

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

Инженерная школа ядерных технологий
Направление подготовки 03.03.02 «Физика»
Отделение экспериментальной физики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Сорбция молекулярных и атомарных газов углеродными нанотрубками

УДК 544.277.544.723.620.18

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0Б41	Мустахиева Дина Адилханкызы		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент отделения экспериментальной физики	Никитина Л.В.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения социально- гуманитарных наук	Меньшикова Е.В.	К.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор отделения общетехнических дисциплин	Федорчук Ю.М.	Д.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Томск – 2018 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результат обучения (компетенции выпускника)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Общекультурные (универсальные) компетенции</i>		
Р1	Способен самостоятельно приобретать новые знания, использовать современные образовательные и информационные технологии, совершенствовать и развивать свой профессиональный уровень, поддерживать здоровый образ жизни	Требования ФГОС (<i>ОК-1, ОК-2, ОК-7, ОК-8, ОК-11, ОК-19</i>) [2], Критерий 5 АИОР (п. 1.1, 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р2	Способен к поиску, обработке и интерпретации с использованием современных информационных технологий данных, необходимых для формирования суждений по соответствующим социальным, научным и этическим проблемам как в коллективе, так и индивидуально (на родном и иностранном языке)	Требования ФГОС (<i>ОК-3, ОК-4, ОК_8, ОК-14, ОК-15, ПК-10, ПК-12, ПК-13,</i>), Критерий 5 АИОР (пп. 2.1, 2.2, 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р3	Способен критически переосмысливать свой накопленный социальный и профессиональный опыт, изменять при необходимости профиль своей профессиональной деятельности, следовать этическим и правовым нормам и нести ответственность за последствия своей инженерной деятельности	Требования ФГОС (<i>ОК-5, ОК-6, ОК-7, ОК-9, ОК-10, ПК-5, ПК-18</i>), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р4	Способен к овладению и применению базовых знаний в области естественных наук и математики для решения профессиональных задач, к усвоению основных педагогических моделей, форм и приемов педагогического воздействия на личность; закономерностей педагогического	Требования ФГОС (<i>ОК-1, ОК-9, ОК-10, ОК-11, ПК-1, ПК-2, ПК-10</i>), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р5	Способен применить в проектах по тематике, заданной заинтересованными организациями, экспериментальные методы исследования конденсированного состояния вещества, методы анализа поверхности	Требования ФГОС (<i>ОК-12, ПК-3, ПК-4, ПК-6, ПК-14</i>), Критерий 5 АИОР (п. 1.1, 1.4, 2.2, 2.6), согласованный с

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

	– Заключение.
--	---------------

Перечень графического материала

(с точным указанием обязательных чертежей)

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Меньшикова Е.В.
Социальная ответственность	Федорчук Ю.М.

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

--

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику

--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент отделения экспериментальной физики	Никитина Л.В.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0Б41	Мустахиева Д.А.		

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

Инженерная школа ядерных технологий
Направление подготовки 03.03.02 «Физика»
Отделение экспериментальной физики
Период выполнения: весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
...
...

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент отделения экспериментальной физики	Никитина Л.В.			

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

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

Студенту:

Группа	ФИО
0Б41	Мустахиева Дина Адилханкызы

Институт	Физико-технический	Кафедра	Общей физики
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	03.03.02 Физика / Физика конденсированного состояния

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 материалов и оборудования Зарботная плата участников проекта</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Нормы рабочего времени</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Ставка налога отчислений во внебюджетные средства</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>SWOT - анализ</i>
2. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Планирование НТИ Подсчет бюджета</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Матрица SWOT</i>
2. <i>Альтернативы проведения НТИ</i>
3. <i>График проведения и бюджет НТИ</i>
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения социально-гуманитарных наук	Меньшикова Е.В.	К.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0Б41	Мустахиева Дина Адилханкызы		

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

Инженерная школа ядерных технологий
Направление подготовки 03.03.02 «Физика»
Отделение экспериментальной физики

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
ОБ41	Мустахиева Дина Адилханкызы

Школа	Инженерная школа ядерных технологий	Кафедра	Общей физики
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	Физика

Тема дипломной работы: Сорбция молекулярных и атомарных газов углеродными нанотрубками.

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Целью данной выпускной квалификационной работы являлось изучение сорбционной способности углеродных материалов, содержащих одностенные нанотрубки.
2. 2. Описание рабочего места на предмет возникновения: вредных проявлений факторов производственной среды (для обслуживающего персонала необходимо обеспечить оптимальные, в крайнем случае, допустимые значения метеоусловий на рабочем месте, обеспечить комфортную освещенность рабочего места, уменьшить до допустимых пределов шум от вентиляции); опасных проявлений факторов производственной среды (в связи с присутствием электричества для питания персонального компьютера и освещенности лаборатории, необходимо предусмотреть, если есть, то перечислить средства коллективной и индивидуальной защиты от электро-, пожаро- и взрывоопасности); необходимо предусмотреть мероприятия по предотвращению негативного воздействия на окружающую природную среду используемых энергетических проявлений и образующихся отходов: электромагнитные поля от персонального компьютера, отработанные картриджи, принтеры и др. оргтехника; - необходимо обеспечить устойчивую работу вашего производственного участка при возникновении чрезвычайных ситуаций, характерных для Сибири – сильные морозы, пурга, человеческий фактор, диверсия (рассмотреть минимум 2 ЧС – 1 природную, 1 техногенную).

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:
 - а) приводится перечень всех используемых в работе реагентов, их агрегатное состояние, класс опасности (токсичности), механизм воздействия их на организм человека, единицы измерения количества (концентрации); приводится перечень средств коллективной и индивидуальной защиты персонала, а также защиты окружающей среды;
 - б) приводятся данные по оптимальным и допустимым значениям микроклимата на рабочем месте, перечисляются методы обеспечения этих значений; приводится 1 из расчетов (расчет освещенности на рабочем месте, расчет необходимого воздухообмена на рабочем месте, расчет необходимого времени эвакуации рабочего персонала);

<p>в) приводятся данные по реальным значениям шума на рабочем месте, разрабатываются или, если уже есть, перечисляются мероприятия по защите персонала от шума, при этом приводятся значения ПДУ, средства коллективной защиты, СИЗ;</p> <p>г) приводятся данные по реальным значениям электромагнитных полей на рабочем месте, в том числе от компьютера или процессора, если они используются, перечисляются СКЗ и СИЗ;</p> <p>д) приведение допустимых норм с необходимой размерностью (с ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</p> <p>е) предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</p>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <p>а) приводятся данные по значениям напряжения используемого оборудования, классификация помещения по электробезопасности, допустимые безопасные для человека значения напряжения, тока и заземления (в т.ч. статическое электричество, молниезащита - источники, средства защиты); перечисляются СКЗ и СИЗ;</p> <p>б) приводится классификация пожароопасности помещений, указывается класс пожароопасности вашего помещения, перечисляются средства пожаробнаружения и принцип их работы, средства пожаротушения, принцип работы, назначение (какие пожары можно тушить, какие – нет), маркировка; пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия).</p>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <p>организация безотходного производства (приводится перечень отходов при эксплуатации установки, перечисляются методы улавливания, переработки, хранения и утилизации образовавшихся на вашем производстве промышленных отходов).</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <p>а) Приводятся возможные для Сибири ЧС; Возможные ЧС: морозы, диверсия</p> <p>б) разрабатываются превентивные меры по предупреждению ЧС;</p> <p>в) разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</p> <p>г) разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <p>специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства (приводится перечень ГОСТов, СНиПов и др. законодательных документов, использованных в своей работе);</p>
<p>Перечень графического материала:</p> <p>1) Пути эвакуации</p> <p>2) План размещения светильников на потолке рабочего помещения</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	26.02.2018г.
---	--------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. ЭБЖ ИНК	Федорчук Ю.М.	Д.т.н.		26.02.2018г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0Б41	Мустахиева Дина Адилханкызы		26.02.2018г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 111 с., содержит 17 рис., 22 табл., 1 прил. с использованием 53 источников.

Ключевые слова: одностенные углеродные нанотрубки, водород, сорбция, наноструктура, свойства, применение, получение, модифицирование, волюметрический метод измерения сорбции, спектроскопия комбинационного рассеяния, инфракрасная спектроскопия, модификация, окисление.

Целью данной выпускной квалификационной работы являлось исследование сорбционных свойств модифицированных углеродных материалов, содержащих одностенные нанотрубки.

В результате исследования было проведено модифицирование материалов, содержащих одностенные нанотрубки, методом окисления в концентрированной азотной кислоте. Произведен анализ структурных особенностей инфракрасной спектроскопией и спектроскопией комбинационного рассеяния. Были сняты микрофотографии с просвечивающего электронного микроскопа. Также получены микрофотографии сканирующего электронного микроскопа с последующим энерго-дисперсионным анализом. На основе полученных образцов проведено исследование сорбции гелия, водорода и аргона модифицированными углеродными нанотрубками на автоматизированном комплексе Gas Reaction Controller.

Данные полученные с исследования могут быть использованы в исследовательских, научно-инженерных центрах изучающих перспективы использования водорода в качестве топлива.

В будущем предполагается проведение различных методов исследований сорбции углеродного материала, содержащих одностенные нанотрубки, а также исследование сорбции других углеродных наноструктур.

Содержание

Введение.....	14
Глава 1. Литературный обзор.....	17
1.1 Углеродные нанотрубки	17
1.2 Структура и свойства одностенных углеродных нанотрубок	19
1.3 Сорбционная способность углеродных нанотрубок	22
1.4 Модифицирование и очистка одностенных углеродных нанотрубок.....	24
Глава 2. Материал и методы исследования	27
2.1 Материал исследования.....	27
2.2 Волнометрический метод измерения сорбции при помощи автоматизированного комплекса Gas Reaction Controller	29
2.3 Спектроскопия комбинационного рассеяния света	31
2.4 Инфракрасная спектроскопия.....	36
Глава 3. Экспериментальные исследования.....	41
3.1 Выделение одностенных углеродных нанотрубок из углеродного материала обработкой в концентрированной азотной кислоте	41
3.2 Исследование морфологии исходных и модифицированных углеродных нанотрубок	41
3.2.1 Энерго-дисперсионный анализ.....	41
3.2.2 Исследование инфракрасной спектроскопией.....	42
3.2.3 Исследование спектроскопией комбинационного рассеяния	44
3.3 Измерение сорбции газов (водород, гелий, аргон) одностенными углеродными нанотрубками до и после модифицирования.....	46
Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	52

Введение	52
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного-исследования	53
4.1.1 Анализ конкурентных технических решений	53
4.1.2 SWOT-анализ.....	56
4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	58
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	58
4.2.2 Определение трудоёмкости выполнения работ.....	61
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования	63
4.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	66
4.2.5 Расчет материальных затрат исследования	66
4.2.6 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей исследования.....	69
4.2.7 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	70
4.2.8 Формирование бюджета затрат научного исследовательского проекта.....	71
4.3 Определение ресурсной эффективности	72
Выводы	75
Глава 5. Социальная ответственность.....	76
Введение.....	76
5.1 Техногенная безопасность.....	77
5.2 Анализ вредных факторов.....	78
5.2.1 Освещение.....	78
5.2.2 Шум	83
5.2.3 Микроклимат	85

5.2.4 Электромагнитное поле.....	87
5.3 Анализ опасных факторов.....	88
5.3.1 Электробезопасность	88
5.3.2 Работа с химическими веществами и баллонами	91
5.4. Защита окружающей среды	92
5.5 Пожарная безопасность	94
5.6 Организационные мероприятия.....	95
5.7 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	97
5.8 Охрана окружающей среды	98
5.9 Особенности законодательского регулирования проектных решений	99
Выводы	103
Заключение	104
Список используемых источников.....	105
Приложение А	111

Введение

Водород, как универсальный, высокоэффективный и экологически чистый энергоноситель, открывает большие перспективы для его широкого применения в современной энергетике, особенно в качестве топлива для транспортных средств. Существует много различных экологически чистых способов получения водорода, однако возникают серьезные проблемы, которые препятствуют применению водорода в качестве топлива. Например, достаточно маленький размер молекулы водорода. Поэтому водород может проникать в щели, присутствующие в разных материалах, в связи с чем – водородная утечка в атмосферу может приводить к большим взрывам. Чтобы устранить эти проблемы, стенки баллонов для хранения водорода следует делать более толстыми, что соответственно утяжеляет конструкцию. В настоящее время ни один из существующих способов хранения водорода (в газообразном состоянии под высоким давлением, в жидком состоянии, в виде гидридов металлов и неметаллических соединений, а также в адсорбированном состоянии при пониженных температурах), не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к системам хранения [1].

Поэтому разработка и изучение новых, наиболее эффективных способов хранения водорода с последующей транспортировкой является важной задачей, успешное решение которой во многом определит дальнейший прогресс в развитии «водородной» энергетики.

В современном мире использование нанотехнологий во многих отраслях науки заметно улучшает и упрощает исследования. Поэтому возможное применение нанотехнологий в водородной энергетике способствует решению проблемы хранения и использования водорода в качестве топлива. В далеком 1959 году на Ежегодной встрече физического общества прозвучала речь американского ученого Ричарда Фейнман - «Там, внизу, много места». Он впервые дал объяснение основным принципам использования нанотехнологий в медицине. В 1991 году японская

корпорация NEC с помощью высокоразрешающей электронной микроскопии обнаружила некие структуры в форме трубок с диаметрами от 3 до 10 нанометров и длиной нескольких микрон или даже миллиметров. В последствии, это необычное открытие стало носить название - «углеродные нанотрубки» [2].

Углеродные нанотрубки имеют неоспоримые преимущества перед другими наноматериалами. Их физические и химические свойства показывают, что они обладают металлической полупроводниковой проводимостью, высокой механической прочностью, поглощают излучения и имеют адсорбционную способность. Объясняется это тем, что нанотрубки имеют особую структуру, где все атомы сосредоточены на поверхности. Это позволяет нам судить о высокой удельной поверхности материала [3]. Однако, литературные исследования [4] показывают, что сорбционные свойства одностенных углеродных нанотрубок при комнатной температуре имеют большой разброс, в том числе и изучения сорбции водорода различных авторов не имеет периодичности. Поэтому детальное изучение сорбционных особенностей углеродного материала, содержащих одностенные нанотрубки, на примере различных газов поможет решить проблему хранения водорода.

В связи с этим, целью данной работы является исследование сорбционных свойств модифицированных углеродных материалов, содержащих одностенные нанотрубки.

На данном этапе для достижения цели были поставлены задачи по анализу методов модифицирования материала, а также контроля его состояния и структуры, а именно:

- исследование структурных особенностей материала, содержащих одностенные нанотрубки;

- модифицирование материалов, содержащих одностенные нанотрубки;
- сравнение морфологии исходных и модифицированных материалов;
- изучение особенностей сорбции молекулярными и атомарными газами исходных и модифицированных углеродных нанотрубок.

В настоящей работе представлен краткий литературный обзор по темам, касающимся углеродных наноматериалов. Также описан выбор метода для проведения модифицирования и методы исследования структурных изменений углеродного материала. Произведен сравнительный анализ морфологии исходных и прошедших обработку материалов, содержащих одностенные нанотрубки. Изучена сорбция аргона, гелия и водорода углеродными нанотрубками до и после модифицирования.

Глава 1. Литературный обзор

1.1 Углеродные нанотрубки

Важнейшими объектами фундаментальных исследований последних десятилетий стали многочисленные формы углерода. Основной целью научных разработок являются материалы, открывающие новые возможности для развития энергетики, медицины, химической и металлургической промышленности, аэрокосмических и транспортных систем. Если не принимать во внимание, что государственным и научным приоритетом страны в последнее время стало развитие нанотехнологий, то вышеперечисленные отрасли еще не все, где могут использоваться новые технологии. Открытие фуллеренов в 1985г. и получение в макроскопических количествах положило начало систематическим исследованиям поверхностных структур углерода [5]. Графитовый слой фуллеренов замкнут, и образует поверхность, которая состоит из правильных шестиугольников с атомами углерода, расположенными на вершинах [6]. Одновременно с открытием сферических форм углерода в 1991г. ученые обнаружили цилиндрические протяжные структуры графитового слоя [7]. Такого рода структуры получили название углеродных нанотрубок(УНТ), отличавшихся разнообразием физико-химических свойств.

Известно, что история открытия углеродных нанотрубок тесно связана с открытием других наносферических форм углерода. Такие ученые как: Кретчмер и Хафман впервые получили фуллерены в макроскопических количествах [5] на основе термического распыления графита в электрической дуге с графитовыми электродами, находящимися в гелиевой среде. В результате чего, сажа осажденная путем распыления содержит до 20% фуллеренов. При получении сферических структур было обнаружено, что в результате термического распыления анода в электрической дуге образуются и протяжные структуры углерода. Длина этих цилиндров достигает десятков микрон, а диаметр доходит от одного до нескольких нанометров. Открытия,

сделанные при помощи электронных микроскопов, свидетельствуют о том, что нанотрубки различают двух видов, таких как состоящие из одного свернутого графитового слоя или же нескольких свернутых слоев, либо вложенных один в другой. Расстояние между слоями составляет 0,34 нм, что соответствует расстоянию между слоями в графитовом кристалле. Закрывание нанотрубки с двух сторон чаще всего заканчивается полусферической головкой, структура которого похожа на половину молекулы фуллерена.

Открытие нанотрубок привело к исследованию различных методов их получения и модификаций. Для дальнейшего исследования нового физического объекта и его уникальных свойств, необходимо разработать оптимальные технологии получения чистых, беспримесных образцов. Термическое распыление - один из первых и более распространенных методов получения углеродных нанотрубок. Принцип работы заключается в том, что интенсивное термическое распыление материала графитового анода в дуговом разряде постоянного тока в несколько десятков ампер и при напряжении 15-25В происходит в атмосфере гелия с давлением в несколько сот Торр. Продукты распыления, такие как: частицы графита, и малое количество фуллеренов осаждаются на стенки камеры, а также на поверхностях катода, так как имеют более низкую температуру по сравнению с анодом. Под микроскопом было выявлено, что помимо частиц графита и фуллерена, в осадке содержится малое, но достаточное для изучения, количество нанотрубок [8]. Наряду с трубками, в катодном осадке есть и другие частицы различной формы, что затрудняет исследование. К тому же полученная смесь имеет в основном многостенные нанотрубки с различной хиральностью. Для устранения числа слоев существуют методы окисления и обработки, основанные на реакционной способности графитового слоя [9]. Также увеличение длины нанотрубок удалось получить методом термического распыления в дуге с присутствием катализатора, которые в свою очередь состоят из различных элементов. Форма и размеры трубок

определяются типом металла, используемого в качестве катализатора[10]. При этом отмечается, что железо способствует образованию одностенных нанотрубок. Для их получения электроды располагают вертикально в центре камеры, заполненной смесью метана и аргона, катод имеет небольшое углубление, в него помещается кусочек железа и при горении дуги испаряется железо, образуя частички карбида железа и одностенные нанотрубки. В настоящее время широко используются похожие методы получения углеродных нанотрубок. Разработаны различные реакторы с встроенными системами подачи парогазовой смеси с регулированием температуры и давления камеры. Это позволяет получать одностенные нанотрубки определенных форм и в больших количествах для использования в производственных целях.

После открытия углеродных нанотрубок и успешного развития методов их получения был предложен и частично реализован широкий спектр их применения. Например, углеродные трубки оказались подходящими материалами для миниатюрных элементов наноэлектроники, атомно-силовой микроскопии, рассматриваются перспективы применения нанотрубок как аккумуляторов газов, в частности водорода. Упомянутые технические приложения углеродных трубок основаны на их уникальных структурных, электронных и механических свойствах.

1.2 Структура и свойства одностенных углеродных нанотрубок

Углеродные нанотрубки являются одним из наиболее интересных – наноаллотропов углерода. Их конфигурация – не что иное, как полые протяженные наноструктуры цилиндрической формы, стенки которых образованы гексагонами. Их типичные размеры в диаметре колеблются от 1 до 10 нм, а по длине – от 50 до 100 нм.

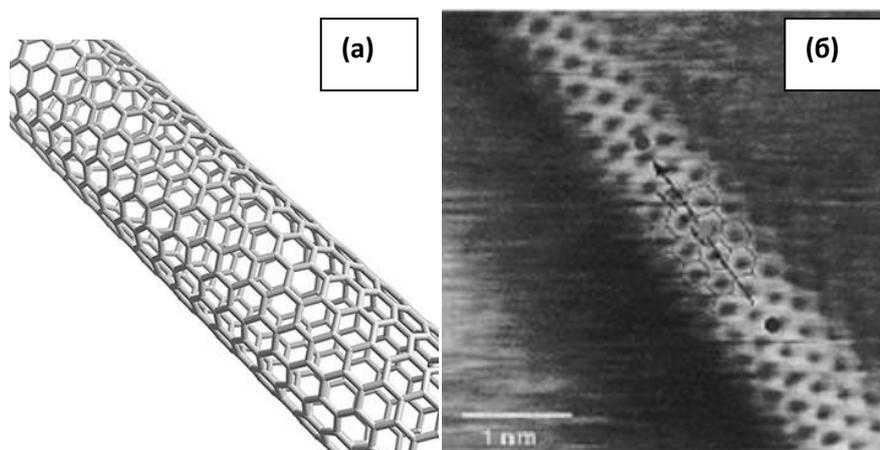


Рис. 1.1. Компьютерная модель одностенной нанотрубки (а) [11]; изображение нанотрубки, полученное при помощи сканирующей туннельной микроскопии (б) [12].

При моделировании атомной структуры нанотрубок используют процесс создания атомных слоев графена. Из этих слоев «вырезают» атомные ленты, которые потом сворачивают в бесшовные цилиндры по определенной схеме (рис. 1.2). Геометрические параметры трубок описывают при помощи базисных векторов исходного слоя, используя так называемые хиральные вектора $c_h = na_1 + ma_2$.

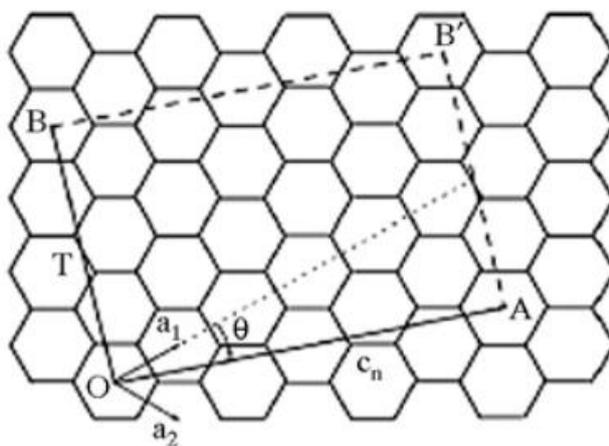


Рис. 1.2. Фрагмент графеновой сетки [12].

Кроме однослойных нанотрубок существует семейство многослойных нанотрубок, представляющих собой систему коаксиальных однослойных углеродных нанотрубок с диапазоном диаметров от 2,5 до 30 нм. Многослойные нанотрубки различаются по виду, а также могут быть как изолированными, так и в виде связок, объединяющих сотни отдельных трубок, взаимодействующих за счет Ван-дер-Ваальсовых сил.

Нанотрубки могут быть составной частью различных кристаллов, и даже входить в состав углеродных композитов [13].

Углеродные нанотрубки сочетают в себе свойства молекул твердого тела. Также могут рассматриваться как промежуточное состояние вещества. Эта особенность привлекает к себе внимание исследователей всего мира. Поэтому, тщательное изучение свойств могут помочь в реализации их использования в различных отраслях науки и технологии.

1) Электрические свойства. Структура углеродной нанотрубки уникальна, поэтому благодаря ей, нанотрубка может использоваться в качестве проводящего материала. Допустим, что структура атомов в углеродной нанотрубки снижает столкновения между атомами и электронами проводимости. Поэтому можно сделать вывод о высокой проводимости. Сильные связи между атомами углерода также позволяют углеродной нанотрубке выдерживать более высокие электрические токи, чем медь. Известно, что перенос электронов происходит только вдоль оси трубы. Если использовать одностенные нанотрубки в качестве соединений в полупроводниковых устройствах, можно отметить, что при этом электрические сигналы с частотой до 10 ГГц маршрутизируются. Нанотрубки также имеют постоянное сопротивление. Также уникальность поверхностной структуры говорит о наличии постоянного сопротивления.

2) Тепловые свойства. Структурные особенности трубок также определяются ее возможностью выдерживать высокие температуры.

Поэтому стало известно, что углеродные нанотрубки очень хорошие тепловые проводники. В сравнении с медными проводами, часто используемых в качестве проводников тепла, углеродные нанотрубки передают в 15 раз больше количество ватт на метр и градус Кельвина. Теплопроводность углеродных нанотрубок зависит от таких факторов как: температуры трубок, температура внешней среды, строение трубки (многослойная, однослойная) и так далее.

3) Прочность и эластичность. Известно, что графеновая плоскость, из которой состоит нанотрубка, имеет высокую прочность благодаря сильным связям между атомами углерода. В структуре графеновой плоскости и нанотрубки каждый атом углерода соединен сильной химической связью с тремя соседними атомами. Так как атом углерода имеет всего 4 свободные связи, три из них заняты образованием соединения с соседними атомами углерода. Таким образом, углеродные нанотрубки могут проявлять самый сильный модуль упругости и, следовательно, жгут, состоящий из трубок, будет также обладать высокой прочностью. Благодаря высокому показателю модуля упругости одностенных углеродных нанотрубок, можно заметить, что он превышает показатели модуля упругости сталей. Также исследования на упругость и пластичность показывают, что при нажатии на кончик нанотрубки, она сгибается, при этом, как только сила снимается, нанотрубка возвращается в исходное состояние. Это свойство делает ее перспективной для использования в качестве зонда в сканирующей зондовой микроскопии.

1.3 Сорбционная способность

Протяженные углеродные наноструктуры имеют больше преимуществ перед открытыми ранее фуллеренами. УНТ сочетают в себе как свойства молекул твердого тела, так и могут рассматриваться как промежуточное состояние между молекулярным и конденсированным состоянием. Поскольку УНТ обладает такой особенностью как поверхностная структура, то есть вся ее масса заключена на поверхности слоев – это говорит о том, что

благодаря ее удельной поверхности она имеет не только электрохимические свойства, но и высокую сорбционную способность. Известно, что расстояние между атомами углерода в графитовом слое достаточно для прохождения внутрь слоя в трубку или присоединения на поверхность атома любого газа. Физическая сорбция газов происходит присоединением на поверхность УНТ атомов и молекул газа под высоким давлением. Адсорбция газа по своей природе является безопасным и потенциальным с высокой плотностью энергии способом хранения водорода, что может быть более выгодно энергетически, чем химическая сорбция, гидрирование металлов и хранение сжатого газа. Хранение водорода сорбцией наиболее выгодно по трем причинам. Во-первых, графитовая поверхность одна из самых изученных строений углеродных наноматериалов. Во-вторых, удельная поверхность нанотрубки высока, поскольку все атомы расположены на поверхности. И, наконец, в третьих внутренняя полость нанотрубки диаметром превышает размеры многих молекул. Также известно, что в ОУНТ можно хранить не только газообразные вещества, но и жидкости за счет капиллярного эффекта. Еще одной не менее важной особенностью является каркас трубки, он настолько прочен, что хранение разного рода веществ под эластичной и прочной защитой было бы удобным [14].

Углеродные нанотрубки и углеродные нановолокна были представлены весьма перспективными кандидатами на поглощение водорода Диллоном и его коллегами [15]. Они впервые измерили адсорбционную способность водорода специально приготовленной сажи, содержащей только приблизительно от 0,1 до 0,2% по массе ОУНТ при 133 К, из которой они, в дальнейшем, провели перерасчет адсорбции водорода для чистых однослойных нанотрубок, она составила от 5 до 10% по массе (вес адсорбированного водорода делится на вес ОУНТ плюс водород, адсорбированный ОУНТ). Они также предсказали, что ОУНТ с диаметром от

1,63 до 2 нм приблизились бы к цели по плотности поглощения водорода 6,5масс%.

Авторы [16] сообщили о том, что 8 масс% водорода адсорбируется ОУНТ при криогенной температуре 80 К и давлении 12 МПа.

1.4 Модифицирование и очистка одностенных углеродных нанотрубок

Возможность получения и эффективность применения функционализированных и модифицированных форм УНТ доказана в многочисленных работах зарубежных и отечественных ученых. Описан ряд методик химической обработки углеродных нанотрубок и графеновых материалов, приводящих к эффективному формированию функциональных групп или модифицирующих слоев на поверхности. Предлагается огромное количество перспективных областей применения химически обработанных УНТ. Следовательно, разработка физико-химических основ технологических процессов получения функционализированных и модифицированных форм УНМ является ключевым аспектом решения актуальной проблемы массового производства востребованных в различных отраслях современной техники материалов.

Окисление является самым распространенным способом химической модификации углеродных нанотрубок, используемой для их очистки и функционализации. В результате такой обработки на поверхности углеродных нанотрубок формируются различные кислородсодержащие группы – гидроксильные, альдегидные, кетонные, эфирные, карбоксильные, ангидридные, лактонные. Наиболее часто на поверхности окисленных УНТ фиксируют карбоксильные, гидроксильные, карбонильные и лактонные группы. Эффективность окисления часто связывают с количественным содержанием функциональных групп, которое оценивают либо в процентах от общей массы, либо посредством величины степени функционализации

(число или количество в молях функциональных групп, приходящихся на единицу массы УНТ). Окислительная обработка может по-разному влиять на свойства УНТ, отличающихся формой и числом графеновых слоев и геометрическими параметрами. Это подтверждается в [17], где показано, что соотношение количеств кислородсодержащих функциональных групп и изменение свойств при функционализации в большей мере обусловлено не природой окислителя, а морфологией углеродных нанотрубок. При окислительной функционализации УНТ повышается сродство их поверхности к различным растворителям и полимерным матрицам [18], что способствует более эффективному улучшению морфологических и физических (механических и электрических) характеристик композитов. Пришивка карбоксильных групп к поверхности снижает Ван-дер-Ваальсово взаимодействие между УНТ, что облегчает разделение пучков нанотрубок на отдельные трубки или небольшие пучки. Кроме того, улучшается растворимость в водных или полярных органических растворителях, что позволяет использовать окисленные УНТ как модифицирующую добавку [18].

Эксперименты по модифицированию одностенных углеродных нанотрубок с использованием окисляющих веществ проводились только для многослойной структуры. В качестве окисляющих реагентов в следующих работах чаще всего использовали кислородсодержащие кислоты и их смеси на их основе: HNO_3 [19-20], $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ [21-22], H_2SO_4 [23], $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{KMnO}_4$ [24], $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$ [25].

Обработка кислотами обычно представляет собой многочасовой (до 24ч) процесс, осуществляемый при нагревании или кипячении реакционной массы. Формирующиеся кислородсодержащие функциональные группы, в первую очередь, присоединяются к местам первоначальных дефектов и к концевым участкам УНТ. Также окислительная обработка может привести к отмыванию частиц металлоксидного катализатора, открытию концов,

укорочению отдельных трубок и фрагментации боковых стенок на карбоксилированные участки [26].

Окисление УНТ азотной кислотой и смесями на ее основе, очевидно, обусловлено способностью ионов нитрония (NO_2^+) атаковать ароматическое кольцо с образованием связи C-N. При этом, как и в случае с фуллеренами [27], образуются нестабильные нитросоединения, в которых происходит гидролитическое расщепление связи углерода с азотом, приводящее к введению на поверхность нанотрубки гидроксильных групп. В дальнейшем возможно окисление гидроксильных групп до карбоксильных.

Методы очистки и обработки нанотрубок с помощью окислителей основаны на том, что реакционная способность протяжного графитового слоя, который состоит из шестигранников, являющихся поверхностью нанотрубок, значительно меньше чем сфероидальная поверхность, состоящая из пятигранников. Очистка обусловлена тем, что помимо нанотрубок в катодной саже углеродного материала также могут содержаться и другие формы углеродных наноструктур. Например: углеродные наночастицы или многослойные нанотрубки. Также частицы катализатора, в данном случае железа, остаются в саже углеродного материала. Для очистки нанотрубок, удаления их вершин, что способствует открытию концов трубок, можно использовать жидкие окислители, которые в некотором случае оказываются более удобными, чем газообразные. В работе [28] описан простой и эффективный способ открытия нанотрубок с помощью азотной кислоты в качестве окислителя.

Глава 2. Материал и методы исследования

2.1 Материал исследования

Исследовался углеродный материал, содержащий до 85% одностенных углеродных нанотрубок. Нанотрубки были получены методом осаждения из паровой фазы. Такой метод основан на разложение углеродосодержащих газов на металлические катализаторы при высоких температурах.

Разработка методов исследования одностенных углеродных нанотрубок, позволяющих точно определить структурные характеристики, вносят огромный вклад в развитие области нанотехнологий. Изучение структурных характеристик, тесно связано со многими свойствами нанотрубок. Поэтому поверхность и морфологию таких материалов, можно визуализировать различными способами. Растровая электронная микроскопия (РЭМ) и просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) позволяют качественно различить информацию об углеродном материале [29]. Электронная микроскопия также включает в себя методы подготовки образцов и анализа полученной информации.

В растровом электронном микроскопе электронный луч, сжатый магнитными линзами в зондовый луч, сканирует поверхность образца. Возникающая при электронной бомбардировке поверхности оже-электронная эмиссия регистрируется детекторами с последующим преобразованием в видеосигналы. В результате появляется изображение, которое представляет собой картину распределения интенсивности вторичных излучений по исследуемой поверхности.

С помощью РЭМ можно изучить морфологические параметры поверхности образцов, получить разномасштабные изображения высокого разрешения, охватывающий весь диапазон изменения размеров имеющих в структуре исследуемых образцов. Также преимуществом исследования РЭМ

является определение процентных содержаний различных элементов в образце с помощью энерго-дисперсионного анализа (ЭДА) поверхности.

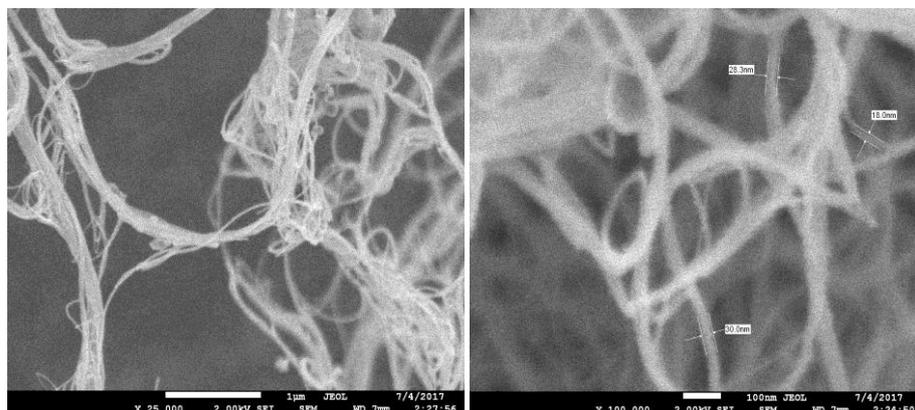


Рис 1.2. РЭМ-изображения ОУНТ.

При исследовании в ПЭМ образцы наноматериалов располагаются в фокальной плоскости электронного пучка и ориентированы перпендикулярно его оси. Просвечивающая электронная микроскопия служит источником информации о продольной структуре образца. С помощью ПЭМ можно определить диаметры отдельных однослойных нанотрубок и их пучков, определить пустые они или наполненные, одиночные или вложены одна в другую, открыты или закрыты торцы трубок. При высоком разрешении есть возможность определения их индексов хиральности.

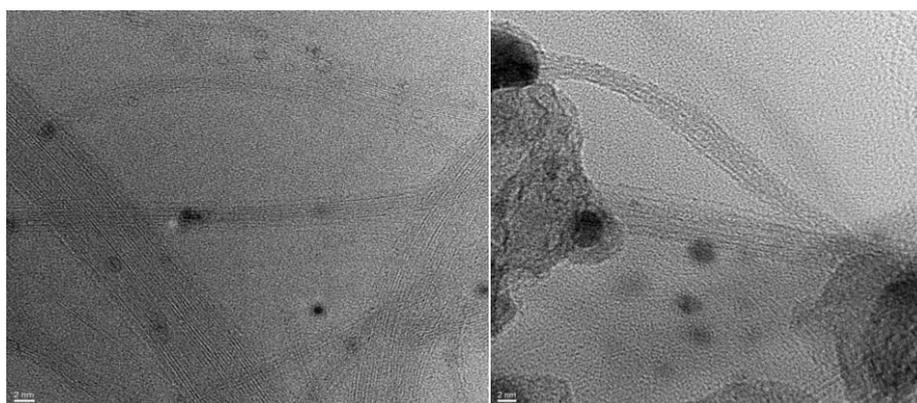


Рис.2.2. ПЭМ-изображения ОУНТ.

2.2 Волюметрический метод измерения сорбции при помощи автоматизированного комплекса Gas Reaction Controller

Исследовательский автоматизированный комплекс Gas Reaction Controller (GRC) является одним из видов экспериментальных установок для исследования сорбции через материалы при различных условиях. Данный экспериментальный комплекс способен исследовать воздействие всевозможных процессов наводороживания материала, используя широкий спектр различных параметров насыщения, что помогает исследовать системы не только материал-водород, но материал – газ более углубленно. Также этот метод используется при изучении сорбции и десорбции при различных температурах и давлениях.

Изучение сорбционной способности углеродного материала определяется концентрацией поглощенного газа при различных температурах (от комнатной до 900 °С) и давлениях (максимальное давление 50 атм.).

Принцип работы данного комплекса основан на определении количества газа в реакционной камере (по известным температуре и давлению газа) до и после поглощения газа образцом. Количество поглощенного газа определяется как разность конечной концентрации газа в камере и начальной. В процессе поглощения, программное обеспечение постоянно отслеживает и записывает все изменения в системе.

Также представляет интерес изучение десорбции газов при их насыщении в исследуемых образцах. Для этого экспериментальный комплекс оснащен масс-спектрометром, непосредственно находящимся в вакуумной системе данной установки. Принцип его работы схож с принципом работы всех масс-спектрометров для измерения давления остаточных газов: небольшое количество молекул газа ионизируются (положительные ионы), ионы разделяются по их массам и измеряются

ионные токи для каждой массы. Парциальное давление определяется по предварительно рассчитанной чувствительности (калибровка).

Автоматизированный комплекс для изучения процессов сорбции-десорбции газов в твердых телах, а также для исследования газовой проницаемости через материалы, схема которого изображена на рисунке 2.1, состоит из баллона с газом, резервуара высокого давления, резервуара низкого давления и промежуточного. Два рабочих резервуара (1-й отсек, 2-й отсек) соединены между собой плотным вакуумным соединением, в конструкции которого входит камера для фиксации образцов. В первом отсеке находится рабочий газ под высоким давлением, подаваемый из баллона, второй отсек представляет собой высоковакуумную камеру, в которой располагается масс-спектрометр, необходимый для регистрации атомов рабочего газа, прошедших через исследуемый образец в процессе насыщения. Оба резервуара помещены в специальный термостат, позволяющий проводить исследования при высоких температурах. Процесс водородной проницаемости на данном комплексе управляется при помощи персонального компьютера, благодаря программному обеспечению которого эти эксперименты можно осуществлять при различных параметрах.

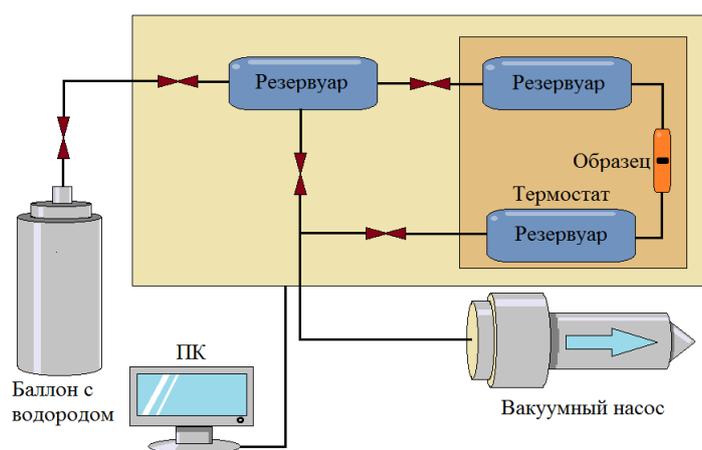


Рис. 2.3. Схема автоматизированного комплекса для изучения процессов сорбции-десорбции газов в твердых телах; для исследования газовой проницаемости через образец.

Экспериментальный комплекс для исследования водородной проницаемости через материалы образцов осуществляется следующим образом. Комплекс напускает соответствующее количество газа из баллона в резервуар и определяет его молярный объем по давлению и температуре. Затем происходит открытие клапана между резервуаром и резервуаром высокого давления, вследствие чего происходит напуск необходимого количества газа в камеру. Далее система комплекса устанавливает необходимое давление в резервуаре высокого давления и температуру в термостате, изначально заданную в программном обеспечении. Под действием давления и высокой температуры, молекулы газа, находящиеся в камере, начинают абсорбироваться в поверхностную область образца. В результате диффузионных процессов, происходящих в материале образца, атомы газа с течением времени выходят с другой стороны мембраны и попадают в высоковакуумную камеру, где происходит их дальнейшая регистрация масс – спектрометром [30].

2.3 Спектроскопия комбинационного рассеяния света

Рамановская спектроскопия представляет собой молекулярную спектроскопию для наблюдения за неупруго рассеянным светом и позволяет идентифицировать вибрационные состояния (фононы) молекул. Поэтому рамановская (комбинационного рассеяния) спектроскопия является важным аналитическим инструментом для контроля изменений в молекулярной структуре связей (например, изменений состояний и нагрузок).

По сравнению с другими методами вибрационной спектроскопии, например, ИК-Фурье и спектроскопии ближнего ИК, спектроскопия комбинационного рассеяния имеет ряд преимуществ. Они являются следствием того, что рамановский эффект наблюдается в рассеянном свете от образца, а не в спектре поглощения образцом света. Поэтому рамановская спектроскопия не требует специальной подготовки образца и нечувствительна к полосам поглощения. Это свойство рамановской

спектроскопии облегчает процесс непосредственного измерения в твердых, жидких и газообразных средах, а также измерения через прозрачные материалы, например, стекло, кварц, пластмассу.

Рамановская спектроскопия избирательна, что позволяет идентифицировать и дифференцировать молекулы и химические образцы, которые очень похожи между собой. Несмотря на то, что химические элементы имеют подобную молекулярную структуру, их рамановский спектр весьма различен. С помощью справочника рамановских спектров можно без труда определить материал [31].

При рассмотрении рамановского рассеяния можно воспользоваться двумя методами, а именно волновой теорией света или квантовой теорией. В классической (волновой) интерпретации свет рассматривается как электромагнитное излучение, которое создает изменяемое электромагнитное поле, взаимодействующее с молекулами через эффект поляризации. Поляризуемость определяется способностью электронного облака взаимодействовать с электрическим полем. Например, легкие молекулы, скажем, бензин, легко рассеивают рамановский свет, а более тяжелые молекулы, например, вода, рассеивают его хуже.

В квантовой теории свет рассматривается в виде фотонов, которые, ударяясь о молекулу, рассеиваются. Количество рассеянных фотонов пропорционально размеру связей. Например, молекулы с сильными связями, бензин, рассеивают большое количество фотонов, а вода, имеющая слабые связи, обладает низким рамановским рассеянием. Происхождение рамановского эффекта можно интерпретировать с помощью классической теории при рассмотрении двухатомной молекулы в виде «масс и пружины» (рис. 2.4), где m представляет собой атомную массу, x – смещение, K – прочность связи.

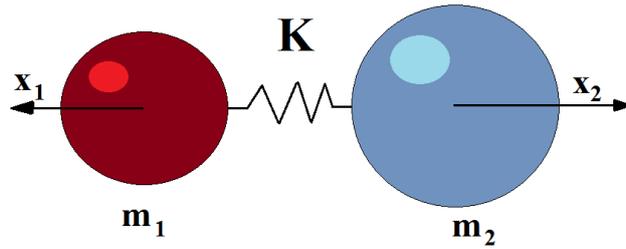


Рис. 2.4. Модель двухатомной молекулы.

При такой аппроксимации смещение молекулы можно описать законом Гука по формуле:

$$\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \left(\frac{d^2 x_1}{dt^2} + \frac{d^2 x_2}{dt^2} \right) = -K(x_1 + x_2) \quad (1).$$

Заменив $\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$ на μ и полное смещение $(x_1 + x_2)$ на q , уравнение можно преобразовать к виду:

$$\mu \frac{d^2 q}{dt^2} = -Kq \quad (2).$$

Решая (2) относительно q , получим:

$$q = q_0 \cos(2\pi \nu_m t) \quad (3),$$

где ν_m - молекулярная вибрация, которая определяется как

$$\nu_m = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{\mu}} \quad (4).$$

Из уравнений (3) и (4) видно, что молекулы вибрируют по косинусоидальной кривой с частотой, пропорциональной силе сцепления и обратно пропорциональной массе. Каждая молекула выдает свой собственный сигнал вибраций, который зависит не только от атомов молекулы, но также и от индивидуальных связей. С помощью рамановского

эффекта эти частоты вибрации можно измерить с учетом поляризации молекулы α , которая представляет собой функцию смещения q . Когда падающий свет взаимодействует с молекулой, он индуцирует дипольный момент P , равный поляризации молекулы и электрическое поле источника света. Это можно выразить следующим образом:

$$P = \alpha E_0 \cos(2\pi\nu_0 t) \quad (5),$$

где E_0 - интенсивность, ν_0 - частота электрического поля. В уравнении (5) наблюдается два результирующих эффекта, которые происходят из взаимодействия молекулы и света. Первый компонент называется распределением Рэлея, он доминирует и не меняет частоту света. Вторым компонентом – рамановское рассеяние:

$$q_0 E_0 \left(\frac{\partial \alpha}{\partial t} \right)_{q=0} [\cos(2\pi\{\nu_0 - \nu_m\}t) + \cos(2\pi\{\nu_0 + \nu_m\}t)] \quad (6).$$

Для изменения частоты света увеличивается или уменьшается частота молекулярной вибрации. Рост частоты известен как антистоксов сдвиг, а снижение частоты как стоксов сдвиг. Измеряя изменение частоты падающего света (обычно используется только стоксов сдвиг), рамановский эффект дает значение частоты вибрации молекулярной связи.

Теперь используем квантовую теорию для лучшей визуализации указанного процесса. Как говорилось ранее, рамановский эффект представляет собой неэластичное рассеяние фотонов молекулярной связи. Из диаграммы Яблонского (рис. 2.5) следует, что фотон света возбуждает молекулу и переводит ее в «виртуальное» состояние.

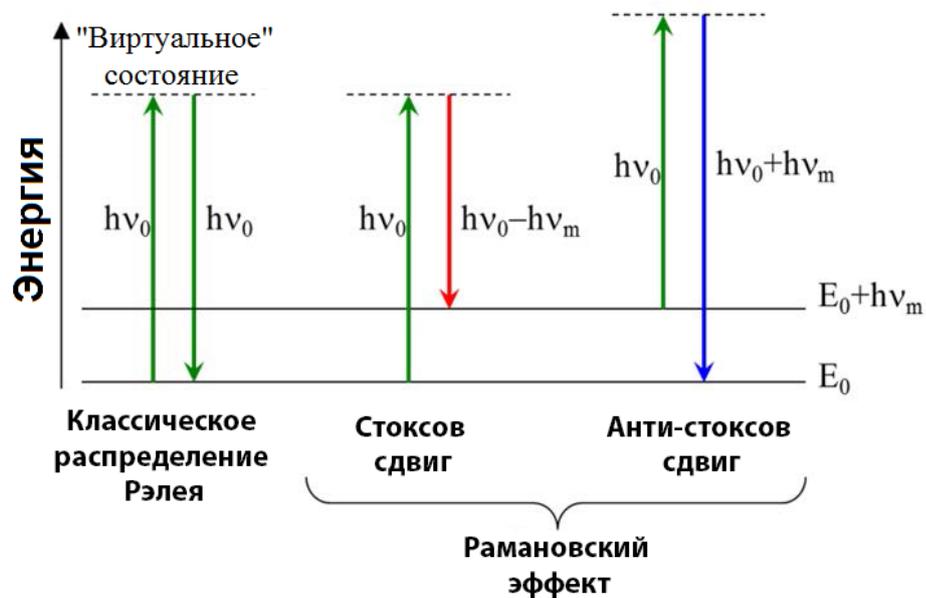


Рис. 2.5. Диаграмма Яблонского, на которой представлены процессы изменения энергетического состояния при распределении Рэлея и Рамана.

При этом мы приходим к трем основным потенциалам. Первый: молекула может вернуться в основное состояние, испустив фотон энергией, равной фотону падающего света; этот процесс является эластичным и его называют распределением Рэлея. Второй: молекула может перейти в фоннное состояние и выпустить фотон с меньшей энергией по сравнению с падающим фотоном; этот процесс называется стоксовым сдвигом рамановского распределения. Третий потенциал – это когда молекула находится в фоннном состоянии, возбуждается и переходит в виртуальное состояние, затем возвращается в основное состояние и испускает фотон с более высокой энергией, чем фотон падающего света; этот эффект называется антистоксовым рамановским распределением. Поскольку большинство молекул находятся в основном состоянии при комнатной температуре, вероятность данного явления очень низкая. В результате этого большинство рамановских измерений выполняются только при стоксовом сдвиге [32].

Схема установки Centaur UHR, с помощью которой были получены рамановские спектры, представлена на рис. 2.6.

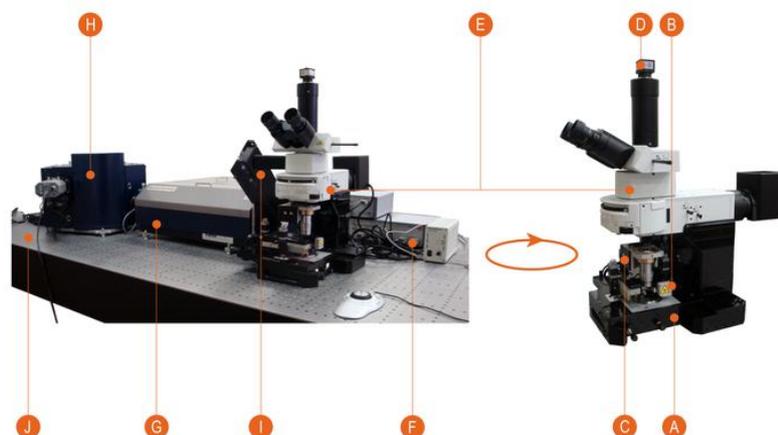


Рис. 2.6. Схема основных модулей комплекса с прямым оптически микроскопом и одинарным монохроматором : А – сканирующее основание; В – сканирующая головка; С – Z – подвижка для объектива; D – видеокамера; E – оптический микроскоп; F – контроллер; G – оптико – механический модуль; H– спектрометр (монохроматор и детекторы излучения); I – перископическая система сопряжения с микроскопом; J – оптический стол [33].

Принцип работы заключается в том, что через образец исследуемого вещества пропускают луч с помощью одномодового лазера с длиной волны 532 нм и мощностью 10 мВт. Полученные лучи с помощью линзы собираются в один пучок и пропускаются через светофильтр, отделяющий слабые (0,001 % интенсивности) рамановские лучи от более интенсивных (99,999 %) рэлеевских. «Чистые» рамановские лучи усиливаются и направляются на детектор, который фиксирует частоту их колебания.

2.4 Инфракрасная спектроскопия

Спектроскопическими методами анализа являются методы, основанные на взаимодействии электромагнитного излучения с веществом. На данных сделанных в молекулярной спектроскопии можно извлекать информацию об

электронной структуре молекул и твердых тел, также информацию об их молекулярной структуре. Таким образом, методы колебательной спектроскопии, такие как спектроскопия комбинационного рассеяния света и инфракрасная спектроскопия помогают изучить колебания связей молекул в веществе. Наборы полос в ИК и КР-спектрах есть уникальная характеристика вещества и благодаря исследованию этих спектров можно сделать вывод, какие вещества и связи присутствуют в исследованном образце. Измерение интенсивности полос в спектрах позволяет проводить наряду с количественным анализом также и кинетику химических реакций, изучить химические равновесия и контролировать ход процессов.

В результате взаимодействия потока излучения с веществом интенсивность потока (I_0) уменьшается вследствие поглощения потока излучения с веществом (на величину I_A) а также вследствие отражения (I_R) и рассеяния (I_S). Связь между интенсивностью потока I прошедшего через вещество и величинами поглощения отражения и рассеяния выражается формулой 7:

$$I_0 = I_A + I_R + I_S + I \quad (7)$$

Методы, основанные на взаимодействии вещества с излучением ИК-области спектра основаны на явлении поглощения излучения – адсорбционные методы.

В ИК-области для характеристики энергии фотонов используют понятие волнового числа, определяющееся по формуле 8:

$$\nu = \frac{1}{\lambda} \quad (8).$$

Размерность – см^{-1} , т.е. число длин волн укладываемых на отрезке 1 см. Волновое число прямо пропорционально и определяется по формуле 9:

$$E = h\nu \quad (9).$$

В ИК-спектроскопии спектр поглощения (или пропускания) представляют в координатах оптической плотности (или интенсивность пропускания)- волновое число [34].

ИК-спектр – есть графическое отображение зависимости интенсивности прошедшего света длин волн, получившихся при разложении светового потока в монохроматоре по длинам волн (Фурье-спектрометр) в случае непрерывного воздействия световой энергии инфракрасного диапазона на вещество.

При получении ИК-спектров поглощения исследуемое вещество может находиться в трех агрегатных состояниях таких как: газообразном жидком и твердом. При исследовании раствора необходимо использовать два типа кювет: разборные и постоянной толщины. Разборные кюветы состоят из вкладыша и стеклянного стакана. Их толщина подбирается в зависимости от толщины стакана. Герметичность обеспечивается надежным оптическим контактом торцов стеклянного стакана и поверхностью окошек. Расстояние между окошками жидкостных кювет составляет приблизительно от 0,01 до 1 мм. При съемке ИК-спектра обычно подбирается растворители с учетом пропускания исследуемой области в 25%. Твердые вещества можно снимать в виде тонких срезов монокристаллов или пленок. Также используют порошки. Для уменьшения светорастояния порошки необходимо готовить в какой-нибудь вязкой суспензии, обычно используют вазелиновое масло [35]. Твердые поликристаллические порошки могут прессовать в таблетки толщиной несколько миллиметров. Для исследования газообразных веществ используют кюветы с окошками и расстояние между ними увеличивать до 100мм. Получение большей точности количественного анализа в газообразных веществах зависят от давления и температуры вещества.

Техника исследования ИК-спектроскопией твердых тел состоит из таких операций как:

- Перетирание порошков;
- Прессование;
- Обслуживание пресс-формы;
- Съёмка спектра:
 - Подготовка прибора к работе (прогрев источника излучения);
 - Съёмка фона (спектр воздуха в камере);
 - Съёмка образца.

Принцип работы:

Спектрометр Spectrum One (рис. 2.7.) является настольным прибором, в корпусе которого размещены: продуваемое кюветное отделение, оптическая измерительная система, детектор излучения в среднем инфракрасном диапазоне, электронная управляющая система. Spectrum One может работать в режимах однолучевом и относительном, а также в режиме интерферограммы. Измерения проводятся в диапазоне от 7800 до 370 см⁻¹ (до 220 см⁻¹ с светоделителем на основе CsI) с разрешением 0.5 см⁻¹. Spectrum One может подключаться к персональному компьютеру с помощью выделенной линии или по локальной сети, и использует программное обеспечение Spectrum. Этот пакет программ позволяет управлять прибором и обрабатывать снятые спектры.

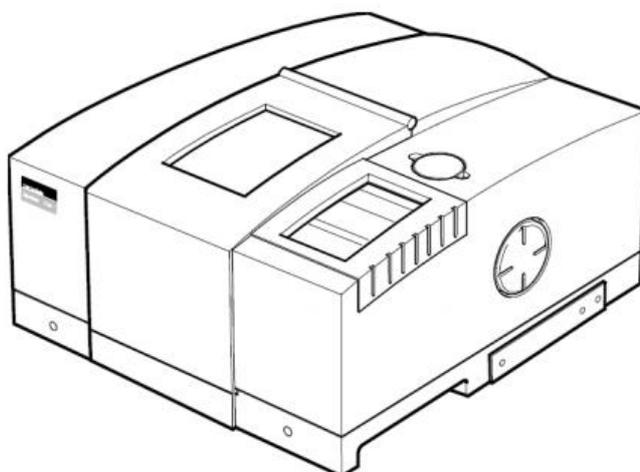


Рис.2.7. Общий вид спектрометра [36].

Кюветное отделение расположено на лицевой стороне прибора. Оно открывается подъёмом крышки с использованием углубления в панели корпуса в качестве ручки. Инфракрасный луч входит в кюветное отделение через апертуру, находящуюся слева. После прохождения сквозь образец луч попадает на датчик через апертуру на правой стороне кюветного отделения. Держатель для образца и другие вспомогательные приспособления устанавливаются на опорной плате, которая присоединяется к разъёму на задней стороне кюветного отделения. Также вспомогательные приспособления могут размещаться в слоте установки или на кассете образца. На опорной плате, поставляемой в стандартной комплектации, крепится штатив для образцов, предназначенный для съёмки в режиме пропускания [37].

Глава 4. Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Ведение

В процессе поиска источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов, оценка коммерческой ценности работы является необходимым условием. При этом разработчики должны представить настоящее состояние и перспективы проводимых ими научных исследований.

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

Целью выполнения финансово-экономической части выпускной квалификационной работы является формирование навыков оценки результата научной работы и поиск источников финансирования для проведения научного исследования.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) провести SWOT-анализ данного исследования;
- 2) определить структуру работ в рамках научного исследования;
- 3) определить трудоемкость выполнения работ;
- 4) разработать график проведения научного исследования;
- 5) оценить бюджет научно-технического исследования.

Для анализа, заинтересованной в результатах исследования, аудитории необходимо провести сегментирование рынка и тщательно проанализировать его целевой сегмент. Целевой рынок – части (сегменты)

рынка, на котором планируется продвигаться, в будущем, товар. В нашем случае - разработка. Сегмент рынка, в свою очередь, – это группы потенциально заинтересованных, в результатах исследования, лиц или организаций обладающих набором общих признаков. 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 производственные компании. Международный рынок в качестве потенциального потребителя может представить компанию Advanced Material Corporation.

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований

4.1.1. Анализ конкурентных технических решений

С целью успешного вывода разработки на рынок, необходимо постоянно и систематически проводить анализ аналогичных товаров конкурирующих групп, т.к. новые разработки постоянно появляются и изменяются с течением времени.

Анализ группы конкурирующих товаров необходимо проводить с целью внесения, в научное исследование, важных корректировок и исправлений, целью которых является постоянное повышение конкурентоспособности товара (разработки) на рынке. Рассматривая вышеописанный анализ с точки зрения ресурсосбережения и ресурсоэффективности, мы получаем группу показателей сравнительной эффективности научной разработки и определяем пути и возможности ее развития и востребованности в обозримом будущем.

В качестве разработанного технического решения представленного в данной работе является разработка методика измерения сорбции атомарных и молекулярных газов углеродными нанотрубками. Для проведения вышеописанного анализа, используем оценочную карту, приведенную в таблице 1.

B_{ϕ} – метод, использовавшийся в данной работе вальюметрический метод исследования сорбции газов углеродными нанотрубками на автоматизированном комплексе Gas Reaction controller;

$B_{к1}$ – вальюметрический метод измерения сорбции газов газо-адсорбционным парозиметром ThermoScientificSurfer;

Таблица 1 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		B_{ϕ}	$B_{к1}$	K_{ϕ}	$K_{к1}$
1	2	3	4	6	7
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Погрешность измерений	0,25	5	3	1,25	0,75
2. Дополнительные расходы	0,2	5	4	1	0,8
3. Быстрота измерений	0,1	4	5	0,4	0,5
4. Качественный анализ	0,2	5	4	1	0,8
5. Простота в эксплуатации	0,1	4	4	0,4	0,4
6. Возможность комбинирования процессов	0,1	5	3	0,5	0,3
Экономические критерии оценки эффективности					

1. Цена изготавливаемой продукции	0,15	3	4	0,45	0,6
Итого:	1	32	27	5	4,15

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в табл., подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i \quad (10),$$

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

По итогам анализа, представленным в карте сравнения оценок конкурентных разработок (технических решений), можно сделать вывод, что разработанная методика измерения сорбции газов в углеродном материале, опережает своих конкурентов по многим показателям. А именно таким как минимальная погрешность измерений, возможность комбинирования процессов, качество анализа и т.д. Имея в своём арсенале целый ряд преимуществ перед конкурирующими разработками (техническими решениями), представленная методика измерения сорбции атомарных и молекулярных газов углеродными нанотрубками более высокими показателями уровня качества и способности конкурировать с другими разработками при стандартном наборе определяющих параметров.

4.1.2. SWOT-анализ

С целью исследования внешней и внутренней сред разработки применяется комплексный SWOT-анализ научно-исследовательской разработки. Специфика такого анализа характеризуется следующими этапами. В первую очередь определяются сильные и слабые стороны реализованного, в выпускной работе, проекта. На следующем этапе выявляют возможности проекта, которые включают в себя все предпочтительные ситуации, возникающие в окружающей среде проекта. Последним этапом является выявление угроз для проекта, которые включают в себя все неблагоприятные для проекта ситуации, тенденции или изменения в окружающей среде проекта. В конечном счете, производится анализ интерактивной таблицы в виде записи наиболее коррелирующих слабых и сильных сторон и возможностей.

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

Таблица 2 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательской работы:	Слабые стороны научно-исследовательской работы:
	<p>С1. Возможность измерения концентрации молекулярных и атомарных газов.</p> <p>С2. Возможность измерения с относительно небольшой погрешностью.</p>	<p>Сл1. Длительность проведения измерения.</p> <p>Сл2. Предварительная подготовка образцов перед работой на автоматизированном комплексе.</p> <p>Сл3. Дорогостоящее оборудование.</p>

	<p>С3. Наличие необходимого оборудования для проведения эксперимента.</p> <p>С4. Легкий интерфейс управления.</p> <p>С5. Безопасность проведения исследования.</p> <p>С6. Создание калибровки для различных материалов.</p> <p>С7. Возможное исследование других твердых материалов, например металлов.</p>	<p>Сл4. Длительный срок поставок материалов для проведения исследования.</p> <p>Сл5. Увеличение погрешности при измерении низких концентраций различных газов.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Достоверная оценка содержания атомарных и молекулярных газов в исследуемых образцах.</p> <p>В2. Решение фундаментальных задач.</p> <p>В3. Потенциальное использование в других областях исследований.</p> <p>В4. Исследование сорбционных особенностей других углеродных материалов</p>	<p>Возможность измерений концентраций различных газов в исследуемых материала способствует появлению дополнительного спроса на разрабатываемую методику.</p>	<p>Увеличение возможных методов измерения образцов для различных материалов способствует повышению спроса на конкурентные методики.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Несвоевременное</p>	<p>Интерес зарубежных партнеров</p>	<p>Отсутствие необходимых</p>

<p>финансирование научного исследования при дальнейшем развитии проекта.</p> <p>У2. Мало исследуемая область применения.</p> <p>У3. Недостаток квалифицированных специалистов в области применения углеродных наноматериалов.</p> <p>У3. Введение дополнительных государственных требований к сертификации.</p>	<p>предоставляет доступ к коллективным исследованиям и доп. Финансированию.</p>	<p>экспериментальных данных и длительность периода исследований может привести к отсутствию спроса на новые технологии. Поэтому мы должны развивать новые методы исследования. При необходимости можно стремиться к сотрудничеству с другими научными центрами.</p>
---	---	---

4.2. Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Результаты данного исследования могут быть интересны не только выпускающей кафедре, но и предприятиям, на базе которых имеются исследовательские лаборатории и институтам, занимающимся исследованиями взаимодействия различных газов с углеродными наноматериалами. В таблице 3 представлен список заинтересованных сторон проекта и их ожидания от результата.

Таблица 3 – Стороны заинтересованные в проекте

Стороны, заинтересованные в проекте	Ожидания заинтересованных сторон
Отделение экспериментальной физики НИТПУ	Написание статей в журналы по результатам проделанной научно-

	исследовательской работы
Исследовательские лаборатории и институты	Предложение по внедрению разработанной методики в работу лаборатории

Целью проекта является результат работы, полученный при выполнении ряда задач. В таблице 4 приведена информация о целях поставленного проекта и ожидаемых результатах.

Таблица 4 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Исследование сорбции молекулярных и атомарных газов углеродными нанотрубками до и после окисления концентрированной азотной кислотой
Ожидаемые результаты проекта:	Результаты сорбции исходных и модифицированных одностенных углеродных нанотрубок.
Критерии приемки результатов исследования:	Критерии:
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Минимальная погрешность 2. Доступность к оборудованию в лаборатории
Требования к результату исследования	Требования:
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Представление результатов в виде графиков 2. Дополнительный структурный анализ образцов в ходе эксперимента 3. Согласованность с литературными данными

Следующий вопрос, подлежащий рассмотрению, установление лиц, которые входят в группу данного проекта и определить роль каждого,

выполняемые им функции и трудозатраты. В таблице 5 приведена информация о рабочей группе проекта.

Таблица 5 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Мустахиева Дина Адилханкызы, отделение экспериментальной физики, ИЯТШ НИ ТПУ, студент	Исполнитель проекта	Выполнение всех поставленных задач. Реализация поставленных целей. Подготовка конечного продукта в виде отчета по НИР	3 905,76
2	Никитина Людмила Владимировна, отделение экспериментальной физики, ИЯТШ НИ ТПУ, ассистент	Руководитель проекта	Постановка цели и задач для выполнения проекта	49
3	Лидер Андрей Маркович, отделение экспериментальной физики, ИЯТШ НИ ТПУ, заведующий отделением	Эксперт проекта	Установление сроков сдачи готового отчета по НИР. Контроль выполнения задач	219,16
ИТОГО:				4174,36

В результате анализа была определена рабочая группа проекта и определены трудозатраты каждого из участников группы. Также были описаны цели и результаты, предъявляемые к проекту и круг заинтересованных сторон.

4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Определяющим фактором выражения основной части стоимости научно-технической разработки являются заработные платы лиц задействованных в реализации проекта. В связи с этим, наиболее важным моментом является максимально точное определение трудозатрат каждого из участников проекта.

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

$$t_{ожi} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} \quad (11),$$

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

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы чел.-дн.;

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

Произведем оценку трудоёмкости выполнения научного исследования для научного руководителя:

$$t_{ожi} = \frac{3*2 + 2*5}{5} = 3,2 \text{ чел. -дн.} \quad (12)$$

Произведем оценку трудоёмкости выполнения научного исследования для студента-инженера:

$$t_{ожи} = \frac{3*180+2*360}{5} = 252 \text{ чел. -дн.} \quad (13)$$

Произведем оценку трудоёмкости выполнения научного исследования для эксперта:

$$t_{ожи} = \frac{3*10+2*15}{5} = 12 \text{ чел. -дн.} \quad (14)$$

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i} \quad (15),$$

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

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

Произведем расчет продолжительности работы выполнения научного исследования для научного руководителя:

$$T_{pi} = \frac{3.2}{3} = 1,06 \text{ раб. дн.} \quad (16)$$

Произведем расчет продолжительности работы выполнения научного исследования для студента-инженера:

$$T_{pi} = \frac{252}{3} = 84 \text{ раб. дн.} \quad (17)$$

Произведем расчет продолжительности работы выполнения научного исследования для эксперта:

$$T_{pi} = \frac{12}{3} = 4 \text{ раб. дн.} \quad (18)$$

4.2.3. Разработка графика проведения научного исследования

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} k_{\text{кал}} \quad (19),$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности, определяющийся выражением:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (20),$$

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

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

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

Рассчитаем коэффициент календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22 \quad (21)$$

Научный руководитель	
Студент-инженер	
Эксперт	

4.2.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Расчет материальных затрат включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции;
- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий.

4.2.5. Расчет материальных затрат НТИ

Таблица 9 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Сумма, руб.
Углеродный материал, TUBALL	г	5	512	2560
Халат	шт.	1	500	500
Резиновые перчатки	шт.	3	21	63
Азотная кислота	г	45	250	113

Спирт	мл	20	67	3
Тетрадь	шт.	1	10	23
Ручка	шт.	1	20	23
Итого:				3 285

Для дополнительного исследования структуры также использовались такое оборудование как Centaur UHR для снятия спектров комбинационного рассеяния. Были сняты снимки и произведен энерго-дисперсионный анализ на сканирующем электронном микроскопе фирмы РК, г.Астана, Институт Ядерной физики. ИК-спектры были также получены в Институте Ядерной физики г.Астана на ИК-Фурье спектрометре Cary 600 Series производства Agilent Technologies (США) с использованием приставки однократного отражения на алмазе Gladiator производства PIKE (США).

Для выполнения выпускной квалификационной работы использовался автоматизированный комплекс Gas Reaction Controller фирмы Advanced Material Corporation. При приобретении необходимо учитывать затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

Таблица 10 – Накладные расходы

Наименование оборудования	Время использования оборудования	Стоимость использования оборудования, тыс.руб	Общая стоимость оборудования, тыс.руб
Gas Reaction Controller	18 дней	3,8	552 300
Centaur UHR	1 час	8	743 000
Растровый электронный микроскоп	1 час	8	848 600

Cary 600 Series	1 час	7	635 700
-----------------	-------	---	---------

Средства на приобретение Gas Reaction Controller не затрачивались, так как анализатор уже был приобретен кафедрой. Необходимо рассчитать амортизационные отчисления на данный вид оборудования. Срок полезного использования комплекса составляет 10 лет, поэтому норма амортизации равна:

$$H_a = \frac{1}{n} * 100 = \frac{1}{10} * 100 = 10\% \quad (22),$$

где H_a – норма амортизации в процентах, n – срок полезного использования в годах. Первоначальная стоимость оборудования составляет 552300 рублей. Из этого следует, что годовая сумма амортизации составит:

$$A_r = \frac{F_n * H_a}{100} = \frac{552300 * 10}{100} = 55\,230 \text{ (руб.)} \quad (23),$$

где F_n = первоначальная стоимость.

В таком случае сумма ежемесячных амортизационных расходов составит:

$$A_M = \frac{A_r}{12} = \frac{55230}{12} = 4602,5 \text{ (руб.)} \quad (24)$$

Срок работы над проектом составляет 18 дней. За время работы сумма амортизации составляет:

$$A = \frac{A_M * 18}{30} = 2\,761,5 \text{ (руб.)} \quad (25)$$

Потребляемая мощность анализатора составляет 8,8 кВт/час. Длительность ежедневной работы на комплексе составляет 10 часов. Стоимость электроэнергии в Томске составляет 5,8 рубля за 1 кВт/час. Следовательно, стоимость электропотребления за 18 дней составляет:

$$8,8 * 10 * 5,8 * 18 = 9\,187,2 \text{ (руб.)} \quad (26)$$

В сумме накладные расходы на пользование экспериментальными установками составило 11 948,7 рублей.

Для вычисления основной заработной платы необходимо учесть научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, участвующих в выполнении выпускной квалификационной работе.

Для расчета основной заработной платы необходимо сформировать баланс рабочего времени, приведенного в таблице 11.

Таблица 11 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент-инженер	Эксперт
Календарное число дней	365	365	365
Количество нерабочих дней:			
- выходные дни	52	52	52
- праздничные	14	14	14
Потери рабочего времени:			
- отпуск	48	48	48
- невыходы по болезни			
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251	251

4.2.6. *Основная и дополнительная заработная плата исполнителей исследований*

Таблица 12 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	З _б , руб.	З _{дн} , руб.	T _р , раб. дн.	З _м , раб. дн.	З _{осн} , раб.
Руководитель	17 000	915,7	5,76	22 100	5 274,43
Студент-инженер	9 893	532,8	171	12 860,9	91 108,8
Эксперт	33 800	1 820,62	15	43 940	27 309,3
Итого					123692,5

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m * M}{F_g} \quad (27),$$

где Z_м – месячный должностной оклад работника, руб.; M – 10,4 месяца, 6-дневная неделя; F_г – действительный годовой фонд.

Основная заработная плата (Z_{осн}) руководителя и эксперта рассчитывается по следующей формуле :

$$Z_{осн} = Z_{дн} * T_{раб} \quad (28),$$

где Z_{дн} – среднедневная заработная плата работника, руб.

T_{раб} – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

4.2.7. *Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)*

Отчисления во внебюджетные фонды является обязательным фактором, согласно законодательству Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Для расчета отчислений во внебюджетные фонды воспользуемся:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}}(Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (29),$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, равный 27,1%.

Таблица 13 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.
Научный руководитель	5 274,4
Студент-инженер	91 108,8
Эксперт	27 309,3
Коэффициент отчислений во внебюджетные формы	27,1%
Итого	
Научный руководитель	1429,4
Студент-инженер	24690,5
Эксперт	7400,7

4.2.8. *Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта*

Формирование бюджета научно-исследовательского проекта является основой для определения бюджета затрат проекта, и

формируется исходя из вышеприведенных расчетов. Результатом является таблица 14 расчетов бюджета затрат НИИ.

Таблица 14 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Научный руководитель	Студент-инженер	Эксперт
Материальные затраты НИИ	-	3 285	-
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ, амортизация, дополнительные затраты	-	34 948,7	-
Затраты по основной заработной плате исполнителей исследования	5 274,4	91 108,8	27 309,3
Отчисления во внебюджетные фонды	1 429,4	24 690,5	7400,7
Бюджет затрат НИИ	6 703,8	154 033,3	34 710
Итого	195 447,1		

4.3 Определение ресурсной эффективности исследования

Интегральный показатель ресурсной эффективности вариантов исполнения, объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i b_i \quad (30),$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки; a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки; b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания; n – число параметров сравнения.

В качестве возможных вариантов исполнения выберем реализованный способ, а также два альтернативных варианта:

1) вариант с закупкой оборудования у сторонних организаций и последующее выполнение работ по его самостоятельному монтажу и использованию в рамках НТИ;

2) вариант с закупкой оборудования и заказом на выполнение работ по его монтажу и вводу в эксплуатацию у сторонней организации.

Основным лимитирующим фактором в представленном НТИ являлась его стоимость. Покупка оборудования у сторонней организации сократила бы рабочее время исполнителей темы, однако, привнесла бы дополнительную статью расхода в размере 5885000 руб. Третий представленный вариант является еще более невыгодным в отношении стоимости проекта. Затраты в этом случае войдут как: основная и дополнительная заработные платы для высококвалифицированных инженеров, соответствующие отчисления во внебюджетные фонды, а также затраты на оформление для них производственных командировок.

Объект исследования Критерии Весовой коэффициент параметра (Исп.1) Выполнение работы в рамках НТИ с соответствующими затратами (реализованное исполнение) (Исп.2) Покупка оборудования и выполнение остальной работы в рамках НТИ (Исп.3) Покупка оборудования и заказ на выполнение работы сторонней организацией.

Таблица 15 – Сравнительная оценка вариантов исполнения исследования

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	(Исп.1) Выполнение работы в рамках НТИ с соответствующими затратами (реализованное исполнение)	(Исп.2) Покупка оборудования и выполнение остальной работы в рамках НТИ	(Исп.3) Покупка оборудования и заказ на выполнение работы сторонней организацией
Цена	0,35	5	3	1
Продолжительность исследования	0,25	4	4	5
Качество исследования	0,2	4	4	5
Точность результатов исследования	0,2	5	5	5
Итого:	1	20	16	20

Проведем расчет интегрального показателя ресурсоэффективности для каждого варианта исполнения:

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,35 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 = 4,55$$

$$I_{p-исп2} = 3 \cdot 0,35 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 = 3,85$$

$$I_{p-исп3} = 1 \cdot 0,35 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 = 3,6$$

Из рассчитанных значений видно, что вариант исполнения, который реализован в данной работе наиболее ресурсоэффективный..

Выводы

В ходе данной работы было проведено исследование сорбции молекулярных и атомарных газов в углеродном материале, содержащий одностенные углеродные нанотрубки.

Бюджет затрат, приведенный в таблице 14 обусловлен необходимостью экспериментального исследования сорбции различных газов в углеродными нанотрубками. Полученные в ходе исследования результаты, при затрате 195 447,1 рублей на реализацию, могут быть использованы для дальнейших исследований в области нанотехнологий. Работа имеет большую практическую ценность и в полной мере способствует решению многих фундаментальных задач.

Глава 5. Социальная ответственность

Введение

Для выполнения выпускной квалификационной работы на тему «Сорбция молекулярных и атомарных газов углеродных нанотрубками» проводилась серия экспериментов с применением различных установок, помогающих решить поставленные задачи, следующего типа: шкаф вытяжной химический, автоматизированный комплекс Gas Reaction Controller LPB фирмы Advanced Material Corporation, комплекс Centaur U HR другие. Разработка и запуск методики, представленной в выпускной квалифицированной работе, проводились на автоматизированном комплексе Gas Reaction Controller (GRC), применяемого на кафедре Общей физики физико-технического института. Определение содержания водорода в углеродных наноматериалах, содержащих одностенные нанотрубки, проводились методом термодесорбционной спектроскопии. Основная работа заключается в определении влияния температуры и давления на параметры насыщения водородом углеродного материала. Следовательно, для разработки комплекса мероприятий. Водород измеряется по регистрации. В связи с этим, детальное рассмотрение правил гигиены и безопасности труда при проведении работ на автоматизированном комплексе Gas Reaction Controller, особенно необходимо при осуществлении экспериментальных исследований, входящих в выпускную квалификационную работу. Также, при создании проекта рабочих мест, обязательно следует учесть следующие факторы: уровень освещенности, температура воздуха и уровень влажности в помещении, атмосферное давление, уровень шума, присутствие вредных веществ, наличие электромагнитных полей и другие требования к организации рабочего места. При создании проекта лаборатории нужно уделить соблюдать требования по охране окружающей среды, а именно, организовать максимально возможное безотходное производство.

Необходимо, также учесть возможность возникновения чрезвычайной ситуации. Так как научно-исследовательская лаборатория находится в городе Томске, то наиболее типичной чрезвычайной ситуацией для данного региона является экстремально низкие температуры воздуха.

В процессе выполнения данной выпускной квалификационной работы было использовано несколько рабочих помещений. Часть работ, связанная с аналитической и расчетной деятельностью, проводилась в научно-учебной аудитории третьего корпуса ТПУ. Данное помещение оборудовано необходимой техникой для выполнения исследований, использования стандартного и специфического программного обеспечения. В данном разделе для этого рабочего помещения будет приведен расчет таких производственных факторов, как освещенность.

5.1. Техногенная безопасность

В этом разделе рассмотрены различные аспекты вопросов, тесно связанных с созданием рабочего места в полном соответствии с существующими нормами техники производственной безопасности, нормами санитарии и требованиями по охране окружающей среды. Помещение, с которым располагается анализатор имеет линейные размеры $5,8 \times 2,65$ м и высоту 3 м и располагается на цокольном этаже. В помещении есть одно окно размером $1,8 \times 1,5$ м, обеспечивающее достаточное проникновение солнечного света, с противоположной стороны установки находится дверной проем. На рисунке 5.1. представлено расположение оборудования. В аудитории необходимое для исследований оборудование.

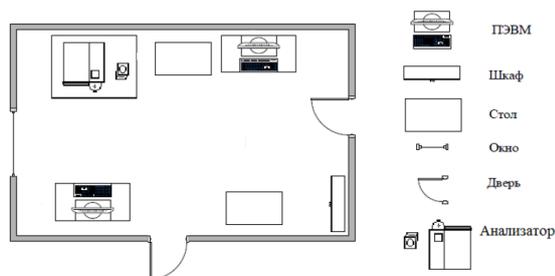


Рисунок 5.1. – Схема расположения оборудования

Определение содержания водорода в образцах осуществлялось автоматизированным комплексом Gas Reaction Controller – это инструмент на платформе Windows. Он предназначен для определения концентрации водорода в образце, методом сорбции десорбции, работа которого производится за счет питания от сети переменного тока напряжением 220 В. Работая на GRC, возможно воздействие вредных и опасных факторов, негативно влияющих на здоровье сотрудников. К первой группе факторов можно отнести микроклимат помещения, освещение рабочей зоны, электромагнитное поле и шум. В качестве второй группы факторов необходимо рассмотреть возможность поражения электрическим током, взаимодействие с химическими веществами и работа с баллонами.

5.2. Анализ вредных факторов

5.2.1. Освещение

Уровень освещенности, на рабочем месте, должен соответствовать условиям работы и быть оптимальным по яркости. Световой спектр должен максимально соответствовать дневному освещению, так как оно оптимально соответствует человеческой физиологии. Очень высокий уровень освещенности, так же, как и недостаточный, приводит к быстрому утомлению зрения. Освещение должно быть равномерным на всей площади рабочего места, так как при переносе взгляда с более освещенных на менее освещенные участки рабочего места и наоборот происходит понижение остроты зрения на достаточно долгий промежуток времени.

Требования к уровню освещенности в производственных помещениях утверждены сводом правил [41]. Для производственных помещений всех назначений применяются системы общего (равномерного или локализованного) и комбинированного (общего и местного) освещения. Выбор между равномерным и локализованным освещением проводится с учётом особенностей производственного процесса и размещения технологического оборудования. Система комбинированного освещения применяется для производственных помещений, в которых выполняются точные зрительные работы. Применение одного местного освещения на рабочих местах не допускается. Учитывая особенности процесса работы на комплексе GRC (не требуется освещения для проведения работ высокой точности) возможно применение схемы общего равномерного освещения. Источники света, применяемые для искусственного освещения, делят на две группы – газоразрядные лампы и лампы накаливания. Для общего освещения, как правило, применяются газоразрядные лампы как энергетически более экономичные и обладающие большим сроком службы. Наиболее распространёнными являются люминесцентные лампы. По спектральному составу видимого света различают лампы дневной (ЛД), холодно-белой (ЛХБ), тепло-белой (ЛТБ) и белой цветности (ЛБ). Наиболее широко применяются лампы типа ЛБ. При повышенных требованиях к передаче цветов освещением применяются лампы типа ЛХБ, ЛД. Лампа типа ЛТБ применяется для правильной цветопередачи человеческого лица. В данном случае используется лампа ЛХБ. При выборе типа светильников следует учитывать светотехнические требования, экономические показатели, условия среды.

Наиболее распространёнными типами светильников для люминесцентных ламп являются: Открытые двухламповые светильники типа ОД, ОДОР, ШОД, ОДО, ООД – для нормальных помещений с хорошим отражением потолка и стен, допускаются при умеренной

влажности и запылённости. Наилучшими вариантами равномерного размещения светильников являются шахматное размещение и по сторонам квадрата (расстояния между светильниками в ряду и между рядами светильников равны). При равномерном размещении люминесцентных светильников последние располагаются обычно рядами – параллельно рядам оборудования. При высоких уровнях нормированной освещённости люминесцентные светильники обычно располагаются непрерывными рядами, для чего светильники сочленяются друг с другом торцами. Таким образом, была выбрана лампа ЛД, для которой световой поток и мощность составляют 1650 Лм и 30 Вт, соответственно. Тип светильников был выбран ОД 2×30 размерами 933×204 мм. Размещение светильников в помещении определяется следующими параметрами:

$H = 3$ – высота помещения (м);

$h_c = 0,2$ – расстояние светильников от перекрытия (свес) (м);

$h_n = H - h_c = 2,8$ – высота светильника над полом, высота подвеса (м);

$h_{pn} = 0,7$ – высота рабочей поверхности над полом (м);

Расчётная высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле 1:

$$h = h_n - h_{pn} = 2,8 - 0,7 = 2,1 \quad (31)$$

L – расстояние между соседними светильниками или рядами (если по длине (А) и ширине (В) помещения расстояния различны, то они обозначаются LA и LB). Расстояние определяется по формуле 2:

$$L = \lambda * h = 1,4 * 2,1 = 2,94 \quad (32),$$

l – расстояние от крайних светильников или рядов до стены.

Оптимальное расстояние l от крайнего ряда светильников до стены рекомендуется принимать равным $L/3$ (формула 3).

$$l = L/3 = 2,94/3 = 0,98 \quad (33)$$

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина $\lambda = L/h$, уменьшение которой удорожает устройство и обслуживание освещения, а чрезмерное увеличение ведёт к резкой неравномерности освещённости. Для люминесцентных без защитной решётки типов ОД, ОДО интегральный критерий $\lambda = 1,4$.

Необходимо произвести расчет числа рядов и количества светильников в ряду.

Число рядов светильников в помещении:

$$N_A = A/L = 5,8/2,94 \approx 2 \quad (34)$$

Число светильников в ряду:

$$N_B = B/L = 2,65/2,94 \approx 1 \quad (35)$$

Так как помещение больше имеет прямоугольную форму, то разумнее добавить в каждый ряд по одному дополнительному светильнику, тем самым уменьшив расстояние между светильниками в ряду до 50 см. Это позволит усилить освещённость помещения для более благоприятной работы на GRC.

Таким образом, общее число светильников в помещении:

$$N = N_a * N_b = 3 * 1 = 3 \quad (36)$$

На рисунке 2 изображен план лаборатории и расположения источников света с люминесцентными лампами.

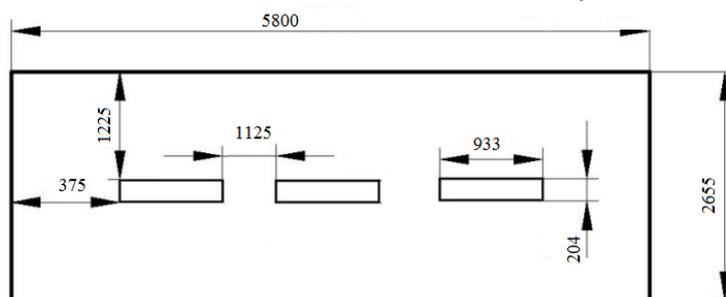


Рисунок 5.2. – План расположения источников света

Расчет общего равномерного уровня искусственного освещения горизонтальной поверхности рабочего места производится способом коэффициента светового потока:

$$\Phi_{\text{п}} = \frac{E_{\text{к}} S K_{\text{с}} Z}{N n} = \frac{200 \cdot 15,4 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{6 \cdot 0,53} = 1598 \text{ Лм} \quad (37)$$

где $E_{\text{к}}$ – нормируемая минимальная освещённость по СНиП 23-05- 95, $E_{\text{н}} = 200 \text{ Лк}$ (Характеристика зрительной работы VI: Грубая (очень малой точности)); S – площадь освещаемого помещения, м^2 ; $K_{\text{с}}$ – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т. е. отражающих поверхностей), наличие в атмосфере цеха дыма, пыли, $K_{\text{с}} = 1,5$ (Помещения с малым выделением пыли); Z – коэффициент неравномерности освещения, отношение $E_{\text{ср}}/E_{\text{мин}}$. Для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным 1,1; N – число ламп в помещении, 6; n – коэффициент использования светового потока, 0,53.

Коэффициент использования светового потока показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Он зависит от индекса помещения i , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью h и коэффициентов отражения стен $p_{\text{с}}$ и потолка $p_{\text{п}}$.

Индекс помещения определяется по формуле 38:

$$i = \frac{S}{h(A+B)} = \frac{15,4}{2,1} = 0,48 \quad (38)$$

Коэффициент отражения стен (свежепобеленное состояние стен с окнами без штор): $\rho_c = 50 \%$;

Коэффициент отражения потолка (свежепобеленное состояние потолка): $\rho_{п} = 70 \%$;

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{лд} - \Phi_{п}}{\Phi_{лд}} \cdot 100\% \leq 20\% \quad (39)$$

$$\frac{\Phi_{лд} - \Phi_{п}}{\Phi_{лд}} \cdot 100\% = \frac{1650 - 1598}{1650} \cdot 100\% = 3,2\%.$$

Таким образом: $-10\% \leq 3,2\% \leq 20\%$, необходимый световой поток светильника не выходит за пределы требуемого диапазона.

5.2.2. Шум

Шум – колебания, как правило, беспорядочные, разнообразной физической природы. Такие колебания, отличающиеся сложностью спектральной и временной структуры. Длительное воздействие шумовых колебаний на человека может привести к ослаблению слуха, а в некоторых случаях – к полной его потере. Установлено, что загрязнение шумовыми колебаниями среды, на рабочем месте, негативно влияет на людей. Как следствие, у работающих, понижается внимание, увеличиваются затраты энергии при идентичной физической нагрузке, тормозятся психические реакции и т.п. Как итог – понижается производительность труда, страдает качество выполняемой работы. Уровни шума на рабочих местах пользователей персональных компьютеров не должны превышать значений, утверждённых [42, 43]. Рабочая зона соотносится с категорией «Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность,

измерительные и аналитические работы в лаборатории; рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, в лабораториях». Максимально допустимые уровни звука, уровни звукового давления и эквивалентные уровни звука для такой категории приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Максимально допустимые уровни звука, уровни звукового давления и эквивалентные уровни звука [44].

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами [Гц]									Уровни звука [дБ]
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	60
93	79	70	68	58	55	52	52	49	60

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть средства коллективной (СКЗ) и индивидуальной защиты (СИЗ). К СКЗ относятся: устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования; изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения; применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения. В качестве материала можно использовать минеральную вату, гипсокартон, стекловату, базальтовую вату, древесное волокно, вспененный полиэтилен и др. К СИЗ – применение спецодежды, спецобуви и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

В связи с работой насоса в лаборатории возникло превышение уровней шума. Наибольший уровень шума составляет 50 дБА. В рабочем помещении, уровень звука составляет 25-40 дБА, в зависимости работает насоса или нет. Для дальнейшего его снижения можно предложить следующие мероприятия:

звукопоглощающее покрытие стен, экранировка рабочего места или установка менее шумного насоса.

5.2.3. Микроклимат

Микроклиматом производственных помещений – называют метеорологические условия внутри помещений. Эти условия определяются действующим на организм человека рядом факторов. В этот ряд входят температура воздуха, влажность, скорость движения воздуха и тепловое излучение. Так же на микроклимат влияет набор физических факторов, оказывающих влияние на состояние человека. Это теплообмен человека с окружающей средой и факторы, определяющие самочувствие. Такие факторы как работоспособность, здоровье и производительность труда [45].

Терморегуляция – способность человеческого организма, при изменении микроклимата, регулировать процесс теплообмена с окружающей средой. Тем самым поддерживать температуру тела на стабильно постоянном уровне. Регуляция теплообмена производится путем изменения количества тепла, вырабатываемого внутри организма, а также увеличением или уменьшением теплоотдачи в окружающую среду. В наиболее комфортных, для человека, условиях количество выделяемого тепла, за единицу времени, равно количеству отданного тепла. Это состояние организма именуется тепловым балансом. Человеческий организм перегревается или переохлаждается в том случае, если параметры, окружающей человека среды, имеют отклонения от комфортных параметров. Перегрев организма наступает при высокой температуре воздуха и высокой относительной влажности, которые сопровождаются низкой подвижностью воздушной массы. Симптомами перегрева являются – учащение пульса, ощущение слабости, сильное потоотделение, увеличение температуры тела, иногда головная боль. Переохлаждение организма возникает при наличии низкой температуры воздуха и высокой влажности в

сочетании с высокой подвижностью воздушной массы. При наступлении переохлаждения снижается температура тела, происходит сужение кровеносных сосудов, возникают сбои в работе сердечно-сосудистой системы [46]. Санитарными нормами, установленными для производственных помещений [47] утверждены оптимальные и допустимые интервалы температуры воздуха, относительной влажности и скорости движения воздушных масс. Нормативы установлены с учетом тяжести выполняемой работы и времени года.

В таблице 17 отражены наиболее оптимальные климатические параметры в производственных помещениях для категории легких работ. К таковым относятся работы, которые выполняются сидя и не требуют высокого физического напряжения.

Таблица 17 – Оптимальные климатические параметры.

Период года	Температура, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Холодный	22-24	40-60	0,1
Теплый	23-25	40-60	0,1

Допускается наличие, в закрытых помещениях, микроклиматических показателей которые способны вызывать изменения теплового баланса организма. При условии, что не нарушается состояние здоровья, но возможно возникновение ощущения дискомфорта и снижение работоспособности. Допустимые параметры устанавливаются в производственных помещениях, где по каким-либо причинам, обеспечение оптимальных климатических параметров невозможно. Допустимые нормы для работ легкой категории приведены в таблице 3.

Таблица 18 – Допустимые параметры микроклимата.

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	15-28	20-80	<0.5
Теплый	15-28	20-80	<0.5

5.2.4. Электромагнитное поле

Электромагнитное поле – это силовое поле, образованное вокруг электрического тока, эквивалентное электрическому полю и магнитному полю, расположенным под прямыми углами друг к другу [48]. Источниками электромагнитного излучения являются приборы работающие от электрического тока. Например: линии электропередач компьютеры, телефоны, и т.д. Помещение, в котором располагается научно-исследовательское оборудование, оснащено персональными компьютерами. Исходя из этого, основным источником электромагнитного излучения, в помещении лаборатории, является компьютер. В таблице 4 представлены частоты излучения ПК [49].

Таблица 19 – Частоты излучения ПК

Источник	Диапазон частот,
Монитор:	
<ul style="list-style-type: none"> • Сетевой трансформатор блока питания <ul style="list-style-type: none"> • Статистический преобразователь напряжения в импульсном блоке питания • Блок кадровой развертки и синхронизации 	<p>50 Гц</p> <p>20-100 кГц</p> <p>48-160 Гц</p>

• Ускоряющее анодное напряжение монитора (только для мониторов с ЭЛТ)	0 Гц (электростатика)
Системный блок	50 Гц – 1000 МГц
Устройства ввода/вывода информации	0 Гц, 50Гц
Источники бесперебойного питания	50 Гц, 20-100 кГц

В России система стандартов по электромагнитной безопасности складывается из ГОСТ [50, 51] и СанПиН. Максимально допустимые параметры плотности потока энергии электромагнитного поля составляют – меньше 10 мкВт/см² – 8 часов, 10-100 мкВт/см² – меньше двух часов, больше 100 мкВт/см² – меньше 20 минут.

Длительное воздействие электромагнитного излучения на организм человека ведёт к нарушениям процессов в центральной нервной системе, сбоям в работе сердечно-сосудистой системы. Возможно появление катаракты хрусталика глаза, ломкости ногтей и выпадения волос. Первыми симптомами воздействия электромагнитных полей являются быстрая утомляемость, слабость, головные боли, понижение частоты пульса и повышение температуры тела.

5.3. Анализ опасных факторов

5.3.1. Электробезопасность

Воздействие электрического тока на человека носит разносторонний и своеобразный характер. Прохождение электрического тока через организм может вызвать у человека раздражение кожных покровов и повреждения различных внутренних органов. Пороговое значение неотпускающего электрического тока составляет 10-15 мА. Проходя через живые ткани организма человека, электрический ток

производит электролитическое, термическое, механическое, световое, биологическое, световое воздействие на организм.

Термическое воздействие электрического тока характеризуется повышением температуры кожных покровов и мышечной ткани вплоть до ожогов.

Электролитическое воздействие тока на человека проявляется в разложении жидкостей организма, в том числе крови, на различные составляющие и, как следствие, нарушение их химико-физического состава.

Механическое воздействие электрического тока заключается в расслоении, разрыве тканей организма под воздействием электродинамического эффекта, а также мгновенного, похожего на взрыв, образования пара из жидкости тканей и крови. Так же механическое воздействие электрического тока характеризуется сильным сокращением мышечных тканей, вплоть до их разрыва.

Биологическое воздействие электрического тока проявляется в раздражении живых тканей организма человека и сопровождается судорожными сокращениями мышц.

Световое воздействие возникает при появлении электрической дуги и приводит к ожогу слизистой оболочки глаз.

С целью обеспечения максимальной защиты от поражения электрическим током необходимо доскональное соблюдение правил технической эксплуатации электроустановок и проведение мероприятий по защите от электротравм.

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока.

Помещения с электроустановками классифицируют по напряжению: с номинальным напряжением до 1000 В (помещения без повышенной опасности), до 1000 В (помещения с повышенной опасностью) и свыше 1000 В (особо опасные помещения).

Лаборатория относится к помещению с особой опасностью поражения электрическим током. В помещении применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены. Недоступность токоведущих частей достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений, расположения токоведущих частей на недоступной высоте. К СКЗ относятся заземление и разделение электрической сети с помощью трансформаторов – в результате изолированные участки сети обладают большим сопротивлением изоляции и малой емкостью проводов относительно земли, за счет чего значительно улучшаются условия безопасности.

Основными электрозащитными средствами в электроустановках напряжением до 1000 В, являются изолирующие штанги, указатели напряжения, а также изолирующие устройства и приспособления для ремонтных работ. Также безопасными номиналами являются $U=12\div36$ В, $I=0,1$ А, R заземления =4 Ом.

К дополнительным средствам индивидуальной защиты относятся инструменты с электроизолированными ручками, диэлектрические перчатки, резиновые коврики и дорожки, изолирующие подставки на фарфоровых изоляторах и переносные заземления. Освобождение пострадавшего от действия тока напряжением свыше 1000 В может быть произведено только одним способом. Это отключение соответствующей части электрической установки специально обученными людьми.

5.3.2. Работа с химическими веществами и баллонами

При работе на автоматизированном комплексе GRC в качестве исходного сырья для сорбции углеродными наноматериалами являются такие газы как: чистый аргон, гелий и водород.

Водород является легким газообразным химическим элементом, который при взаимодействии с воздухом может превратиться во взрывоопасную смесь. ПДК водорода в воздухе, согласно СНиП РФ равна 10 мг/м^3 от минимального уровня взрываемости $0,04 \text{ мг/м}^3$. Водород по опасности относится к классу 2.

Гелий – второй элемент периодической системы химических элементов. Возглавляет группу инертных газов в периодической системе. Простое вещество гелий – инертный одноатомный газ без цвета, вкуса и запаха. Гелий добывается из природного газа процессом низкотемпературного разделения – так называемой фракционной перегонкой.

В атмосфере содержится около 0,9% аргона. Аргон, представляет собой нейтральный бесцветный газ, существует в природе только в составе атмосферного воздуха. Он не пригоден для поддержания жизни, однако незаменим в некоторых технологических процессах благодаря высокому уровню химической инертности и относительной простоте извлечения. Газообразный и жидкий аргон получают из воздуха и остаточных газов аммиачных производств.

Инертные газы такие как, аргон и гелий не оказывает опасного воздействия на окружающую среду. ПДК на данные газы не предусмотрен. Также необходимо проводить проверку баллонов на наличие неисправностей так как при утечке газа из баллона возможно удушье, поэтому необходимо знать и неукоснительно соблюдать правила пользования газовыми приборами. Проверить 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.

Для удобства работы в помещении необходима нормировка параметров микроклимата. Необходимо применение защитных мероприятий по способам и средствам защиты от высоких и низких температур, системы отопления, системы и кондиционирования воздуха, искусственное освещение и т.п.

5.4. Защита в чрезвычайных ситуациях

При обнаружении неисправностей работы автоматизированного комплекса Gas Reaction Controller необходимо выполнить следующие действия:

- выйти из программы;
- отключить питание компьютера;
- отключить GRC от электросети;
- известить об этом вышестоящего руководителя;

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

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

При поражении работника электрическим током необходимо как можно скорее освободить пострадавшего от воздействия электрического тока, проверить состояние пострадавшего и вызвать при необходимости

скорую помощь, до приезда скорой помощи оказать пострадавшему необходимую первую помощь или, при необходимости, организовать доставку пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение, о произошедшем несчастном случае поставить в известность руководителя структурного подразделения.

Лаборатория расположена в городе Томск с континентально-циклоническим климатом и природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют.

Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы и метели. В результате порывов ветра могут быть обрывы линий электропитания, из-за чего возможны перебои в электроснабжении; перегрузки, которые могут стать причиной пожара. Для предотвращения подобных ситуаций необходима организация системы аварийного электропитания, по возможности проведение линии электроснабжения под землей. Низкие температуры могут привести к авариям систем теплоснабжения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

В последнее время, в связи с внешней политикой страны, возможны проявления диверсии. Угрозы могут быть как ложными, так и действительными, поэтому необходимы меры предосторожности по этому поводу. В качестве мер безопасности могут быть приняты следующие действия – установка системы видеонаблюдения и круглосуточной охраны, сохранение конфиденциальной информации о охранной системе. Необходимо так же проводить информирование должностных лиц и тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

5.5. Пожарная безопасность

Самым распространенным видом ЧС является пожар. Под пожаром понимают неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью людей, интересам общества, государству. По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д. По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории А_н, Б_н, В_н, Г_н и Д_н. Согласно НПБ 105-03 лаборатория относится к категории А – вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой или кислородом воздуха [52].

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 [53] (выполнено из кирпича, которое относится к трудно сгораемым материалам). Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера. Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, статическое электричество и т. д. Для устранения причин возникновения и локализации пожаров в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия:

- а) использование только исправного оборудования;
- б) проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- в) отключение электрооборудования, освещения и электропитания при предполагаемом отсутствии обслуживающего персонала или по окончании работ;
- г) содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды. Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Кроме того, порошковые применяют для тушения документов. Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например ОП-5. В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей. 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 выходу.

5.6. Организационные мероприятия обеспечения безопасности

Для обеспечения безопасности работы на газоанализаторе необходимо соблюдать требования инструкций, правила внутреннего трудового распорядка, режим труда и отдыха, а также знать местонахождение аптечки первой помощи и уметь правильно ее использовать при несчастных случаях. Перед началом работы необходимо надеть спецодежду и подготовить рабочее место, произвести внешний осмотр установки. Также необходимо проверить отсутствие внешних повреждений электрооборудования, наличие и исправность контрольных, измерительных и сигнальных приборов, компьютера, тумблеров, переключателей и т.п. При нахождении неисправностей необходимо

доложить вышестоящему сотруднику, работающему на данной установке, либо руководителю лаборатории. В дальнейшем необходимо проверить не только сам прибор, но и дополнительные элементы экспериментальной установки, баллоны, их прочность крепления, отсутствие утечки газа, исправность вентилей и их резьбы, а также показания манометров и редукторов, состояние фильтров. Если требуется их замена, сообщить это сотруднику, отвечающему за техническое обслуживание установки.

Проверить исправность компьютера и системы охлаждения газоанализатора. Запрещается приступать к работе, если выявлены неисправности любого используемого оборудования, если истек срок очередного освидетельствования баллона, истек срок проверки манометра, если персонал не прошел в установленном порядке обучение и проверку знаний безопасности труда. Работа с газоанализатором должна производиться в чистом помещении, свободном от пыли, паров, кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающий коррозию. При работе на установке необходимо следить за состоянием баллонов, их закреплением. При обнаружении опасных ситуаций: повышение давления после редуктора, обнаружение пропусков, принять срочные меры для их устранения. Запрещается производить подтяжку гаек редукторов на баллоне, работающих под давлением. Во время работы необходимо следить за показаниями манометров. Если во время работы произошел несчастный случай, нарушился технологический процесс, возникли опасные или вредные факторы, которые могут нанести вред здоровью или угрожают жизни персонала, необходимо остановить работу оборудования и срочно сообщить об этом руководителю работ.

После окончания работы с автоматизированным комплексом Gas Reaction Controller необходимо:

- закрыть воду;

- закрыть вентиль газового баллона;
- выйти из программы;
- отключить питание компьютера;
- отключить газоанализатор от электросети;
- проверить целостность газовых баллонов, их закрепление, отсутствие утечки газа;
- проверить общее состояние помещения, убедиться в возможности загорания;
- осмотреть и привести в порядок рабочее место, вымыть теплой водой с мылом руки и лицо.

5.7. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При обнаружении неисправностей работы автоматизированного комплекса Gas Reaction Controller необходимо выполнить следующие действия:

- выйти из программы;
- отключить питание компьютера;
- отключить газоанализатора GRC от электросети;
- известить об этом вышестоящего руководителя;

В случае обнаружения утечки газа из баллона немедленно прекратить подачу газа из баллона и сообщить об аварийной ситуации непосредственному руководителю. При возникновении возгорания необходимо немедленно прекратить работу, закрыть баллон с газом, отключить электрооборудование, позвонить в подразделение пожарной охраны по телефону 01 или 010, сообщить о случившемся руководителю

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

5.8. Охрана окружающей среды

Охрана окружающей среды – комплексная проблема и наиболее активной формой ее решения является сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства. Для перехода к безотходным производствам в лаборатории необходимо осуществлять сбор водорода в специальные емкости (в настоящее время он выпускается в воздух). Также необходимо позаботиться о отдельных контейнерах для отходов бытового характера: отдельные мусорные баки для бумаги, стекла, металлических частей, пластика, резины и т. д. Необходимо заключить договор с компанией, вывозящей мусор, чтобы она обеспечивала доставку разделенных отходов фирмам, занимающимся переработкой отходов.

Лаборатория является не производственной, а это означает, что отсутствует производственный мусор (в том числе и пожароопасный, и вредный для окружающей среды). Тем не менее, могут быть приняты следующие меры по сохранению окружающей среды: сортировка мусора на пластик, стекло, макулатура и алюминий. В частности, в городе Томск существует две компании, которые занимаются сбором и доставкой на перерабатывающие заводы подобного сырья. Например, компания «Чистый мир» устанавливает по всему городу желтые сетки с памяткой, какой мусор

можно утилизировать путем переработки. Данная компания бесплатно обслуживает подобные сетки и проводит различные благотворительные акции.

Отходы, содержащие гальванические элементы (например, батарейки) собирает на переработку компания «Батарейки, сдавайтесь!», у которой расположены точки сбора по всему городу.

5.9. Особенности законодательного регулирования проектных решений

К работе с газоанализатором допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющих медицинских противопоказаний, прошедших вводный инструктаж и инструктаж по безопасности труда на рабочем месте. К самостоятельной работе допускаются работники после специального обучения и проверки знаний правил электробезопасности, приобретенных навыков и безопасных способов выполнения работы с использованием газоанализатора, ознакомленные с инструкцией по эксплуатации прибора имеющие не менее II группы по электробезопасности и получившие допуск к работе с газовыми баллонами, работающими под давлением. Повторная проверка знаний норм и правил электробезопасности, правил безопасной работы с газовыми баллонами проводится с работниками не реже 1 раза в 12 месяцев, повторный инструктаж на рабочем месте – не реже 1 раза в 3 месяца. Проведение всех видов инструктажа должно оформляться в Журнале регистрации инструктажа установленного образца, с обязательными подписями получившего и проводившего инструктаж, с указанием даты проведения инструктажа, наименования и номеров инструкции на виды работ, по которым проводится инструктаж.

По данной теме рассматриваются законодательный и нормативные документы;

Опасность поражения электрическим током:

- инструкция № 2-14 по охране труда при работе с электрооборудованием напряжением до 1000 В;
- ГОСТ 12.1.038-82 Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

Нормативными значениями напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, для ГОСТа 12.1.038-82, не должны превышать значений, указанных в таблице.

Таблица 20 – Нормативные параметры тока

Ток рода	U, В	I, мА
	Не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

- ГОСТ 12.1.045-84 Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
- ГОСТ 7399-97 Провода и шнуры на напряжение до 450/750 В.
- ГОСТ 13109-97 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
- ГОСТ 58571.3-94 Электроустановки зданий. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током.
- СНиП 31-110-2003 Проектирование и монтаж Электроустановок жилых и общественных зданий.
- СНиП 3.05.06-85 от 01.07.1986 г. Электротехнические устройства. Опасность действия высокой температуры:

- ГОСТ 2408.4-98 Топливо твердое минеральное. Метод определения углерода и водорода сжиганием при высокой температуре.
- ГОСТ 12.2.007.0-75 Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.
- ГОСТ 30331.4-95 Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от тепловых воздействий. Нормативными значениями максимальных температур доступных для прикосновения частей электрооборудования при нормальных условиях работы, для ГОСТа 30331.4-95 Часть 4, приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Нормативными значениями максимальных температур

Доступные для прикосновения части электрооборудования	Материал доступных частей	Максимальные температуры, °С
Ручки управления	Металл	55
	Неметалл	65
Части, не предназначенные для удерживания руками	Металл	70
	Неметалл	80
Части, не предназначенные для прикосновения при нормальных условиях обслуживания	Металл	80
	Неметалл	90

- ГОСТ Р ИСО 6942-2007 Одежда для защиты от тепла и огня. Методы оценки материалов и пакетов материалов, подвергаемых воздействию источника теплового излучения. Опасность поражения химическими веществами:
- ГОСТ Р ИСО 17491-4-2009 Одежда специальная для защиты от химических веществ.

- ГОСТ 12.0.004-90 ССБТ Организация обучения безопасности труда. Общие положения.

Опасность при работе с газовыми баллонами:

- инструкция № 2-07 по охране труда при работе с баллонами, работающими под давлением.
- ГОСТ Р ИСО 11439-2010 Газовые баллоны. Баллоны высокого давления для хранения природного газа. Технические условия.
- ГОСТ 9909-81 Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба коническая вентиля и баллонов для газов. Нормативными значениями номинальных профилей резьбы (наружной и внутренней) и размеры его, для ГОСТа 9909-81, приведены в таблице 22.

Таблица 22 – Нормативными значениями номинальных профилей резьбы

Шаг P	H=0,96 P	H ₁ =0,64 P	H/6 = 0,16P	R = 0,13 P
1,814	1,742	1,161	0,29	0,249

Микроклимат:

- ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные помещения. Параметры микроклимата в помещении.
- ГОСТ 12.1.005 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
- СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
- ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
- ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.

- СНиП 23-05-95 от 01.01.1996. Естественное и искусственное освещение.
- СНиП 21-01-97 от 1998-01-01 Пожарная безопасность зданий и сооружений.

При введении в эксплуатацию нового оборудования сотрудники, которые будут работать на нем, должны пройти внеплановый инструктаж по правилам эксплуатации и безопасной работе на данном оборудовании.

Выводы

В результате рассмотрение безопасности работы и гигиены труда при осуществлении эксплуатации автоматизированного комплекса Gas Reaction Controller, для определения содержания водорода в углеродных наноматериалах методом термодесорбции под высоким давлением, были рассмотрены важные факторы техногенной безопасности, такие как опасность поражения электрическим током, химическими веществами, опасность поражения действием высокой температуры. Также были рассмотрены различные чрезвычайные ситуации при работе на установке и поведение в них, а также правила работы с оборудованием в целях предотвращения несчастных случаев. В целях практической работы, был произведен расчет искусственной освещенности рабочей зоны автоматизированного комплекса Gas Reaction Controller LPB, фирмы Advanced Material Corporation. В результате расчета искусственного освещения было выявлено, что лампы ЛД типа ОД мощностью 30 Вт, применяемые для освещения при работе с данной установкой, соответствуют нормам.

Заключение

Проведено исследование зависимости свойств нанотрубок от способов их модификации, а именно влияние окисления концентрированной азотной кислотой на состояние и сорбцию нанотрубок. Анализ изменения интенсивностей оптического спектра поглощения в результате окисления образца выявил разную чистоту нанотрубок за счет уменьшения количества аморфного углерода, уменьшения концентрации катализатора и испарения примесей. Окисление образца в азотной кислоте и его последующий анализ с помощью спектроскопии КР показал, что образцы так же обладают меньшей дефектностью, напряжения в структуре уменьшаются.

Окисление привело к очистке от катализатора углеродного материала, содержащего одностенные нанотрубки. Анализ энерго-дисперсионного анализа выявил, что количество железа в образцах после окисления уменьшается до 0,4 ат%.

Таким образом, окисление не только позволяет очистить нанотрубки от примесей, таких, например, как аморфный углерод, но и восстановить их структуру до более упорядоченной и менее дефектной.

Список литературы:

1. Гамбург Д.Ю. Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение: Справ. Издание. – М.: Химия, 1989. – 672 с.
2. А.В.Елецкий, Углеродные нанотрубки и их эмиссионные свойства// Успехи Физических Наук/–2002.–Т. 172.–№4.–С. 401;
3. Harris P. J. F. Carbon nanotubes and related structures // New materials for the Twenty-first Century, Cambridge University Press, Cambridge /–1999.–Р. 277;
4. Елисеев А. А., Лукашин А. В. Функциональные наноматериалы. Под ред. Ю.Д. Третьякова.М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 456 с. ISBN 978-5-9221-1120-1;
5. Kreatschmer W., et al. Nature 354. – 1990. – P.347;
6. Kroto H. W., et al. Nature, 162. – 1985. – P.318;
7. Iijima S., et al. Nature, 162. – 1985. – P.318;
8. Ebbesen T.W., Ann. Rev. Mater. Sci, 235. – 1994. – P24;
9. Ajayan P.M., et al. Nature (London), 522. – 1993. – P.362;
10. Saito Y., et al. Phys. Chem. Solids, 1849 . – 1993. – P.54;
11. Беленков Е. А., Ивановская В. В., Ивановский А. Л. Наноалмазы и родственные углеродные наноматериалы. Компьютерное материаловедение. – Екатеринбург : УрО РАН, 2008. С. 13.
12. Chemical and Engineering News. 1998. – P. 6.
13. Н. Ашкрофт, Н. Мермин. Физика твердого тела. Том 1. Изд-во Мир. Москва 1979. 458 страниц. С. 85-86.

14. Los Alamos National Laboratory (2004, September 17). Laboratory Grows World Record Length Carbon Nanotube. Science Daily. Retrieved December 18, 2013. –13 с.

15. Чжао Цзин, Лю Тао. Углеродные нанотрубки (УНТ) –Наиболее перспективным материалом новой эпохи// Пекинский университет. Институт химии молекулярной инженерии/–2006.–С.12;

16. Фуллерены и углеродные нанотрубки. Свойства и применение [Электронный ресурс]: <http://labs.vt.tpu.ru/nano/nanotubes.htm>;

17. Hamada, N. New one-dimensional conductors: Graphitic microtubules / N. Hamada, S. Sawada, A. Oshiyama // Physical Review Letters. – 1992. – V. 68. – P.

18. Chen, J. Influence of Surface Functionalization Via Chemical Oxidation on the Properties of Carbon Nanotubes / J. Chen, Q. Chen, Q. Ma // Journal of Colloid and Interface Science. – 2012. –V. 370. – P. 32-38.

19. Multiwalled Carbon Nanotubes for Liquid-Phase Oxidation. Functionalization, Characterization, and Catalytic Activity / G. Ovejero, J.L. Sotelo, M.D. Romero et al. // Industrial & Engineering Chemistry Research. – 2006. – V. 45. – P. 2206-2212. 1579.

20. Glebova, N.V. Functionalization of the Surface of Multiwalled Carbon Nanotubes/ N.V. Glebova, A.A. Nechitailov // Technical Physics Letters. – 2010. – V.36. – No. 10. – P. 878-881.

21. Chemical oxidation of multiwalled carbon nanotubes / V. Datsyuk, M.Kalyva, K. Papagelis et al. // Carbon. – 2008. – V. 46. – P. 833-840.

22. Kim, Y.T. Oxidation treatment of carbon nanotubes: an essential process in

nanocomposite with RuO₂ for supercapacitor electrode materials / Y.T. Kim, T. Mitani // Applied Physics Letters. – 2006. – V.89. – P. 033107.

23. А.С. Лобач, Н.Г. Спицына, С.В. Терехов, Е.Д. Образцова. // ФТТ. 2002. Т.44. Вып. 3. С. 457-459.

24. Nondestructive and high-recovery-yield purification of single-walled carbon

nanotubes by chemical functionalization / Y. Lian, Y. Maeda, T. Wakahara et al. //Journal of Physical Chemistry B. – 2004. – V. 108. – P. 8848-8854.

25. Oxygen-containing functional groups on single-wall carbon nanotubes: NEXAFS and vibrational spectroscopic studies / A. Kuznetsova, I. Popova, J.T. Yates et al. // Journal of the American Chemical Society. – 2001. – V. 123. – P. 10699-10704.

26. Solution Properties of Single-Walled Carbon Nanotubes / J. Chen, M.A. Hamon, H. Hu et al. // Science. – 1998. – V. 282. – P. 95-98.

27. Evidence of hemiketals incorporated in the structure of fullerols derived from aqueous acid chemistry / L.Y. Chiang, R.B. Upasani, J.W. Swirczewski, S. Soled //Journal of the American Chemical Society. – 1993. – V. 115. – P. 5453-5457.

28. Structural characterization of carboxylated multi-walled carbon nanotubes /G.-W. Lee, J. Kim, J. Yoon et al. // Thin Solid Films. – 2008. – V. 516. – P. 5781-5784.

29. А.П. Кощев. Термодесорбционная масс – спектрометрия в свете решения проблемы паспортизации и унификации поверхностных свойств детонационных наноалмазов.//Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). 2008. Т. LI. №5. С. 88.

30. Кудияров В.Н., Лидер А.М. Изучение процессов сорбции и десорбции водорода при помощи автоматизированного комплекса Gas Reaction Controller LP – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет.2013. – 6 с.
31. J. Als-Nielsen, D. McMorrow, Elements of Modern X-ray Physics, Wiley. 2011.
32. Фетисов Г.В. Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ. / Под. ред. Асланова Л.А.. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 672 с.
33. Комплекс Centaur U HR [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nanoscantech.ru/ru/products/confocal/confo cal-139.html> (дата обращения 11. 07.2017).
34. А.А. Молекулярная спектроскопия”/А.А. Мальцев изд. Московского Университета. // 1980, стр.7-13.
35. Введение в колебательную спектроскопию неорганических соединений / А.И. Григорьев // Издательство МГУ, 1997.
36. Прикладная инфракрасная спектроскопия / Д. Канделл // Мир, Москва, 1970.
37. Инфракрасные спектры неорганических и координационных соединений / К. Накамото // изд. Мир, 1966.
38. O. Shenderova, A. M. Panich, S. Moseenkov, S. C. Hens, V. Kuznetsov, H.-M. Vieth. Hydroxylated Detonation Nanodiamond: FTIR, XPS, and NMR Studies// J. Phys. Chem. C 2011, 115, 19005–19011 dx.doi.org/10.1021/jp205389m

39. Методы функционализации и модифицирования углеродных нанотрубок / Дьячкова Т.П., Ткачев, А.Г.// Издательский дом «Спектр», Москва. 2013

40. Спектроскопия / Беккер. Ю. // Техносфера. Москва. 2009.

41. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.

42. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». Минздрав России, Москва. – 2003.

43. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Минздрав России, Москва. – 1996.

44. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Минздрав России, Москва. – 1996.

45. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Минздрав России, Москва. – 1997.

46. Беляков Г.И. Охрана труда и техника безопасности: учебник для прикладного бакалавриата. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 404 с

47. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

48. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для бакалавров. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2013. – 682 с.

49. ГОСТ12.1.002-84. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах. Издательство стандартов, Москва. – 1984.

50. ГОСТ12.1.002-84. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах. Издательство стандартов, Москва. – 1984.

51. ГОСТ 12.1.006-84. Система стандартов безопасности труда. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. Издательство стандартов, Москва. – 1984.

52. НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

53. СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы. Огнестойкость зданий, сооружений и пожарных отсеков.

Приложение А

Согласовано: _____
_____ 2011

ПЛАН ЭВАКУАЦИИ ИЗ ПОМЕЩЕНИЯ

**ПРИ ПОЖАРЕ
ЗВОНИТЕ: 01; 112**

Утверждаю:
Директор муниципального
бюджетного учреждения культуры
Дворец культуры "Сармат"
Болдырев А.В.
2011

ИНСТРУКЦИЯ
по обеспечению безопасной эвакуации персонала и имущества

Действия при пожаре сохранять спокойствие		Действия при аварии сохранять спокойствие	
1	Сообщить по телефону <ul style="list-style-type: none"> - АДРЕС ОБЪЕКТА - МЕСТО ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРА - СВОЮ ФАМИЛИЮ 	1	Сообщить по телефону <ul style="list-style-type: none"> - АДРЕС ОБЪЕКТА - ЧТО СЛУЧИЛОСЬ - ИМЕЮТСЯ ЛИ ПОСТРАДАВШИЕ - СВОЮ ФАМИЛИЮ
2	Эвакуировать людей <ul style="list-style-type: none"> - ОРИЕНТИРОВАТЬСЯ ПО ЗНАКАМ НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ - ВЗЯТЬ С СОБОЙ ПОСТРАДАВШИХ 	2	Локализовать аварию <ul style="list-style-type: none"> - ПРЕДОТВРАТИТЬ РАЗВИТИЕ АВАРИИ - ИСПОЛЬЗОВАТЬ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ - ОБЪЕДИНИТЬ МЕСТО АВАРИИ
3	По возможности принять меры по тушению пожара <ul style="list-style-type: none"> - ИСПОЛЬЗОВАТЬ СРЕДСТВА ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ - ОБЕСПЕЧИТЬ ПОМЕЩЕНИЕ 	3	Эвакуировать людей <ul style="list-style-type: none"> - ОКАЗАТЬ ПОМОЩЬ ПОСТРАДАВШИМ - ОРИЕНТИРОВАТЬСЯ ПО ЗНАКАМ - ВЗЯТЬ С СОБОЙ ПОСТРАДАВШИХ

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

ВЫ НАХОДИТЕСЬ ЗДЕСЬ

КНОПКА ВКЛЮЧЕНИЯ СРЕДСТВ И СИСТЕМ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

ТЕЛЕФОН

ОГНЕТУШИТЕЛЬ

ЭЛЕКТРОЩИТ

НАПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ К ЭВАКУАЦИОННОМУ ВЫХОДУ

ПУТЬ К ОСНОВНОМУ ЭВАКУАЦИОННОМУ ВЫХОДУ

ЭВАКУАЦИОННЫЙ ВЫХОД

Рисунок 3 – План эвакуации людей при пожаре