и количество времени, в течение которого он будет использоваться, используя формулу:

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

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

После регистрации спектральных данных экспериментальное оборудование было запущено на 24 часа с использованием удаленного компьютера для получения данных в режиме реального времени. Так как экспериментальный метод имеет излучение частиц высокой энергии, то контакт человека с оборудованием будет сведен к минимуму. В результате такой операции экспериментальное оборудование будет работать больше, чем человек.

При этом стоимость $t_{об}$ определяется путем прямого учета, особенно в тех случаях, когда использование соответствующего оборудования ограничено.

Мощность, которую потребляет оборудование, определяется по формуле

$$P_{об} = P_{ном.} \cdot K_C$$

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

Расчет платы за электроэнергию производится следующим образом:

Таблица 4.5 - Расчета стоимости электроэнергии

№	Наименование оборудования	Время работы $t_{об}$ (ч)	Потребляемая мощность $P_{об}$ (кВт)	Цена единицы оборудования, $C_{э}$ (кВт/ч);	Затраты на электроэнергию, руб.
---	---------------------------	------------------------------	---	--	---------------------------------

1.	Установка насыщения водорода электрическим	864	0,09	5,748	447,0
2.	Турбомолекулярный насос (НВТ 100 ФО)	864	0,07		347,6
3.	гибридный турбомолекулярный насос (АТН 300)	864	0,07		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

4.4.5 Расчет амортизационных расходов

При расчете стоимости учитываются не только затраты на электроэнергию, но и амортизация оборудования. Для этого используется формула.

$$C_{AM} = \frac{N_A * Ц_{ОБ} * t_{рф} * n}{F_d}$$

где N_A – годовая норма амортизации; ($N_A=12,5\%$ по приложению 1, для ПК $N_A=40\%$), $Ц_{ОБ}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. F_d – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования. ($301*24=7224$ ч), $t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования

в ходе выполнения проекта, задается исполнителем проекта; n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Результаты расчета амортизации в таблице 4.6:

Таблица 4.6 - Расчета амортизации

№	Наименование оборудования	Количество (n).	Цена единицы оборудования, руб (Цоб)	Общая стоимость оборудования, руб.	Время работы, $t_{рф}$ (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

4.4.6 Расчет прочих расходов

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

4.4.7 Стоимость всего проекта

Затраты на каждый из этих компонентов объединяются и суммируются. Стоимость всех затрат для данного эксперимента приведена в таблице 4.7 ниже.

Таблиц 4.7 Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	22000
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:		181540,3

Вывод

Данный эксперимент не представляет промышленного интереса, его целью является только описание влияния УФ-излучения и скорости нагрева на десорбцию водорода из палладия. Следовательно, оценить его экономический эффект не представлялось возможным.

При планировании исследовательской работы бюджет исследования исходил из стоимости материалов (22 000 руб.), стоимости электроэнергии для оборудования для научной работы (4 253 руб.), стоимости основной заработной платы исполнителя темы (106 056,12 руб.), расходы на социальное обеспечение (31 816,84 руб.), расходы на амортизацию (1983,4 руб.) и прочие необходимые понесенные расходы (15 430,9 руб.). Общий бюджет составляет 181540,3 руб.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
150Б95		Ху Юйфань	
Школа	Инженерная Школа ядерных технологий	Отделение (НОЦ)	Отделение Экспериментальной физики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ специальность	03.03.02. Физика

Тема ВКР:

Влияния ультрафиолетового излучения и скорости нагрева на десорбцию водорода из палладия

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p>Объект исследования : палладий ПД-99 Область применения : хранение водорода и применение водородной энергии Рабочая зона: офис, лаборатория Размеры помещения (климатическая зона*) :5*7 м Количество и наименование оборудования рабочей зоны: устройства для выделения газов, стимулируемые теплом и излучением Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: после включения вакуумного насоса и создания вакуума палладиевый материал подвергается линейному нагреву и УФ-излучению, десорбированные частицы анализируются масс-спектрометром и передаются в компьютерную программу " Проект" для обработки и создания изображения.</p>
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>СанПиН 2.2.4-548-96. Нормы гигиенических требований по микроклимату производственных помещений; СНиП 23-05-95. Нормы естественной и искусственной освещенности на предприятиях; ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Нормативы допустимых уровней шума в помещениях производственных предприятий.</p>
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p>1. нарушения показателей микроклиматической атмосферы; 2. наличие пожаро- и взрывоопасных факторов; 3. электромагнитное излучение из-за длительного использования приборов и компьютеров; 4. чрезмерный шум, вызванный работой вакуумного насоса</p>

3. Экологическая безопасность при эксплуатации:	<p>Воздействие на селитебную зону: рабочей средой является лаборатория, и загрязнения жилой среды не происходит</p> <p>Воздействие на литосферу: палладий не радиоактивен и, по существу, не загрязняет окружающую среду.</p> <p>Воздействие на гидросферу: сброс разбавленной серной кислоты</p> <p>Воздействие на атмосферу: в процессе насыщения водородом образуется газообразное состояние, содержащее низкие концентрации сульфида</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации:	<p>Возможные ЧС : пожар или взрыв из-за неправильного обращения</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожар или взрыв</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Сечин А.И.	д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б95	Ху Юйфань		

Глава 5. Социальная ответственность

Введение

Исследование влияния УФ-излучения и скорости нагрева на десорбцию водорода из палладиевых материалов связано с применением различных устройств: насыщение образца палладия в растворе H_2SO_4 (1м/л) путем электролиза; десорбция водорода из образца путем нагрева и регистрация выхода водорода из образца методом масс-спектрометрии.

Основой данной работы было получение данных о влиянии УФ-излучения и скорости нагрева на десорбцию водорода из палладия. В связи с этим, наиболее важной частью данного исследования было изучение установки термически стимулированного получения водорода. Регистрация результатов и построение графиков осуществлялись с помощью компьютерной программы.

Актуальность данного раздела заключается в изучении социальной ответственности данного исследования, и рассмотрим все вопросы, перечисленные выше. А также экологическая безопасность, типичные чрезвычайные ситуации и меры, принимаемые при их возникновении.

5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

5.1.1 Особые правовые положения в трудовом законодательстве.

Нормы трудового права представляют собой правила отношений в сфере занятости, которые установлены или санкционированы государством в законодательном порядке.

Нормы трудового права определяют всякие взаимоотношения, которые связаны с применением рабочей силы человека.

Эти нормы реализуются в различных формах:

- сами трудовые отношения;
- организация и регулирование труда;
- наем работников;

-
- социально-партнерские, коллективно-совместные отношения;
 - стимулирование труда для безработных;
 - организационная работа по профессиональному обучению и повышению квалификации;
 - гарантирование мероприятий по защите трудовых прав граждан;

Выполнение требований охраны труда и обязательную аттестацию рабочих мест определяет глава 34 Трудового кодекса Российской Федерации.

5.1.2 Организация пространственной планировки работы исследователей

Для использования тепловой стимуляции для проведения исследования выделения водорода необходимо соблюдение следующих условий: возраст 18 лет и старше, отсутствие медицинских противопоказаний, обучение технике безопасности и инструктаж на рабочем месте.

После специального обучения и тестирования оператор допускается к самостоятельной работе. Оператор понимает принципы работы устройства и правила безопасности при работе с вакуумными устройствами, приобретает навыки работы с устройством для выделения газов с тепловой стимуляцией, знакомится с безопасными методами решения проблем в случае их возникновения и получает разрешение на самостоятельное использование вакуумного устройства.

Минимум раз в год проводится повторная проверка знаний правил электробезопасности и безопасной эксплуатации вакуумного оборудования, а также не реже одного раза в три месяца.

Все виды инструктажа должны быть занесены в стандартизированный инструкционный лист, который должен быть подписан лицом, получающим инструктаж, и лицом, ответственным за проведение инструктажа, в котором указывается дата проведения инструктажа, название и номер инструкции по виду работ, в отношении которых проводится инструктаж.

К законодательным и нормативным документам по данному вопросу относятся:

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 о влиянии персональных компьютеров:

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;

Документы, связанные с микроклиматом:

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.

Документы, связанные с шумом:

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

5.2. Производственная безопасность.

5.2.1 Оценка потенциальных вредных факторов и факторов риска для объектов исследований

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-74, опасности и вредности могут быть классифицированы как физические, химические, психофизиологические и

биологические в соответствии с их воздействием на организм.

Исследовательская установка включает высоковакуумную камеру и вакуумный насос, нагревательную и облучательную установки, масс-спектрометр и систему регистрации параметров процессов разделения растворенных и поглощенных атомных и молекулярных соединений. Высоковакуумная система состоит из трех ступеней откачки для достижения высокого вакуума: форвакуумный насос (ISP-250 C), TMN (Shimadzu EI-S04M) и гибридный TMN (ATH 300).

В таблице 5.1 указаны опасные и вредные факторы, присутствующие в данной работе.

Таблица 5.1 - Список опасных и вредных объектов

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4-548-96 [22]. Нормы гигиенических требований по микроклимату производственных помещений; СНиП 23-05-95 [23]. Нормы естественной и искусственной освещенности на предприятиях; ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ [24]. Нормативы допустимых уровней шума в помещениях производственных предприятий.
Превышение уровня шума	+	+		
Отсутствие или недостаток	+	+	+	
Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	
Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	

Эти факторы могут иметь последствия для здоровья, а также могут привести к аварийным и опасным ситуациям, поэтому их необходимо

контролировать в соответствии с критериями и требованиями, перечисленными в таблице.

5.2.2 Анализ возможных опасностей в лаборатории

5.2.2.1 Отклонения от показателей микроклимата в рабочих помещениях

Микроклимат на производственном участке включает в себя температуру, влажность и скорость движения воздуха. Отклонения от стандартов могут оказывать неблагоприятное воздействие на людей, часто приводя к ухудшению здоровья сотрудников, снижению производительности труда и различным заболеваниям.

При неблагоприятных условиях может возникнуть перегрузка терморегуляционных механизмов, приводящая к перегреву или переохлаждению организма:

Высокая температура может вызвать быструю утомляемость работников и привести к тепловому удару.

В то время как низкие температуры могут привести к местному или общему охлаждению организма и стать причиной простуды или обморожения.

Низкая влажность может привести к сухости слизистых оболочек дыхательных путей работника и вызвать дискомфорт.

5.2.2.2 Электромагнитное излучение

Исследования проводятся с использованием персональных компьютеров. Основным вредным фактором для инженеров-исследователей является электромагнитное излучение, которое воздействует на костную ткань, ухудшает зрение, повышает утомляемость, а также может привести к ухудшению памяти и развитию рака.

Таблица 5.2 - Допустимые уровни электромагнитных полей, генерируемых персональными компьютерами 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

Безопасность уровней радиации определена СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 и приведена в таблице 5.2.

5.2.2.3 Шум

Продолжительное воздействие шума может приводить к повреждению слуха, а в некоторых случаях к развитию глухоты. Загрязнение шумом на рабочем месте оказывает неблагоприятное воздействие на работников: снижение концентрации внимания, увеличение затрат энергии на ту же физическую работу, замедление времени психической реакции и т.д. Результатом является уменьшение производительности и ухудшение качества работы.

Различные виды шума нормируются по-разному. В случае непрерывного шума уровень звукового давления указывается в виде октавных полос со средней частотой 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц. В случае прерывистого шума также указываются эквивалентные уровни звука. Для офисных рабочих мест и для жилых и общественных зданий и их территорий допустимые уровни звукового давления отличаются.

К методам и средствам коллективной защиты, которые в зависимости от способа реализации можно разделить на архитектурно-акустические, архитектурно-планировочные и организационно-технические, относятся:

- 1.определение направленности шумовых излучений;
- 2.рациональная планировка территорий предприятий и производств;

3. акустическое оформление помещений;

4. использование звукоизоляции.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) обычно наиболее эффективны в высокочастотном диапазоне. К СИЗ относятся беруши, наушники, каски и шлемы, а также специальные костюмы.

5.2.2.4 Взрывоопасность при пожаре

Используемые помещения относятся к категории пожарной опасности В4 по НПБ 105-03, а именно содержат горючие и негорючие жидкости, вещества и материалы (в том числе пыль и волокна), однако величина удельной пожарной нагрузки на площади составляет в пределах 1-180 МДж·м⁻². Для каждой взрывопожароопасной зоны (цех, установка и т.д.) в лаборатории разработано описание мер пожарной безопасности в соответствии с Федеральным законом № 123 - ФЗ от 22 июля 2013 года.

Пожарное оборудование для пожарных кранов, огнетушители и другие защитные установки в соответствии с ГОСТ 12.1.004-91, пересмотренный 21.10.1993.

Порошковыми огнетушителями пользуются как основным средством тушения пожаров класса А (твердые), класса В (жидкие) и класса С (газовые) и электрооборудования до 1000 вольт; они не подходят для щелочных и щелочноземельных металлов и других материалов, которые будут гореть при отсутствии доступа воздуха.

5.2.3 Обоснование мер защиты исследователей от опасностей и вредных факторов.

Чтобы обеспечить безопасность, до начала работы важно одеть правильную защитную одежду, привести в готовность инструменты и оборудование, необходимые для работы, и подготовку рабочей поверхности. Электрооборудование также должно быть проверено на наличие внешних

повреждений, наличие и пригодность контрольных, измерительных и сигнальных приборов, компьютеров, тумблеров и т.д. Если обнаружены какие-либо неисправности, необходимо сообщить об этом ответственному за лабораторию. Не приступайте к работе, если какие-либо из используемых приборов неисправны, если истек период периодической аттестации баллонов, истек срок годности манометров и если персонал не прошел надлежащее обучение и проверку знаний по охране труда. Производство работ с оборудованием должно осуществляться в чистом помещении, не содержащем пыли, паров, кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, которые вызывают коррозию. Вблизи оборудования не должно быть открытого огня. После завершения работ на приборе следует:

1. удостовериться, что все вентили на контроллере закрыты;
2. завершить работу программы и отсоединить компьютер от источника питания;
3. отсоединить систему и насос от источника питания.

5.3. Экологическая безопасность

5.3.1 Анализ воздействия на экологическую обстановку на исследуемой территории

В разработанном макете лабораторной работы предусмотрено использование компьютеров. Применение этого оборудования напрямую связано с использованием электроэнергии. Энергетика оказывает большое влияние на окружающую среду, будучи источником различных загрязнений воздуха, воды, земной поверхности и ее недр, и основным потребителем топливных ресурсов, которые определяют степень ее производства.

5.3.2 Анализ воздействия на экологическую обстановку в процессе исследования.

Компьютеры и устройства соответствуют самым высоким требованиям

эксплуатационной безопасности. Они соответствуют следующим международным стандартам безопасности для электрооборудования, используемого для измерений, контроля и лабораторных испытаний:

IEC 61010-1, EN 61010-1;

UL 61010-1, CSA 61010-1.

Основным воздействием на экологическую обстановку является образование и поступление твердых отходов в форме использованных ПК, их компонентов и содержащихся в них опасных веществ.

5.3.3 Обоснованность мер по охране природы

В этой статье скрап — это металлический порошок, образующийся во время очистки печных камер и остальных элементов установки. Эти порошки в основном включают в себя сталь, палладий и окси-нитриды. Для того чтобы переработать эти отходы, их необходимо сначала разделить, для чего могут использоваться магниты. После того чтобы разделить отходы на 2 подгруппы: сталь и оксинитриды, их следует передать на специальный участок переработки.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1 Анализ возможных непредвиденных ситуаций, инициированных субъектом

Самая возможная чрезвычайная ситуация при работе с развитыми комплексами — это пожар, поскольку современные компьютеры имеют высокую плотность электронных схемных компонентов, а соединения и кабели расположены так близко друг к другу, что при протекании по ним тока выделяется большое количество тепла и изоляция может расплавиться и вызвать пожар. зона ПК относится к классу пожарной опасности "В". Необходимо соблюдать правила и нормы пожарной безопасности (НПБ 105-03) и выполнять требования по защите и тушению пожара согласно ГОСТ

Помещения, в которых установлены ПК, принадлежат к категории II - помещения повышенной опасности, поскольку возможно прикосновение людей, не изолированных от пола, к уже находящемуся под напряжением корпусу ПК. максимально допустимые уровни напряжения и тока прикосновения приведены в ГОСТ 12.1.038-82.

5.4.2 Анализ возможных причин несчастных случаев на производстве. В ходе реализации объекта исследования

Пожары в помещениях могут быть вызваны неэлектрическими и электрическими причинами.

К неэлектрическим причинам относятся:

- неисправность и перерывы в процессе эксплуатации оборудования;
- небрежность, неосторожное обращение с огнем (копчение, без присмотра нагревательное оборудование);
- неисправность оборудования или систем вентиляции;
- самопроизвольное возгорание или самовозгорание веществ.

К электрическим причинам относятся:

- короткие замыкания;
- избыточная нагрузка на провода;
- высокое переходное сопротивление;
- искры;
- статический электрический ток.

Маловероятно, что возникнут другие виды чрезвычайных ситуаций.

5.4.3 Основание для принятия мер предосторожности в чрезвычайных ситуациях и разработка аварийных процедур

Противопожарная безопасность учреждения на объекте должна гарантироваться системой пожарной профилактики и защиты от пожара,

включающей организационные и технические меры. Пожарная безопасность должна обеспечиваться за счет применения средств пожаротушения и использования автоматической пожарной сигнализации.

Необходимо принимать следующие меры противопожарной защиты:

- обеспечение наличия хороших путей эвакуации;
- огнетушители и пожарная сигнализация;
- соблюдение требований пожарной безопасности для систем обогрева и вентиляции.

При пожаре в производственных помещениях следует использовать углекислотные огнетушители (ОУ-5 или ОУ-10) и порошковые огнетушители (например, типа ОП-10). Эти огнетушители быстродействующие, работают длительное время, способны тушить электроустановки и обладают высокой эффективностью при тушении пожаров.

В случае чрезвычайных и непредвиденных ситуаций необходимо предпринимать следующие действия:

- Любой сотрудник, которому стало известно о нарушении настоящих инструкций и правил охраны труда или о неисправности оборудования, представляющей опасность для людей, должен сообщить об этом своему непосредственному руководителю.
- В случае неисправности оборудования, представляющей опасность для людей или самого оборудования, работник, обнаруживший неисправность, должен принять меры к остановке оборудования, а затем сообщить об этом своему руководителю. Неисправность должна быть устранена в порядке, соответствующем требованиям безопасности.

Вывод

В результате анализа безопасности и здоровья работников, занятых на исследовательской установке по изучению выброса газа термического раздражителя, были определены вредные и опасные факторы в рабочей зоне,

предписаны защитные меры и средства, проанализированы и оценены возникающие аварийные ситуации и их поведение, а также предложен порядок работы на установке. В целях обеспечения безопасности жизни необходимо, чтобы работа проводилась в соответствии с правилами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для достижения целей диссертации в ходе работы были определены и решены следующие задачи:

1. проведено изучение литературы по теме диссертации.
2. освоен прибор для электролиза, необходимый для насыщения водородом.
3. получены спектры зависимости интенсивности водорода от температуры при осаждении водорода из палладия с использованием УФ-излучения и без него без нагрева.

получены спектры зависимости интенсивности водорода от температуры при осаждении водорода из палладия со скоростями нагрева 1 град/с, 2 град/с и 3 град/с в отсутствие и в присутствии УФ облучения.

4. По проделанной работы можно сделать следующие выводы:
 - В случае отсутствия УФ-излучения наблюдается сдвиг температурного максимума в область высоких температур $\Delta T = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ за каждую единицу скорости нагрева;
 - В случае существования УФ-излучения наблюдается сдвиг температурного максимума в область высоких температур, в среднем, на $\Delta T = 17 \text{ }^\circ\text{C}$ за каждую единицу скорости нагрева;
 - При сравнении температурных максимумов при наличии и отсутствии УФ-излучения и одинаковых скоростях нагрева, следует, что при $1 \text{ }^\circ\text{C}/\text{с}$ сдвиг составляет $\sim 40 \text{ }^\circ\text{C}$, при $2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{с}$ $\sim 30 \text{ }^\circ\text{C}$ и при $3 \text{ }^\circ\text{C}/\text{с}$ $\sim 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

На основании полученных результатов следует, что УФ – излучение в некоторой степени ($1 \text{ }^\circ\text{C}/\text{с} \rightarrow 3 \text{ }^\circ\text{C}/\text{с}$) способствует выходу водорода из палладия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Philippe Dibandjo. Hydrogen storage in hybrid nanostructured carbon/palladium materials: Influence of particle size and surface chemistry/ Claudia Zelotes, Roger Gadiou. //International Journal of Hydrogen Energy-2013-Vol. 38-Pages 952-965
2. Zecheng ChenJia. Nonlinear dynamic analysis and structural optimization design of Ni/Mg modified single wall carbon nanotube for hydrogen storage/Xu Ming, liang Liu. // International Journal of Hydrogen Energy – 2022 - Vol. 48 - Pages 11333-11339
3. Martyna Baca. Effect of Pd loading on hydrogen storage properties of disordered mesoporous hollow carbon spheres/ Krzysztof Cendrowski, Paweł Banach etc.//International Journal of Hydrogen Energy – 2017 - Vol. 42 - Pages 30461-30469
4. Cevahir Tarhan. A study on hydrogen, the clean energy of the future: Hydrogen storage methods/ Mehmet Ali Çil. // Journal of Energy Storage – 2021 - Vol. 40 - Article 102676
5. Suresh K. Konda. Palladium based nanomaterials for enhanced hydrogen spillover and storage/ Aicheng Chen // Materials Today – 2016 – Vol. 19 - Pages 100-108
6. Yu. I. Tyurin. Diffusion and release of hydrogen from metals under the effect of ionizing radiation/ N. N. Nikitenkov, I.T. Sigfusson etc.// Vacuum – 2016 – Vol. 131 - Pages 73-80
7. Muhammad Saad Salman. The power of multifunctional metal hydrides: A key enabler beyond hydrogen storage/ Qiwen Lai, Xiaoxuan Luo etc. // Journal of Alloys and Compounds – 2022 – Vol. 920 - Article 165936
8. H. Chang. Numerical study on hydrogen and thermal storage performance of a sandwich reaction bed filled with metal hydride and thermochemical material/ Y. B. Tao, H. Ye. // International Journal of Hydrogen Energy - Available online 4 March 2023

-
9. Brian D. Adams. The role of palladium in a hydrogen economy/ Aicheng Chen // Materials Today – 2011 – Vol. 14 - Pages 282-289
 10. Dr. Shun Dekura. Hydrogen in Palladium and Storage Properties of Related Nanomaterials: Size, Shape, Alloying, and Metal-Organic Framework Coating Effects / Prof. Hirokazu Kobayashi, Dr. Kohei Kusada etc. // Chemistry Europe – 2019
 11. Zhihao Yang. The free-standing nanoporous palladium for hydrogen isotope storage/ Xiaoqing Du, Xiaoqiu Ye etc. // Journal of Alloys and Compounds – 2020 – Vol. 854 - Article 157062
 12. Tao Wang. The factors affecting the diffusion properties of hydrogen in palladium copper alloys: Ab initio study/ Pan Dong, Jie Li etc. // International Journal of Hydrogen Energy – 2022 – Vol. 47 - Pages 27579-27589
 13. Joana Madureira. Verde Ionizing radiation for treatment of pharmaceutical compounds: A review/ Rita Melo, Sandra Cabo etc. // Journal of Water Process Engineering – 2022 – Vol. 49 - Article 103179
 14. I. P Chernov. Hydrogen migration and release in metals and alloys at heating and radiation effects/ Yu. I Tyurin, H Baumbach etc. // International Journal of Hydrogen Energy – Vol. 24 - Pages 359-362
 15. Yu. I. Tyurin. Data on hydrogen isotopes yield from Pd under thermal, electric current, radiation and UV stimulations/ V. S. Sypchenko, I. P. Chernov etc. // Data in Brief – 2019 – Vol. 28 - Article 104850
 16. S.J. Kim. Oh Addition of cerium and yttrium to ferritic steel weld metal to improve hydrogen trapping efficiency/ K.M. Ryu, M.S // Int J Min Metall Mater – 2017 – Vol.24 - Pages 415-422
 17. T. Markmaitree. Shaw Comparisons between MgH₂- and LiH-containing systems for hydrogen storage applications/ W. Osborn, L.L. // Int J Hydrogen Energy – 2008 – Vol.33 - Pages 3915-3924
 18. Y. Pang. Insight into the kinetic mechanism of the first-step dehydrogenation of Mg (AlH₄)₂/ Q. Li // Scr Mater – 2017 – Vol. 130 - Pages 223-228

-
19. M. J. Starink. Analysis of hydrogen desorption from linear heating experiments: Accuracy of activation energy determinations// International Journal of Hydrogen Energy – 2018 – Vol. 43 - Pages 6632-6641
 20. Yangzheng. In-situ construction and repair of high catalytic activity interface on corrosion-resistant high-entropy amorphous alloy electrode for hydrogen production in high-temperature dilute sulfuric acid electrolysis/ Li, Junlei Tang, Xianzhang Lei etc // Chemical Engineering Journal – 2022 – Vol. 453 - Article 139905
 21. Сыпченко В.С. Особенности накопления водорода в металлах при насыщении в плазме, электролите и в водородной атмосфере под давлением/ Никитенков Н.Н., Кудрявцева Е.Н.// Известия РАН. Серия физическая – 2012. – Т.76 – №6. – С. 794 – 797
 22. СанПин 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
 23. СНиП 23-05-95*. Естественное и искусственное освещение.
 24. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Система стандартов безопасности труда шум.