

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

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
<i>Изучение структуры и накопления водорода в композите на основе гидрида магния и ванадия</i>
УДК 669.721.5.091.3:669.788.081

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОБ91	Самоварова Наталья Александровна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭФ ИЯТШ	Кудияров Виктор Николаевич	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Былкова Татьяна Васильевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Антоневич Ольга Алексеевна	к.б.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭФ ИЯТШ	Склярова Елена Александровна	к.п.н.		

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)

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

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП/ОПОП
_____ Склярова Е.А.
(Подпись) (Дата) (ФИО)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
0Б91	Самоварова Наталья Александровна

Тема работы:

<i>Изучение структуры и накопления водорода в композите на основе гидрида магния и ванадия</i>	
<i>Утверждена приказом директора (дата, номер)</i>	

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

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>	<p>Синтез композитов на основе гидрида магния и ванадия с помощью планетарной шаровой мельницы АГО-2, автоматизированный комплекс Gas Reaction Controller, сканирующий электронный микроскоп Vega 3 tescan, прибор для термогравиметрического анализа STA 449 F3 Jupiter.</p>
<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>	<ul style="list-style-type: none"> – Обзор литературных источников; – Механическая активация порошка магния; – Получение гидрида магния; – Механосинтез композитов на основе гидрида магния и ванадия; – Анализ морфологии полученного композита; – Энергодисперсионный анализ полученного композита; – Термостимулированная десорбция водорода из полученного композита;

	<ul style="list-style-type: none"> – Термогравиметрический анализ и дифференциальная сканирующая калориметрия композитов; – Получение дифрактограмм композитов; – Анализ полученных результатов; – Социальная ответственность; – Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; – Заключение.
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Перечень графического материала

(с точным указанием обязательных чертежей)

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Антоневич Ольга Алексеевна, доцент ООД ШБИП
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Былкова Татьяна Васильевна, доцент ОСГН ШБИП

Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭФ ИЯТШ	Кудияров Виктор Николаевич	к.т.н.		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0Б91	Самоварова Наталья Александровна		

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

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
0Б91	Самоварова Наталья Александровна

Тема работы:

<i>Изучение структуры и накопления водорода в композите на основе гидрида магния и ванадия</i>

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

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.02.2023	Аналитический обзор литературы	20
10.04.2023	Получение гидрида магния с помощью механической активации в планетарной мельнице и автоматизированного комплекса Gas Reaction Controller	10
21.04.2023	Механосинтез композитов MgH ₂ – 5 масс. % V и MgH ₂ – 10 масс. % V	10
11.05.2023	Исследование влияния состава и структуры полученных композитов на сорбционные свойства	15
21.05.2023	Анализ результатов	15
27.05.2023	Социальная ответственность	10
27.05.2023	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
29.05.2023	Заключение	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭФ ИЯТШ	Кудияров Виктор Николаевич	к. т. н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП/ОПОП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭФ ИЯТШ	Склярова Елена Александровна	к. п. н.		

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0Б91	Самоварова Наталья Александровна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 75 с., 16 рис., 22 табл., 47 источников.

Ключевые слова: водородная энергетика, магний, гидрид магния, ванадий, материалы-накопители водорода, механосинтез, композитные материалы, десорбция водорода, температура десорбции.

Объектом исследования являются порошки композитов MgH_2 – 5 масс. % V и MgH_2 – 10 масс. % V.

Целью работы является исследование влияния состава и структуры композита на основе гидрида магния и ванадия на десорбционные свойства.

Основными задачами являются механическая активация магния с помощью планетарной мельницы; получение гидрида магния; механосинтез композитов MgH_2 – 5 масс. % V и MgH_2 – 10 масс. % V, установление влияния состава композитов на фазовое состояние и морфологию композитов, измерение содержания водорода и определение температуры десорбции водорода в зависимости от состава композитов.

В ходе исследования был механически активирован порошок магния, произведено газофазное наводороживание магния. Из полученного гидрида и ванадия были синтезированы композиты MgH_2 – 5 масс. % V и MgH_2 – 10 масс. % V. Были получены изображения композита на сканирующем электронном микроскопе, и карта распределения элементов с помощью энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии. Проведена термостимулированная десорбция водорода. В результате исследования было установлено, что добавление ванадия положительно влияет на десорбцию водорода.

Оглавление

Введение	11
Глава 1 Литературный обзор	13
1.1 Хранение водорода в сжатом виде	14
1.2 Хранение водорода в сжиженном виде	15
1.3 Физисорбция водорода	15
1.4 Хемосорбция водорода	15
1.5 Металлические гидриды	16
1.1.1 Бинарные гидриды	17
1.1.2 Комплексные гидриды	18
1.1.3 Интерметаллиды	19
1.6 Композит MgH_2-V	20
Глава 2 Материалы и методы	23
2.1 Механическая активация	23
2.1.1 Механическая активация гидрида магния	24
2.2 Волюмометрический метод	28
2.3 Рентгеноструктурный анализ	29
2.4 Сканирующий электронный микроскоп энергодисперсионным спектрометром	31
2.5 Термогравиметрический анализ и дифференциальная сканирующая калориметрия	32
Глава 3 Результаты и обработка результатов	34
3.1 Получение гидрида магния	34
3.2 Определение влияния состава композитов на десорбцию водорода ..	36
Глава 4 Социальная ответственность	42

4.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ..	42
4.2	Производственная безопасность	43
4.2.1	Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	44
4.2.2	Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды ...	44
4.2.3	Недостаточная освещенность рабочей зоны	44
4.2.4	Повышенный уровень шума на рабочем месте.....	45
4.2.5	Отклонение показателей микроклимата.....	45
4.2.6	Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека.....	46
4.3	Экологическая безопасность	47
4.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	48
4.5	Выводы по разделу «Социальная ответственность».....	49
Глава 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение		52
5.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	52
5.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	52
5.1.2	Анализ конкурентных технических решений	52
5.1.3	SWOT-анализ	53
5.1.4	Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.....	54
5.2	Планирование научно-исследовательских работ	55

5.2.1	Структура работ в рамках научного исследования	55
5.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ	56
5.2.3	Разработка графика проведения научного исследования	58
5.2.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	60
5.2.5	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	66
5.3	Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	68
Заключение		70
Список источников		71

Глава 2 Материалы и методы

В данной главе рассмотрены все приборы и установки, используемые для исследования материалов-накопителей водорода на основе магния. Для хранения материалов и работы с ними используется перчаточный бокс СПЕКС ГБ 02М, который управляется с помощью сенсорной панели. Внутри бокса рабочим газом является аргон. Для механической активации порошка магния, а также механического легирования используется планетарная мельница АГО-2. Наводораживание магния для получения гидрида осуществляется в автоматизированном комплексе Gas Reaction Controller. Для определения качественного и количественного составов используется рентгенооструктурный анализ с помощью дифрактометра Shimadzu XRD-7000S, морфология определяется сканирующим электронным микроскопом TESCAN VEGA 3 SBU, гравиметрический анализ и дифференциальная сканирующая калориметрия проводится на установке STA 449 F3 Jupiter

2.1 Механическая активация

Механическое легирование (МЛ) – это метод обработки твердого порошка длительным смешиванием исходных компонентов в высокоэнергетической шаровой мельнице. Популярной мельницей для проведения МЛ-экспериментов является планетарная шаровая мельница, ввиду ее простоты, доступности и эффективности. В планетарной шаровой мельнице можно измельчать несколько сотен граммов порошка за один раз. Принцип работы такой мельницы лежит во вращении 3 или 4 барабанов вокруг центральной и одновременно вокруг собственных осей в противоположном направлении (подобно движению планет вокруг Солнца). Это заставляет мелющие шары скатываться по внутренней стенке барабана, создавая эффект трения, за которым следует измельчение материала. Затем мелющие шары поднимаются и свободно падают на противоположную внутреннюю стенкой – происходит соударение с частицами материала и стенкой барабана, также ведущее к измельчению [19, 20].

На рисунке 2 изображен принцип действия измельчения порошка внутри барабана планетарной шаровой мельницы (Horizontal Section – горизонтальный разрез, Rotation of the grinding bowl – направление вращения барабана, Movement of the supporting disc – направление вращения диска с барабанами, Centrifugal force – направление центробежной силы).

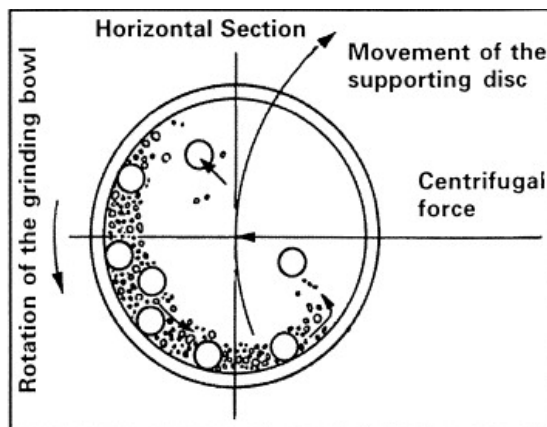


Рисунок 2 – Схематичное описание движения мелющих шаров внутри барабана шаровой мельницы [19]

Характеристики полученного порошка зависят от многих параметров, таких как время измельчения, скорость вращения барабана, диаметр и количество шаров, размеры барабанов и диска и др.

2.1.1 Механическая активация гидрида магния

С помощью измельчения достигается устранение оксидного слоя с поверхности гидрида, дефектообразование, а также улучшение кинетики сорбции водорода. Например, неизмельченный гидрид магния обладает слишком большой термодинамической стабильностью ($\Delta H = 75$ кДж/моль H_2), что приводит к высокой температуре десорбции. Для немолотого гидрида магния начало десорбции соответствует температуре 711К. Измельчение MgH_2 в течение 20 ч понижает эту температуру до 647 К. Уменьшение начала десорбции связано с увеличением кинетики десорбции и снижением энергии активации, а не изменением термодинамических свойств [21].

На рисунке 3 представлен графики абсорбции водорода различных порошков магния (Weight% Hydrogen – масс. % водорода, Time (min) – время (мин), nm – нм, micron – микрон). Чем меньше размеры частиц порошка, тем выше его кинетика сорбции.

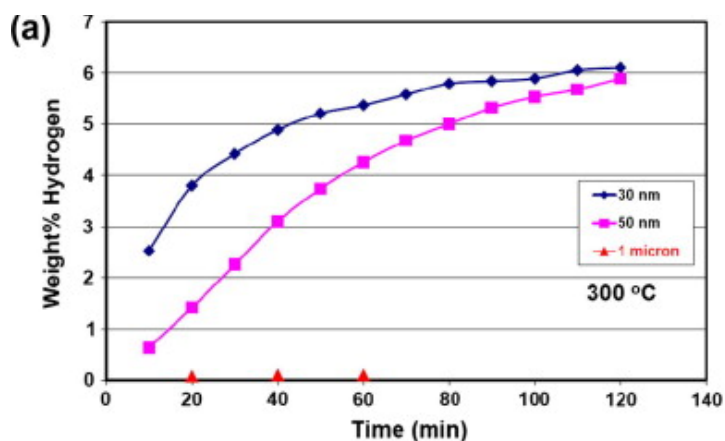


Рисунок 3 – Кинетика абсорбции водорода как функция размера частиц порошка для чистого магния [19]

Обнаружено, что кинетика сорбции размолотого образца намного лучше, чем у немолотого. Это объясняет тот факт, что температура десорбции водорода из измельченного в шаровой мельнице образца, измеренная с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии под давлением, снижается на 64К по сравнению с неизмельченным образцом. При измельчении не происходит значительного изменения емкости накопителя, и давление плато поглощения не изменяется. По кривым десорбции рассчитывалась энергия активации [22].

На рисунке 4 представлены кривые десорбции водорода до и после измельчения гидрида магния при различных температурах (Hydrogen content – содержание водорода, wt.% – масс. %, Desorption time – время десорбции, s – с).

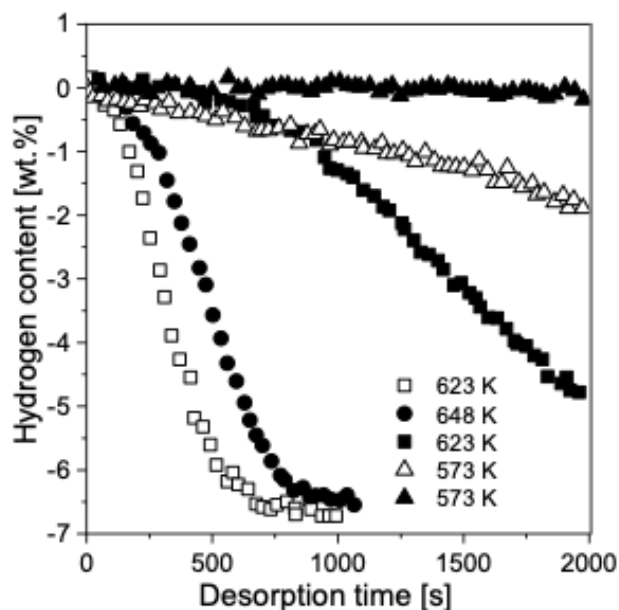


Рисунок 4 – Кривые десорбции водорода для неразмолотого (закрашенные точки) и размолотого (незакрашенные точки) гидрида магния при различных температурах под давлением водорода 0,015 МПа [22]

Таким образом, с помощью механического легирования можно добиться значительного улучшения кинетики сорбции.

Планетарная мельница АГО-2 применяется для тонкого и сверхтонкого размола, а также для механохимической активации неорганических материалов [23].

Внутри мельницы находятся два барабана с мелющими шарами. Для предотвращения перегрева барабанов и порошка в мельницу встроено водяное охлаждение. Для установки параметров измельчения предусмотрен сенсорный пульт управления. На рисунке 5 представлены фотографии мельницы и пульта управления.



Рисунок 5 – Планетарная шаровая мельница АГО-2

Основные характеристики данной планетарной мельницы представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры планетарной шаровой мельницы АГО-2 [23]

Характеристика	Значение
Количество барабанов	2
Объем одного барабана, мл	100
Внутренний радиус барабана, мм	35
Масса загружаемых шаров для каждого барабана, г	200
Масса нагрузки обрабатываемого материала, г	10
Максимальная скорость вращения центральной оси, об/мин	1090
Максимальная скорость вращения барабанов, об/мин	2220

2.2 Волюмометрический метод

Существует два вида экспериментального подхода для исследования эффективности накопления водорода новыми материалами и изучение их кинетики поглощения и десорбции (при нахождении образца в камере с фиксированной температурой):

- термогравиметрические методы, то есть измерение изменения массы образца с помощью микровесов, или
- волюмометрические методы, то есть путем измерения изменения давления H_2 в реакционной камере.

Точность объемных методов потенциально выше по сравнению с термогравиметрическими методами, поскольку измеряются большие изменения давления газа, а не небольшие изменения массы: это преимущество особенно заметно, когда используемым газом является водород. В простейшей конструкции волюмометр регистрирует изменение давления водорода в фиксированном объеме пробы в результате протекания реакции [24].

Кривые десорбции или абсорбции водорода различных гидридов могут быть оценены с помощью аппарата типа Сиверта. Количество десорбированного водорода рассчитывается с помощью уравнения идеального газа:

$$pV = nRT, \quad (2.1)$$

где p – давление газа, V – объем газа, n – число молей газа, T – абсолютная температура газа, R – универсальная газовая постоянная [25].

Наводороживание порошка магния после механической активации производилось в автоматизированном комплексе Gas Reaction Controller, схематично представленном на рисунке 6.

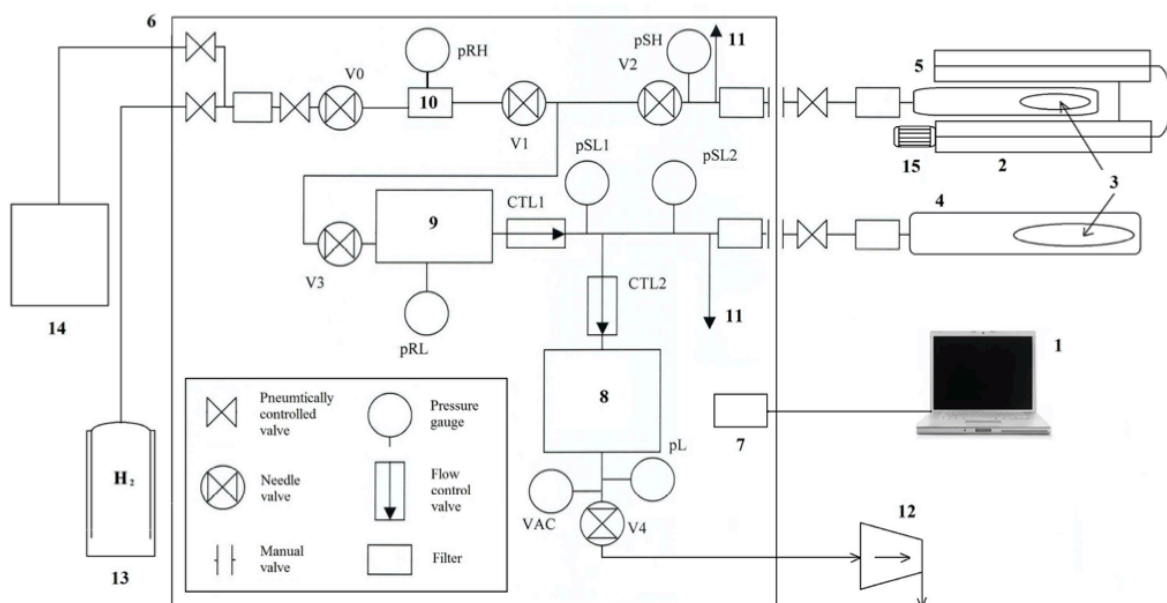


Рисунок 6 – Схема автоматизированного комплекса Gas Reaction Controller: 1 – компьютер; 2 – печь/криостат; 3 – образец; 4 – камера низкого давления; 5 – камера высокого давления; 6 – контроллер; 7 – электронная система управления; 8 – контрольный объем; 9 – резервуар низкого давления; 10 – резервуар высокого давления; 11 – система аварийного удаления водорода; 12 – вакуумный насос; 13 – баллон с водородом; 14 – генератор водорода; 15 – система охлаждения [26]

Данный комплекс основан на волюмометрическом методе Сиверса для определения сорбционных свойств твердотельных материалов, т.е. установка позволяет исследовать кинетику поглощения и десорбции водорода при постоянном давлении в реакционной камере, а также определять диаграмму давление–состав (P–C) системы металл–водород в диапазоне температур от -30°C до 1000°C и давлений H_2 202,64 кПа (максимальное давление водорода в камере низкого давления) – 5066 кПа (в камере высокого давления) [26].

Определение содержания водорода в гидриде и полученных композитах производилось с помощью анализатор RHEN-602 (LECO).

2.3 Рентгеноструктурный анализ

Дифрактометр рентгеновский Shimadzu XRD-7000S предназначен для измерения угловой зависимости интенсивности отражённого от вещества излучения для последующего вычисления значений параметров кристаллической решетки и оценки качественного фазового состава с использованием баз кристаллографических данных при нормальных условиях. Кроме того, этот метод является неразрушающим. Данный дифрактометр представлен на рисунке 7.



Рисунок 7 – Дифрактометр Shimadzu XRD-7000S

Принцип действия дифрактометра основан на дифракции рентгеновских лучей от атомных плоскостей кристаллической решетки исследуемого вещества. Рентгеновские лучи, сфокусированные на образце, закрепленном на оси спектрометра (гониометра), дифрагируют на образце. Изменения интенсивности дифрагированного рентгеновского излучения измеряют, регистрируют и наносят на график в зависимости от углов поворота образца. Результат называют дифрактограммой образца. Компьютерный анализ положения и интенсивности пиков, связанных с этой картиной, позволяет проводить качественный анализ, определение постоянной решетки и/или определение напряжения в образце. Качественный анализ может быть

проведен на основе высоты или площади пика. Углы пиков и профили могут использоваться для определения размера кристаллов и степени кристаллизации, а также полезны при проведении точного рентгеноструктурного анализа.

2.4 Сканирующий электронный микроскоп энергодисперсионным спектрометром

Для получения изображение и энергодисперсионного анализа был использован сканирующий электронный микроскоп (СЭМ) TESCAN VEGA 3 SBU с энергодисперсионным спектрометром (ЭДС) OXFORD X Max 50. Внешний вид установок приведен на рисунке 8.

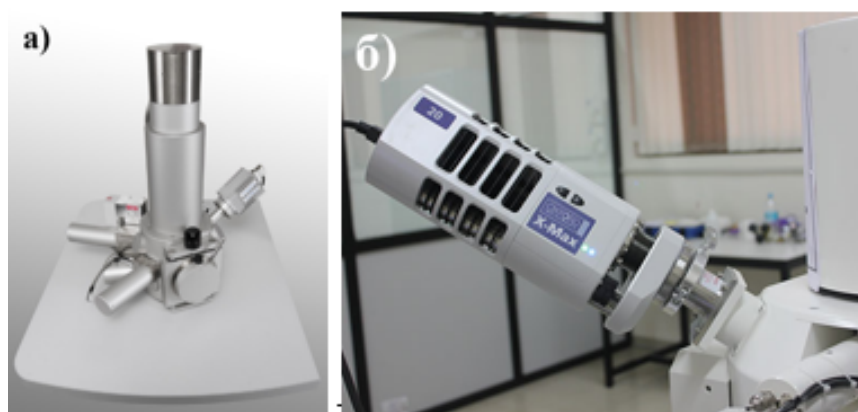


Рисунок 8 – (а) СЭМ TESCAN VEGA 3 SBU и (б) ЭДС OXFORD X Max 50

СЭМ TESCAN VEGA 3 SBU сканирующий растровый электронный микроскоп, полностью управляемый от персонального компьютера, оснащенный электронной пушкой с вольфрамовым термоэмиссионным катодом. Он включает в себя: источник электронов, систему их фокусировки в тонкий пучок, оборудование для развертки пучка в растр, набор соответствующих устройств для регистрации электронов, излучаемых образцом, монитор для вывода изображения на экран.

Принцип действия сканирующего электронного микроскопа TESCAN VEGA 3 SBU заключается в регистрации детектором обратно рассеянных электронов, которые возникают после облучения зондом поверхности образцов. Получение изображения в отраженных электронах вызвано тем, что

эмиссия этих электронов зависит от порядкового номера химического элемента. Поэтому, участок материала с более высоким средним порядковым номером атомов отражает большее количество электронов и отображается на экране подключенного к микроскопу компьютера более светлым тоном относительно других участков образца.

СЭМ оснащен энергодисперсионным спектрометром для микроанализа. С помощью пучка электронов атомы исследуемого образца возбуждаются, испуская характерное для каждого химического элемента рентгеновское излучение. Исследуя энергетический спектр такого излучения, можно сделать выводы о качественном и количественном составе образца.

2.5 Термогравиметрический анализ и дифференциальная сканирующая калориметрия

Термогравиметрический анализ (ТГА) и дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК) проводилась на приборе STA 449 F3 Jupiter. Данный прибор предназначен для работы в широком температурном диапазоне от минус 150 до 2400 °С при различной атмосфере, а также в вакууме. Он позволяет одновременно регистрировать изменения массы образца и процессы, сопровождающиеся выделением или поглощением тепла. Метод дифференциальной сканирующей калориметрии основан на измерении теплового потока, требуемого для поддержания одинаковыми температур образца и эталона в данных условиях. В этом методе исследуемый образец помещается в тигель, который устанавливают в калориметр на термопару. Также параллельно тигель без образца помещают на другую термопару. В электрическую цепь нагревателя введены контуры средней и дифференциальной температур. Первый обеспечивает изменение температуры образца и эталона с заданной программным устройством постоянной скоростью, а второй – при возникновении в образце эндо- или экзо-эффектов устраняет путем автоматической регулировки силы тока нагревателя различие в температурах образца и эталона, поддерживая

температуру камеры образца всегда равной температуре камеры эталона. На рисунке 9 представлен внешний вид прибора STA 449 F3 Jupiter.



Рисунок 9 – Внешний вид прибора синхронного термического анализа STA 449 F3 Jupiter

Термогравиметрический анализ – метод исследования и анализа, основанный на регистрации изменения массы образца в зависимости от его температуры в условиях программированного изменения температуры среды. В результате получают кривые зависимости изменения массы образца (термогравиметрическая кривая) либо скорости изменения массы (дифференциальная термогравиметрическая кривая) от времени или от температуры.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
0Б91		Самоварова Наталья Александровна	
Школа	Инженерная школа ядерных технологий	Отделение (НОЦ)	Отделение экспериментальной физики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	03.03.02 Физика

Тема ВКР:

Изучение структуры и накопления водорода в композите на основе гидрида магния и ванадия	
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><i>Объект исследования:</i> композиты MgH₂–5 масс. % V и MgH₂–10 масс. % V</p> <p><i>Область применения:</i> материал-накопитель в водородной энергетике</p> <p><i>Рабочая зона:</i> лаборатория</p> <p><i>Размеры помещения:</i> 5*7 м</p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> персональный компьютер, перчаточный бокс, планетарная мельница, индукционная печь</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> измельчение в шаровой мельнице, работа с композитами и исходными материалами в перчаточном боксе, контроль параметров нагрева индукционной печи и подачи в нее газа</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</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>Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 20.04.2021)</p> <p>ПНД Ф 12.13.1-03 Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения).</p> <p>Инструкция № 2-14 по охране труда при работе с электрооборудованием напряжением до 1000 В.</p> <p>Инструкция № 2-07 по охране труда при работе с баллонами, работающими под давлением.</p> <p>ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.</p> <p>ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.</p> <p>ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.</p> <p>ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.</p> <p>СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение.</p> <p>ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.</p> <p>СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.</p>

	ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. ГОСТ Р 53692-2009. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов. ГН 2.2.5.3532-18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. ГОСТ Р 53481-2009 Системы смазочные. Требования безопасности. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p>Опасные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Подвижные части производственного оборудования; 2. Повышенное значение напряжения в электрической цепи; 3. Повышенная температура поверхности печи; <p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 2. Повышенный уровень шума на рабочем месте; 3. Отклонение показателей микроклимата; 4. Влияние раздражающих, сенсibiliзирующих и канцерогенных вредных веществ. <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: использование халатов, перчаток, респираторов.</p>
<p>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения</p>	<p>Воздействие на литосферу: загрязнение почвы химическими веществами Воздействие на гидросферу: слив загрязненной примесью воды Воздействие на атмосферу: выброс рабочего газа</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения</p>	<p>Возможные ЧС: пожары вследствие короткого замыкания, возгорание/взрыв баллона с аргоном. Наиболее типичная ЧС: взрыв баллона с аргоном, пожар вследствие короткого замыкания.</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Антоневич Ольга Алексеевна	к.б.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОБ91	Самоварова Наталья Александровна		

Глава 4 Социальная ответственность

Данная работа направлена на разработку композитов на основе гидрида магния и ванадия. Данные композиты могут широко использоваться в водородной энергетике, в качестве материалов-накопителей водорода.

При выполнении работы проводились эксперименты с применением разного типа установок: планетарная мельница АГО-2, перчаточный бокс, персональная электронно-вычислительная машина (ПЭВМ). Для хранения материалов используется перчаточный бокс. Перчаточный бокс управляется с помощью сенсорной панели. Внутри бокса рабочим газом является аргон. При помощи планетарной мельницы производился синтез гидрида магния с ванадием. Питается мельница от сети переменного тока напряжением 380 В. К потенциальным потребителям результатов исследования можно отнести как потребителей российского, так и международного рынков. На российском рынке потенциальным потребителем изготавливаемой продукции могут выступать университеты, научные центры и производства. Также это могут быть международные лаборатории, занимающиеся вопросами водородной энергетики.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

К работе с вышеперечисленными установками допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющих медицинских противопоказаний, прошедших вводный инструктаж и инструктаж по безопасности труда на рабочем месте [27]. При работе в лаборатории необходимо надевать халат из хлопчатобумажной ткани [28]. К самостоятельной работе допускаются работники после специального обучения и проверки знаний правил электробезопасности, приобретенных навыков и безопасных способов выполнения работы с использованием планетарной мельницы АГО-2 и автоматизированного комплекса Gas Reaction Controller, ознакомленные с инструкцией по эксплуатации прибора имеющие не менее II группы по

электробезопасности и получившие допуск к работе с газовыми баллонами, работающими под давлением [29, 30].

Работники, выполняющие работы, к которым предъявляются дополнительные (повышенные) требования охраны труда, должны проходить повторный инструктаж по охране труда не реже одного раза в три месяца, а также не реже одного раза в двенадцать, повторный инструктаж на рабочем месте – не реже одного раза в три месяца [29, 30]. Проведение всех видов инструктажа должно оформляться в журнале регистрации инструктажа установленного образца, с обязательными подписями получившего и проводившего инструктаж.

4.2 Производственная безопасность

Таблица 5 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте (лаборатория) [31–38]

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий;	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов, ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты;
2. Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды;	ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности;
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны;	СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение;
4. Повышенный уровень шума на рабочем месте;	ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности;
5. Отклонение показателей микроклимата;	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;
6. Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека.	ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

4.2.1 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий

В данной работе используются такие установки как: планетарная шаровая мельница, автоматизированный комплекс Gas Reaction Controller. Прохождение тока может вызывать у человека раздражение и повреждение различных органов. Причиной поражения электрическим током в условиях лаборатории могут стать случайное прикосновение к токоведущим частям оборудования. Напряжение прикосновения и токи при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, не должны превышать 8 В и 1 мА, соответственно (постоянный ток) или 2 В, 0,3 мА (переменный ток частотой 50 Гц) согласно ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [32].

Для обеспечения защиты от прямого прикосновения необходимо применение таких технических способов и средств основной защиты, как: основная изоляция, защитное отключение, безопасное расположение токоведущих частей, средства индивидуальной защиты по ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [33].

4.2.2 Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды

В схеме Gas Reaction Controller предусмотрена печь, для нагрева композитов. Следовательно, есть вероятность ожога, при контакте с нагретыми частями комплекса. Если нельзя полностью исключить контакт работающего человека с горячими элементами, необходимо использование средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности [34].

4.2.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Рациональное освещение помещений и рабочих мест является важной и непростой технической задачей, решение которой обеспечивает нормальные гигиенические условия для работающего персонала. При длительной работе в условиях недостаточной освещенности или нарушении параметров световой среды, происходит негативное воздействие на организм человека, такое как: развитие близорукости, головная боль, ухудшение зрения и пр.

Основные требования и значения нормируемой освещенности рабочих поверхностей изложены в СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение [35]. Для зрительной работы высокой точности, разряд III г необходимая освещенность рабочего места составляет 400 лк.

4.2.4 Повышенный уровень шума на рабочем месте

Шум на рабочем месте может привести к повышенной утомляемости, ошибкам в работе, потере слуха. В данной работе источником шумового загрязнения является планетарная мельница АГО-2.

Средства индивидуальной защиты органов слуха установлены ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности [36]. Необходимый для комфорта уровень звукоизоляции достигается за счет использования средств коллективной защиты: акустических экранов (крышка планетарной мельницы, обитая стекловатой) и виброизолирующих опор. Так же предусмотрены средства индивидуальной защиты: спецодежда и противошумные наушники, которые значительно снижали воздействие шума при работе.

4.2.5 Отклонение показателей микроклимата

Повышенная влажность воздуха затрудняет терморегуляцию организма, т.к. происходит снижения испарения пота, а пониженная влажность вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей.

Недостаточная вентиляция рабочего помещения, повышение влажности воздуха, попадание прямых солнечных лучей, перегрев оборудования могут

вызвать у человека ухудшение самочувствия, что напрямую влияет на его работоспособность, производительность и здоровье.

Санитарными нормами микроклимата производственных помещений СанПин 2.2.4.548-96 [37] установлены оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха с учетом тяжести выполняемой работы и периодов года (таблица 6).

Таблица 6 – Оптимальные показатели микроклимата на рабочих местах производственных помещений [37]

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, ф%	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	21 – 23	20 – 24	40 – 60	0,1
Теплый	22 – 24	21 – 25		0,1

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. В аудиториях с планетарной мельницей и автоматизированным комплексом GRC вентиляция может проводиться как с помощью кондиционера, так естественным путем – наличие двух окон является достаточной мерой. Однако наличие индукционной печки в относительно небольшом помещении может повлиять на максимальные показатели температуры, как в холодное, так и в теплое время суток. Для снижения температуры может использоваться кондиционер.

4.2.6 Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека

Водород является легким газообразным химическим элементом, который при взаимодействии с воздухом может превратиться во взрывоопасную смесь. Водород относится ко 2 классу опасности. Предельно-допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ 2 класса опасности,

согласно ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности [38], равна 1 мг/м^3 . ПДК веществ 3 класса опасности, к которым относятся магний и ванадий, составляет 10 мг/м^3 .

При работе в перчаточном боксе используется высокочистый аргон. Газообразный и жидкий аргон получают из воздуха и остаточных газов аммиачных производств. Газообразный аргон не оказывает опасного воздействия на окружающую среду. Он тяжелее воздуха и может накапливаться в слабо проветриваемых помещениях у пола. При этом снижается содержание кислорода в воздухе, что вызывает кислородную недостаточность и удушье. Однако ПДК на данный газ не предусмотрен. Аргон относится ко 2 классу опасности.

Необходимо также проверять целостность газового баллона и прочность его закрепления, наличие видимых повреждений. Вентиль газового баллона и резьба должны находиться в исправленном состоянии, редуктор должен соответствовать газу в баллоне [30]. В данной работе использовались малые баллоны с водородом, для контроля утечек использовалось специальное оборудование.

4.3 Экологическая безопасность

Воздействие на литосферу

Частицы металлических порошков, а также вышедшее из строя ПЭВМ могут провоцировать загрязнение почвы химическими веществами. Выходя из строя ПЭВМ и ЭВМ, данная оргтехника относится к VI классу опасности и подлежит специальной утилизации. Процедура утилизации должна соответствовать ГОСТ Р 53692-2009 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов [39].

Воздействие на гидросферу

Мелющие шары и барабаны, планетарной мельницы после процедур механической активации и механосинтеза, промываются сточной водой, что является сливом загрязненной примесью воды. Для обеспечения безопасного пользования гидросферой необходимо оборудование отдельных систем хозяйственно-бытовой и ливневой канализации.

Воздействие на атмосферу

Основным загрязняющим атмосферу факторами в лаборатории является выделение парообразных масляных паров при работе пластинчато-роторных насосов. Необходимо улучшить систему улавливания / фильтрации масляных паров при работе пластинчато-роторных насосов, так как масло и масляные пары непосредственно влияют на атмосферу. В данный момент стоят фильтры, улавливающие масло и масляные пары, но все же, используемые фильтры не улавливают все вредные вещества. Согласно ГН 2.2.5.3532-18 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны [40] предельно-допустимые концентрации (ПДК) трансформаторного масла равны $5 \text{ мг} / 1 \text{ м}^3$, класс опасности 3. Для защиты атмосферы от паров масла необходимо, чтобы при эксплуатации пластинчато-роторных насосов отвечала всем требованиям ГОСТ Р 53481-2009 Системы смазочные. Требования безопасности [41].

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В лаборатории ТПУ, где были проведены экспериментальные работы ВКР наиболее вероятны следующие ЧС: взрыв баллона с аргоном, пожар вследствие короткого замыкания.

Согласно ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования [42], для устранения причин возникновения и локализации пожаров в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия: использование только исправного оборудования; проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности; отключение электрооборудования,

освещения и электропитания при предполагаемом отсутствии обслуживающего персонала или по окончании работ; содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии. Лаборатории, в которых проводились исследования, представленные в данной работе, относятся к категории А – вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой или кислородом воздуха, возможный класс пожара – В [43]. Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам электрического характера, в том числе: короткое замыкание, перегрузки по току, статическое электричество и т. д. Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых или углекислотных огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к эвакуационному выходу.

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

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

4.5 Выводы по разделу «Социальная ответственность»

Значение всех производственных факторов на изучаемом рабочем месте соответствует нормам, которые также были продемонстрированы в данном

разделе. Категория помещения по электробезопасности согласно ПУЭ соответствует первому классу – «помещения без повышенной опасности» [44].

Согласно правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок персонал должен обладать I группой допуска по электробезопасности. Присвоение группы I по электробезопасности производится путем проведения инструктажа, который должен завершаться проверкой знаний в форме устного опроса и (при необходимости) проверкой приобретенных навыков безопасных способов работы или оказания первой помощи при поражении электрическим током [45].

Категория тяжести труда в лаборатории по СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" относится к категории Ib (работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся физическим напряжением) [46].

Помещение лаборатории принадлежит категории А – вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой или кислородом воздуха, возможный класс пожара – В.

Рассмотренный объект, оказывающий незначительное негативное воздействие на окружающую среду, относится к объектам III категории [47].

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

Студенту:

Группа	ФИО
0Б91	Самоварова Наталья Александровна

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>	<i>Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску. Оклады в соответствии с окладами сотрудников «НИ ТПУ».</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>- 30% премии; - 20% надбавки; - 16% накладные расходы; - 30% районный коэффициент</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>- отчисления во внебюджетные фонды 30,2%</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Оценить потенциальных потребителей исследования, проанализировать конкурентные решения, представить SWOT – анализ</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Представить план этапов работ, определить трудоёмкость и построить календарный график, сформировать бюджет НИ.</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Определить интегральные показатели финансовой эффективности и ресурсоэффективности разработки. Рассчитать сравнительную эффективность проекта.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. *Оценочная карта для сравнения разработок; 2. Матрица SWOT; 3. Морфологическая матрица для научного исследования; 4. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей; 5. Временные показатели проведения научного исследования; 6. Календарный план-график проведения НИ; 7. Материальные затраты; 8. Расчет бюджета затрат на спецоборудование для научных работ; 9. Баланс рабочего времени; 10. Расчет основной заработной платы; 11. Дополнительная заработная плата исполнителей исследования; 12. Отчисления во внебюджетные фонды; 13. Расчет бюджета затрат НИ; 14. Сравнительная оценка характеристик.*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Былкова Татьяна Васильевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0Б91	Самоварова Наталья Александровна		

Глава 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. В зависимости от категории потребителей (коммерческие организации, физические лица) необходимо использовать соответствующие критерии сегментирования.

К потенциальным потребителям результатов исследования можно отнести как потребителей российского, так и международного рынков. На российском рынке потенциальным потребителем изготавливаемой продукции могут выступать университеты, научные центры и производства (например, СХК, Росатом). Международный рынок в качестве потенциального потребителя могут представлены лабораториями, занимающиеся вопросами водородной энергетики.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

В данной работе были исследованы образцы MgH_2 и композитов MgH_2 – 5 масс. % V и MgH_2 – 10 масс. % V на накопление и десорбцию водорода. Оценочная карта технических решений приведена в таблице 7.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле 1.1:

$$K = \sum B_i \cdot \beta_i, \quad (5.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента; B_i – вес показателя (в долях единицы); β_i – балл i -го показателя.

В данном исследовании:

B_{k1} – балл, соответствующий чистому гидриду магния, K_{k1} – конкурентоспособность чистого гидрида магния;

B_{k2} – балл, соответствующий $MgH_2 - 5$ масс. % V, K_{k2} – конкурентоспособность $MgH_2 - 5$ масс. % V;

B_{k3} – балл, соответствующий $MgH_2 - 10$ масс. % V, K_{k3} – конкурентоспособность $MgH_2 - 10$ масс. % V.

Таблица 7 – Оценочная карта для сравнения разработок

Факторные признаки (Pj)	Вес критерия, V_j	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{k1}	B_{k2}	B_{k3}	K_{k1}	K_{k2}	K_{k3}
Технические критерии оценки							
1. Емкость водорода	0,25	5	4	2	1,25	1	0,75
2. Температура десорбции	0,25	2	4	5	0,50	1,25	1,25
3. Время десорбции	0,25	3	5	5	0,75	1,25	1,25
4. Циклическая стабильность	0,25	1	5	5	0,25	1,25	1,25
Итого	1	11	18	17	2,75	4,75	4,50

Таким образом, по итогам анализа, представленным в карте сравнения оценок конкурентных разработок (технических решений), можно сделать вывод, что композит $MgH_2 - 5$ масс. % V как материал-накопитель водорода опережает своих конкурентов по всем показателям.

5.1.3 SWOT-анализ

С целью исследования внешней и внутренней сред разработки применяется комплексный SWOT–анализ научно-исследовательской разработки. Специфика такого анализа характеризуется следующими этапами.

Итогом данного анализа является матрица SWOT, в которой приведены все составляющие данного проекта (таблица 8).

Таблица 8 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательской разработки:	Слабые стороны научно-исследовательской разработки:
	<p>С1. Работа с материалом в среде аргона в перчаточном боксе</p> <p>С2. Наличие необходимого оборудования для проведения эксперимента</p> <p>С3. Легкий интерфейс управления.</p> <p>С4. Безопасность проведения исследований.</p>	<p>Сл1. Длительность проведения анализа</p> <p>Сл2. Длительный срок поставок материалов для проведения научного исследования.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Потенциальное использование в других отраслях</p> <p>В2. Исследование взаимодействия водорода ванадием.</p>	<p>Возможность работы в перчаточном боксе, минимизирует нахождение материала на воздухе, что способствует появлению дополнительного спроса на проведение подобных исследований</p>	<p>Высокое давление для сорбции водорода в материал способствует повышению спроса на конкурентные методики</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Развитая конкуренция технологий производства.</p>	<p>Внедрение разработанной методики в научно-исследовательские лаборатории</p>	<p>Привлечение посторонних инвесторов, в качестве грантов, для развития проекта</p>

Из анализа выяснили, что сильные стороны, такие как работа в среде аргона в герметичном перчаточном боксе, наличие необходимого оборудования в лаборатории для исследования, легкий интерфейс управления, безопасность проведения исследований, решение фундаментальных задач исследования преобладают над слабыми, поэтому разработка проекта является перспективным научным исследованием с такими возможностями, как использование данного материала накопителя в различных отраслях энергетики.

5.1.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Для определения возможных альтернатив проведения научного исследования воспользуемся морфологическим подходом. Рассмотрим два

варианта исполнения данной научно-исследовательской работы (таблица 9). В таблице исполнение 1 – MgH_2 , исполнение 2 – $MgH_2 - 5$ масс. % V, исполнение 3 – $MgH_2 - 10$ масс. % V.

Таблица 9 – Морфологическая матрица для научного исследования

Характеристика	Вариант исполнения 1	Вариант исполнения 2	Вариант исполнения 3
Содержание водорода, масс. %	7,59	6,64	6,63
Содержание ванадия, масс. %	0	5	10

Из данного подхода можно увидеть, что чистый магний содержит большее количество водорода, относительно двух композитов. Однако при добавлении ванадия улучшаются такие характеристики, как температура и скорость десорбции, а также циклическая стабильность.

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения работы формируется рабочая группа, в состав которой входит научный руководитель проекта (НР) и инженер (И) (таблица 10).

Таблица 10 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Выбор темы исследования	И, НР
	2	Составление и утверждение задания	НР
Выбор направления исследований	3	Изучение материалов по теме	И
	4	Литературный обзор	И
	5	Выбор методов выполнения работы	И
	6	Календарное планирование	И, НР
Теоретические и экспериментальные исследования	7	Получение гидрида магния	И
	8	Механосинтез композитов $MgH_2 - 5$ масс. % V и $MgH_2 - 10$ масс. % V	И
	9	Термодесорбции полученных композитов	И
	10	Анализ результатов работы	И, НР
Обобщение и оценка результатов	11	Составление отчета по работе	И

Таким образом, из таблицы 10 видно, что основная задача инженера состояла в проведении экспериментов и подготовке отчетной документации, научный руководитель же занимался начальной постановкой задач и целей исследования.

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения трудоёмкости реализации научного исследования используется метод, основным показателем которого является человеко-день. Для расчета предполагаемого значения трудоемкости используют следующую формулу:

$$t_{ож} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5}, \quad (5.2)$$

где $t_{ож}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения работы чел.-дн.; t_{min} - минимально возможная трудоемкость выполнения работы чел.-дн.; t_{max} - максимально возможная трудоемкость выполнения работы, чел.-дн.

Произведем оценку трудоёмкости выполнения научного исследования для научного руководителя:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 5}{5} = 3,2 \text{ чел. -дн.}, \quad (5.3)$$

Произведем оценку трудоёмкости выполнения научного исследования для инженера:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot 90 + 2 \cdot 180}{5} = 126 \text{ чел. -дн.}, \quad (5.4)$$

Определим продолжительность каждой работы в рабочих днях $T_{РД}$, учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями, по следующему соотношения:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} * K_{Д}, \quad (5.5)$$

где $T_{РД}$ - продолжительность одного этапа работы, раб.дн.; $t_{ож}$ - продолжительность работы, дн.; $K_{ВН}$ - коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности.

Произведем расчет продолжительности работы выполнения научного исследования для научного руководителя:

$$T_{PD} = \frac{3,2}{1} = 3,2 \text{ раб. дн.}, \quad (5.6)$$

Произведем расчет продолжительности работы выполнения научного исследования для инженера:

$$T_{PD} = \frac{126}{1} = 126 \text{ раб. дн.}, \quad (5.7)$$

Рассчитаем коэффициент календарности:

$$T_K = \frac{365}{365-52-14} = 1,22. \quad (5.8)$$

Далее необходимо построить таблицу по результатам расчетов, в которой необходимо указать трудоемкость работы, название работы, а также указать длительность работ в рабочих и календарных днях.

Таблица 11 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ						Длитель. работ в рабочих днях T_{PD}		Длитель. работ в календар. днях T_{KD}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ож}$, чел-дни					
Исполнители	НР	И	НР	И	НР	И	НР	И	НР	И
Выбор темы исследования	1	2	1	5	1	3,2	1	3,2	1	4
Составление и утверждение задания	1		1		1		1		1	
Изучение материалов по теме		10		18		13,2		13,2		16
Литературный обзор		14		24		18		18		22
Выбор методов выполнения работы		9		11		9,8		9,8		12
Календарное планирование	1	2	1	5	1	3,2	1	3,2	1	4
Получение гидрида магния		9		18		12,6		12,6		15
Механосинтез композитов MgH_2 – 5 масс. % V и MgH_2 – 10 масс. % V		7		11		8,6		8,6		10
Термодесорбции полученных композитов		7		12				9		11
Анализ результатов работы	1	4	2	12	1,4	7,2	1,4	7,2	2	9
Составление отчета по работе		4		12		7,2		7,2		9
Итого									5	94

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

На основании таблицы 11 был построен календарный план-график.

Таким образом, на основе диаграммы Ганта был составлен график в виде таблицы 12 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения научного проекта.

5.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В таблице 13 приведены данные расходов материалов.

Таблица 13 – Материальные затраты

Исполнение 1	Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Сумма, руб.
		Порошок магния	г	10	48
	Халат	шт.	1	550	550
	Резиновые перчатки	шт.	4	25	100
	Респиратор	шт	1	100	100
	Спирт	л	0,3	67	20
	Итого				930
Исполнение 2	Порошок магния	г	3,33	48	160
	Халат	шт.	1	550	550
	Резиновые перчатки	шт.	4	25	100
	Респиратор	шт.	1	100	100
	Порошок ванадия	г	0,17	2093	349
	Спирт	л	0,3	67	20
	Итого				1279
Исполнение 3	Порошок магния	г	3,33	48	160
	Халат	шт.	1	550	550
	Резиновые перчатки	шт.	4	25	100
	Респиратор	шт.	1	100	100
	Порошок ванадия	г	0,33	2093	698
	Спирт	л	0,3	67	20
	Итого				1628

5.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Таблица 14 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Сумма, руб.
Порошок магния	г	10	48	480
Халат	шт.	1	550	550
Резиновые перчатки	шт.	4	25	100
Респиратор	шт	1	100	100
Порошок ванадия	г	0,5	2093	1047
Спирт	л	0,3	67	20
Итого				2297

Таким образом, была посчитана стоимость материальных затрат, которая составила 2297 рублей.

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

Таблица 15 – Расчет бюджета затрат на спецоборудование для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.
1	Ноутбук	1	50	4,17
2	Планетарная мельница	1	500	41,67
3	Автоматизированный комплекс Gas Reaction Controller	1	9900	165,00
Итого:				210,84

Так как мы используем имеющееся у нас оборудование, то стоимость считаем в виде амортизационных отчислений. Для расчета амортизации A используется следующая формула:

$$A = C_{\text{пер}} \cdot T_{\text{п}} \cdot \frac{1}{T_{\text{н}}}, \quad (5.9)$$

где $T_{\text{н}}$ – срок службы оборудования в месяцах, $C_{\text{пер}}$ – первоначальная стоимость оборудования, $T_{\text{п}}$ – время проекта в месяцах.

При сроках службы ноутбука и планетарной шаровой мельницы 3 года, 15 лет для автоматизированного комплекса Gas Reaction Controller и при длительности экспериментальной части исследования 3 месяца имеем:

$$A_{\text{ноутбука}} = 50 \cdot 3 \cdot \frac{1}{36} = 4,17$$

$$A_{\text{мельницы}} = 500 \cdot 3 \cdot \frac{1}{36} = 41,67$$

$$A_{\text{GRC}} = 9900 \cdot 3 \cdot \frac{1}{180} = 165.$$

Затраты на оборудование для экспериментальных работ составили 210,84 тыс. руб.

5.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (инженера) от предприятия рассчитывается по формуле 2.9:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (5.10)$$

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 2.10:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (5.11)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: 10,4; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}}) \cdot k_p, \quad (5.12)$$

$Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.; $k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3; k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (г. Томск).

Таблица 16 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	118	118
Отпуск	24	24
Действительный годовой фонд рабочего времени	223	223

Расчет основной заработной платы приведем в таблице 17.

Таблица 17 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад, руб.	$k_{пр}$	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	37700	0,3	1,3	63713	2971,4	5	14856,8
Инженер	19200	0,3	1,3	32448	1513,3	94	142247,4
Итого:							157104,2

Таким образом, расчет основной заработной платы производился с учетом премиального и районного коэффициентов, и заработная плата сотрудников составила 157104,2 рублей.

5.2.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10–15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы. Таким образом, сумма основной заработной платы участников проекта и дополнительной будет составлять статью затрат расходов на зарплату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (5.13)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата, руб., $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата, по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (5.14)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,15). Расчет дополнительной заработной платы приведен в таблице 18.

Таблица 18 – Дополнительная заработная плата исполнителей исследования

Исполнитель	Научный руководитель	Инженер
Основная зарплата, руб.	14856,8	142247,4
Дополнительная зарплата, руб.	2228,5	21337,1
Суммарная зарплата, руб.	17085,3	163584,5
Итого, руб.	180669,8	

Таким образом, расчет дополнительной заработной платы производился с дополнительным коэффициентом 15 % и итоговая суммарная заработная плата составила 180669,8 рублей.

5.2.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (5.15)$$

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

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в табличной форме (таблица 19).

Таблица 19 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	14856,8	2228,5
Инженер	142247,4	21337,1
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Итого:	54200,9	

5.2.4.6 Контрагентные расходы

Здесь должны быть рассчитаны затраты на электроэнергию, потребляемую оборудованием. Стоимость одного кВт энергии в г. Томске составляет 5,8 руб./кВт*ч. Зная, что потребление электроэнергии у ноутбука

составляет 35 Вт/ч имеем $35 \cdot 928 \cdot 5,8 / 1000 = 188,4$ руб. для ноутбука. Стоимость интернет-подключения составляет 350 руб./мес. Итого на время проекта: $188,4 + 350 \cdot 6 = 2288,4$ руб.

5.2.4.7 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергия, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } \frac{1}{7}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (5.16)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы (величина коэффициента принимается равной 0,16).

$$Z_{\text{накл}}^{\text{исп1}} = (930 + 210840 + 180670 + 23566 + 54201 + 2289) \cdot 0,16 = 75599$$

$$Z_{\text{накл}}^{\text{исп2}} = (1279 + 210840 + 180670 + 23566 + 54201 + 2289) \cdot 0,1 = 75655$$

$$Z_{\text{накл}}^{\text{исп3}} = (1628 + 210840 + 180670 + 23566 + 54201 + 2289) \cdot 0,1 = 75711$$

5.2.4.8 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 20.

Таблица 20 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исполнение 1	Исполнение 2	Исполнение 3
1. Материальные затраты НИИ	930	1279	1628
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных работ)	210840	210840	210840
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	180670	180670	180670
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	23566	23566	23566
5. Отчисления во внебюджетные фонды	54201	54201	54201
6. Прочие прямые затраты	2289	2289	2289
7. Накладные расходы	75599	75655	75711
Бюджет затрат НИИ	548095	548500	548905

Таким образом, общая стоимость разработки НИИ исполнения 1 с учетом всех затрат составляет 548095 рублей, исполнения 2 – 548500 рублей, исполнения 3 – 548905 рублей.

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

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета, с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле 5.17:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (5.17)$$

где Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта

В таблице 21 представлена сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта. Под исполнением 1 представлены накопление водорода в MgH_2 , под исполнением 2 – в MgH_2 – 5 масс. % V и под исполнением 3 – в MgH_2 – 10 масс. % V.

Таблица 21 – Сравнительная оценка характеристик

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исполнение 1	Исполнение 2	Исполнение 3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,2	3	4	4
2. Удобство эксплуатации	0,1	5	5	5
3. Соответствует требованиям потребителей	0,2	2	4	3
4. Энергосбережение	0,1	4	3	3
5. Надежность	0,2	5	5	5
6. Материалоемкость	0,2	5	4	3
ИТОГО	1			
Интегральный показатель ресурсоэффективности		3,9	4,2	3,8

$$I_{p1} = 3 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 = 3,9$$

$$I_{p2} = 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 = 4,2$$

$$I_{p3} = 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,2 = 3,8$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле 5.18:

$$I_{\text{исп}} = \frac{I_{pi}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп}i}} \quad (5.18)$$

Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле 5.19:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп}i}}{I_{\text{исп}1}} \quad (5.19)$$

В таблице 22 представлена сравнительная эффективность разработки.

Таблица 22 – Сравнительная эффективность

№	Показатели	Исполнение 1	Исполнение 2	Исполнение 3
1	Интегральный финансовый показатель	0,33	0,33	0,33
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	3,90	4,20	3,80
3	Интегральный показатель эффективности	11,82	12,73	11,52
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,00	1,08	0,97

Таким образом, можно сделать вывод о том, что композит $\text{MgH}_2 - 5 \text{ масс. \% V}$ является более эффективным вариантом решения поставленной задачи по сравнению с MgH_2 и $\text{MgH}_2 - 5 \text{ масс. \% V}$, основываясь на показателях эффективности.

5.3 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Таким образом, в ходе выполнения задания по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были проанализированы возможные конкурентные технические решения по основным техническим критериям оценки ресурсоэффективности, составлен SWOT-анализ. Далее определены возможные альтернативы проведения научных исследований и на их основе было проведено планирование НИР, построен график Ганта, рассчитана заработная плата для исполнителей, рассчитан бюджет НИИ и проведена сравнительная эффективность проекта.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были получен гидрид магния с содержанием водорода 7,59 масс. %, на его основе были синтезированы с помощью планетарной шаровой мельницы композиты MgH_2 – 5 масс. % V и MgH_2 – 10 масс. % V с содержанием водорода 6,4 масс. % и 6,31 масс. % соответственно.

Методом дифференциальной сканирующей калориметрии показано, что температура выхода водорода из композита MgH_2 – 5 масс. % V составляет 395 °С, что на 44 °С меньше, чем температура выхода водорода из гидрида магния (439 °С), а из композита MgH_2 – 10 масс. % V температура выхода составила 375 °С, что меньше в сравнении с гидридом на 64 °С. С помощью спектров термостимулированной десорбции показано, что увеличение содержания ванадия в композите приводит к уменьшению температуры пика выхода водорода.

Таким образом, в данной работе были рассмотрены такие методы, как механическая активация и волюмометрический метод для исследования эффективности поглощения водорода, и приборы, необходимые для исследования материалов накопителей водорода на основе магния.

Были проанализированы и выявлены опасные и вредные факторы производственной среды. К вредным факторам можно отнести: воздействие электрического напряжения на организм человека, микроклимат и высоких электромагнитных полей. К опасным факторам можно отнести: электробезопасность и пожаровзрывобезопасность.

В ходе планирования научно-исследовательских работ определены структура и перечень работ, выполняемых рабочей группой, состоящей из научного руководителя и инженера. Использование композита в качестве материала-накопителя MgH_2 – 5 масс. % V является наиболее эффективным с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Züttel A. Hydrogen storage methods // *Naturwissenschaften*. – 2004. – Vol. 91, N. 4. – P. 157-172.
2. Хохонов А. А., Шайхатдинов Ф. А., Бобровский В. А., Агарков Д. А., Бредихин С. И., Чичиров А. А., Рыбина Е. О. Технологии хранения. Водородные накопители энергии. // *Успехи в химии и химической технологии*. – 2020. – Т. 34. – №. 12. – С. 47 – 52.
3. Yanxing Z., Maoqiong G., Yuan Z., Xueqiang D., Jun S. Thermodynamics analysis of hydrogen storage based on compressed gaseous hydrogen, liquid hydrogen and cryo-compressed hydrogen // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2019. – Vol. 44, N. 31. – P. 16833-16840.
4. Niaz S., Manzoor T., Pandith A. H. Hydrogen storage: Materials, methods and perspectives // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2015. – Vol. 50. – P. 457-469.
5. Sakintuna B., Lamari-Darkrim F., Hirscher M. Metal hydride materials for solid hydrogen storage: a review // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2007. – Vol. 32, N. 9. – P. 1121-1140.
6. Luo Y., Wang Q., Li J., Xu F., Sun L., Zou Y., Chu H., Li B., Zhang K. Enhanced hydrogen storage/sensing of metal hydrides by nanomodification // *Materials Today Nano*. – 2020. – Vol. 9. – P. 100071.
7. Wang L., Quadir M. Z., Aguey-Zinsou K. F. Direct and reversible hydrogen storage of lithium hydride (LiH) nanoconfined in high surface area graphite // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2016. – Vol. 41, N. 40. – P. 18088-18094.
8. Zidan R., Garcia-Diaz B. L., Fewox C. S., Stowe A. C., Gray J. R., Harter A. G. Aluminium hydride: a reversible material for hydrogen storage // *Chemical communications*. – 2009. – N. 25. – P. 3717-3719.

9. Liang G. et al. Catalytic effect of transition metals on hydrogen sorption in nanocrystalline ball milled MgH_2 -Tm (Tm= Ti, V, Mn, Fe and Ni) systems //Journal of Alloys and Compounds. – 1999. – Vol. 292, N. 1-2. – P. 247-252.
10. Rizo-Acosta P., Cuevas F., Latroche M. Hydrides of early transition metals as catalysts and grain growth inhibitors for enhanced reversible hydrogen storage in nanostructured magnesium //Journal of Materials Chemistry A. – 2019. – Vol. 7, N. 40. – P. 23064-23075.
11. Liang G. et al. Hydrogen storage properties of the mechanically milled MgH_2 -V nanocomposite //Journal of Alloys and Compounds. – 1999. – Vol. 291, N. 1-2. – P. 295-299.
12. Dehouche Z. et al. Influence of cycling on the thermodynamic and structure properties of nanocrystalline magnesium-based hydride //Journal of Alloys and Compounds. – 2000. – Vol. 305, N. 1-2. – P. 264-271.
13. Da Conceição M. O. T., Brum M. C., Dos Santos D. S. The effect of V, VCl_3 and VC catalysts on the MgH_2 hydrogen sorption properties //Journal of alloys and compounds. – 2014. – Vol. 586. – P. S101-S104.
14. Фокин В. Н. и др. Гидрирование смеси магния с ванадием //Журнал прикладной химии. – 2022. – Т. 95. – №. 7.
15. Czujko T. et al. Investigation of the hydrogen desorption properties of $Mg+ 10 \text{ wt.}\% X$ (X= V, Y, Zr) submicrocrystalline composites //Journal of alloys and compounds. – 2006. – Vol. 414, N. 1-2. – P. 240-247.
16. Lu Z. Y. et al. Two-dimensional vanadium nanosheets as a remarkably effective catalyst for hydrogen storage in MgH_2 //Rare Metals. – 2021. – Vol. 40, N. 11. – P. 3195-3204.
17. Korablov D., Besenbacher F., Jensen T. R. Kinetics and thermodynamics of hydrogenation-dehydrogenation for Mg-25% TM (TM= Ti, Nb or V) composites synthesized by reactive ball milling in hydrogen //International Journal of Hydrogen Energy. – 2018. – Vol. 43, N. 34. – P. 16804-16814.
18. Pelletier J. F. et al. Hydrogen desorption mechanism in MgH_2 - Nb nanocomposites //Physical review B. – 2001. – Vol. 63, N. 5. – P. 052103.

19. Suryanarayana C. Mechanical alloying and milling // Progress in materials science. – 2001. – Vol. 46, N. 1–2. – P. 1–184.
20. Черник Г., Фокина Е., Будим Н., Хюллер М., Кочнев В. Измельчение и механическое легирование в планетарных мельницах. // Наноиндустрия. – 2007. – №. 5. – С. 32-35.
21. Huot J., Liang G., Schulz R. Mechanically alloyed metal hydride systems. // Applied Physics A Materials Science & Processing. – 2001. – Vol.72, N. 2. – P. 187–195.
22. Huot J., Liang G., Boily S., Van Neste A., Schulz R. Structural study and hydrogen sorption kinetics of ball-milled magnesium hydride. // Journal of Alloys and Compounds. – 1999. – P. 293-295, 495–500.
23. Милюкова И.В., Собянин С.В. Агломерационные пределы процесса измельчения кварцевого порошка на планетарной мельнице АГО-2 с оптимальной энергонапряженностью. // Вестник Югорского государственного университета. – 2018. – Т. 4, № 51. – С. 41-48.
24. Checchetto R., Trettel G., Miotello A. Sievert-type apparatus for the study of hydrogen storage in solids //Measurement Science and Technology. – 2003. – Vol. 15. – N. 1. – P. 127.
25. Varin R. A., Czujko T., Wronski Z. S. Nanomaterials for solid state hydrogen storage. – 2009. – Springer Science & Business Media.
26. Kudiiarov V. N. et al. Application of automated complex Gas Reaction Controller for hydrogen storage materials investigation //Advanced Materials Research. – Trans Tech Publications Ltd. – 2013. – Vol. 740. – P. 690-693.
27. Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 20.04.2021)
28. ПНД Ф 12.13.1-03 Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения).
29. Инструкция № 2-14 по охране труда при работе с электрооборудованием напряжением до 1000 В.

30. Инструкция № 2-07 по охране труда при работе с баллонами, работающими под давлением.
31. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
32. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
33. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
34. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
35. СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение.
36. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.
37. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
38. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
39. ГОСТ Р 53692-2009. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов.
40. ГН 2.2.5.3532-18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
41. ГОСТ Р 53481-2009 Системы смазочные. Требования безопасности.
42. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
43. СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»
44. ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК Седьмое издание.
45. ПРИКАЗ от 15 декабря 2020 года N 903н Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок.

46. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".

47. Постановление Правительства РФ от 31 декабря 2020 г. N 2398 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II,