

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 18.03.01 «Химическая технология»
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка способа функционализации углеродных нанотрубок с целью их применения в электроаналитической химии

УДК 661.666.-022.532:543.55

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д83	Павленко Мария Александровна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Липских Ольга Ивановна	к.х.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Криницына Зоя Васильевна	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев Милий Всеволодович			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Михеева Елена Валентиновна	к.х.н., доцент		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

18.03.01 Химическая технология

Образовательная программа: Химическая технология

Специализация: «Химическая технология в биологии и медицине»

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Готовность использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы
ОПК(У)-3	Готовность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире
ОПК(У)-4	Владение пониманием сущности и значения информации в развитии современного информационного общества, осознания опасности и угрозы, возникающих в этом процессе, способностью соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ОПК(У)-5	Владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией
ОПК(У)-6	Владение основными методами защиты производственного персонала и

	населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции
ПК(У)-2	Готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования
ПК(У)-3	Готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности
ПК(У)-4	Способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения
ПК(У)-5	Способность использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда, измерять и оценивать параметры производственного микроклимата, уровня запыленности и загазованности, шума, и вибрации, освещенности рабочих мест
ПК(У)-6	Способность налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств
ПК(У)-7	Способность проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта
ПК(У)-8	Готовность к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования
ПК(У)-9	Способность анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования
ПК(У)-10	Способность проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа
ПК(У)-11	Способность выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса
ДПК(У)-1	Способность планировать и проводить химические эксперименты, проводить обработку результатов эксперимента, оценивать погрешности, применять методы математического моделирования и анализа при исследовании химико-технологических процессов.
ДПК(У)-2	Готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки: 18.03.01 «Химическая технология»
 Уровень образования: бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ): Отделение химической инженерии
 Период выполнения: весенний семестр 2022 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:	16.06.2022
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
23.02.2022	Выполнение серии экспериментов	30
07.04.2022	Обзор литературных данных	20
26.04.2022	Разработка раздела «Социальная ответственность»	10
01.05.2022	Разработка раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
07.05.2022	Обработка полученных данных	30

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Липских Ольга Ивановна	К.Х.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Михеева Елена Валентиновна	К.Х.Н.		

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки: 18.03.01 «Химическая технология»
 Отделение школы (НОЦ): Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
Михеева Е.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2Д83	Павленко Марии Александровне

Тема работы:

Разработка способа функционализации углеродных нанотрубок с целью их применения в электроаналитической химии	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 95-70/с от 05.04.2022

Срок сдачи студентом выполненной работы:	16.06.2021
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования: многостенные углеродные нанотрубки</p> <p>Предмет исследования: подбор условий функционализации углеродных нанотрубок</p> <p>Подобрать условия функционализации углеродных нанотрубок и провести апробирование модификатора на гексацианоферрате калия</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Обзор литературных данных по тематике научно-исследовательской работы. Проведение серии экспериментов для достижения цели исследования. Анализ, обработка и обсуждение результатов проведенных исследований. Анализ экономической привлекательности, ресурсоэффективности и ресурсосбережения работы. Анализ рисков и опасностей проведения исследования и составление перечня нормативных документов для их регулирования. Обобщение результатов и формулирование выводов по итогам проделанной работы.</p>
--	---

<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
--	--

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Креницына Зоя Васильевна
Социальная ответственность	Гуляев Милий Всеволодович

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель/консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Липских Ольга Ивановна	к.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д83	Павленко Мария Александровна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Д83	Павленко Марии Александровне

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	ОХИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 «Химическая технология»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Бюджет проекта – не более 850658,37 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 255939,76 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 4,45 баллов из 5.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	В соответствии с налоговым кодексом Российской Федерации. Отчисления во внебюджетные фонды – 30 %.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Определение потенциальных потребителей результатов исследования; проведение анализа конкурентных технических решений; SWOT-анализ.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Определение структуры плана проекта и трудоёмкости работ, разработка графика проведения исследования; составление бюджета исследования.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Расчет сравнительной эффективности проекта.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ 	
---	--

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д83	Павленко Мария Александровна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Д83	Павленко Мария Александровна

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	ОХИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 «Химическая технология»

Тема ВКР:

Разработка способа функционализации нанотрубок с целью их применения в электроаналитической химии

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p><i>Объект исследования:</i> многостенные углеродные нанотрубки.</p> <p><i>Область применения:</i> химическая промышленность.</p> <p><i>Рабочая зона:</i> лабораторное помещение физико-химических методов анализа ОХИ НИ ТПУ, 2 корпус, 223 аудитория;</p> <p><i>Размеры помещения:</i> 30,5 м² и 285,4 м².</p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> компьютер, вольтамперометрический анализатор, ультразвуковая ванна, центрифуга.</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> функционализация углеродных нанотрубок, проверка модификатора, работа за компьютером</p>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения/при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p><i>Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны – аналитической лаборатории физико-химических методов анализа ОХИ НИ ТПУ, 2 корпус, 223 аудитория;</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N197-ФЗ (ред. От 27.12.2018); - ГОСТ12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования; - ГОСТ12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. - ПНД Ф 12.13.1-03 Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения).
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ потенциальных вредных и опасных производственных факторов 	<p><i>Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека; 2. Отклонение показателей микроклимата помещения; 3. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения;

	<p>4. Повышенный уровень шума; 5. Длительное сосредоточенное наблюдение.</p> <p><i>Выявление опасных факторов при разработке и эксплуатации научного исследования:</i></p> <p>1. Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, которые могут вызвать ожоги тканей организма человека. 2. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает рабочий.</p> <p>В лабораторных помещениях должны быть предусмотрены требования СанПиН 2.2.4.548-96 и ГОСТ 12.1005 – 88 (2000).</p>
<p>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации</p>	<p><i>Воздействие на селитебную зону:</i> не выявлено. <i>Воздействие на литосферу:</i> не выявлено. <i>Воздействие на атмосферу:</i> вредные вещества, которые выделяются через вентиляционную систему вовремя проведения серии экспериментов; <i>Воздействие на гидросферу:</i> химическое и биологическое загрязнение водных стоков в результате удаления неорганических и органических отходов в канализационную сеть.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения/при эксплуатации</p>	<p>- Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; - Выбор наиболее типичной ЧС; - Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. - Пожаро-взрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). <i>Наиболее типичные ЧС:</i> попадание кислоты или щелочи на кожу или в глаза; выделение или образование едких, ядовитых, огне- или взрывоопасных веществ.</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев Милий Всеволодович	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д83	Павленко Мария Александровна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит: 95 страниц, 13 рисунков, 31 таблицу, 62 источника.

Ключевые слова: многостенные углеродные нанотрубки, функционализация нанотрубок, модификатор, активация электрода.

Объектом исследования являются: многостенные углеродные нанотрубки.

Целью работы является разработка способа функционализации углеродных нанотрубок для последующей модификации электродной поверхности.

В процессе эксперимента проводилась кислотная обработка углеродных нанотрубок, их исследование с помощью просвечивающей эмиссионной микроскопии, ИК-спектроскопии, а также апробирование модификатора на гексацианоферрате калия.

В результате исследования была разработана методика функционализации углеродных нанотрубок для модификации электродной поверхности.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: научно-исследовательская работа проводилась в аналитической физико-химической лаборатории ОХИ ИШПР ТПУ, оснащённой всем необходимым для исследования оборудованием.

Степень внедрения: работа находится на стадии исследований.

Область применения: аналитический контроль, химическая промышленность.

Экономическая эффективность/значимость работы: использование новой эффективной методики модификации электродной поверхности.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	14
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	15
1.1 Общие сведения об углеродных нанотрубках.....	15
1.2 Свойства и применение УНТ.....	18
1.3 Сведения о процессах функционализации углеродных нанотрубок.....	20
1.3.1 Окисление УНТ.....	21
1.4 Проблемы реализации способов функционализации.....	23
2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	26
2.1 Измерительные средства, электроды, вспомогательные устройства и материалы.....	26
2.2 Реактивы.....	27
2.3 Приготовление растворов.....	28
2.4 Методика приготовления модификатора.....	28
2.5 Методика эксперимента.....	28
3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.....	30
3.1 Подбор времени ультразвуковой обработки.....	30
3.2 Процесс нейтрализации нанотрубок.....	30
3.3 Получение доказательств функционализации УНТ.....	31
3.3.1 Исследование нанотрубок методом ИК-спектроскопии.....	31
3.3.2 Исследование УНТ с помощью просвечивающей электронной микроскопии.....	32
3.3.3 Использование энергодисперсионного анализа для исследования элементного состава нанотрубок.....	34
3.4 Исследование эффективности модификатора методом вольтамперометрии.....	35
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	39

4.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	39
4.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	39
4.1.2	Анализ конкурентных технических решений	41
4.1.3	SWOT-анализ	42
4.2	Планирование научно-исследовательских работ.....	46
4.2.1	Структура работ в рамках научного исследования	46
4.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ	47
4.2.3	Разработка графика проведения научного исследования.....	49
4.3	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	55
4.3.1	Расчет материальных затрат исследования.....	55
4.3.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научно-технического исследования	57
4.3.3	Основная заработная плата исполнителей темы.....	61
4.3.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	63
4.3.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)..	64
4.3.6	Накладные расходы	65
4.3.7	Формирование бюджета затрат научно-технического исследования	65
4.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	66
5	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	70
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	70
5.2	Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.....	71
5.3	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	72
5.4	Производственная безопасность.....	73
5.5	Анализ потенциально возможных и опасных факторов	73

5.6 Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов	74
5.7 Экологическая безопасность.....	82
5.7.1 Анализ влияния объекта на атмосферу	82
5.7.2 Анализ влияния процесса исследования на гидросферу.....	83
5.7.3 Анализ влияния процесса исследования на литосферу.....	83
5.8 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	83
5.9 Анализ вероятных ЧС, при проведении исследований, и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	83
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	87
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА	88
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	89

ВВЕДЕНИЕ

Немногие материалы вызвали такой большой интерес, как углеродные нанотрубки (УНТ).

УНТ признаны углеродным волокном, обладающим свойствами автоэлектронной эмиссии, с самой высокой прочностью и теплопроводностью относительно других материалов, Благодаря их введению возможно повышение износостойкости, прочности, ударной вязкости, электропроводности полимерных материалов, однако, вследствие высокой стоимости и расхода нанотрубок их модификация не всегда экономически выгодна.

Растворение УНТ в воде и органических средах является затруднительным, т.к. они чрезвычайно устойчивы к смачиванию. Следовательно, поиск подходящего способа функционализации является актуальным для многих химиков-синтетиков и материаловедов. Функционализация позволяет улучшать растворимость и технологичность нанотрубок, а также сочетать их уникальные свойства со свойствами других типов материалов. Благодаря этому возможность расширения области их применения также увеличивается.

Таким образом, разработка процесса, выявление общих закономерностей окисления УНТ и исследование свойств полученных при разных условиях обработки функционализированных нанотрубок является достаточно актуальной теоретической и практической задачей.

Целью данной работы является разработка способа функционализации УНТ с целью их применения в электроаналитической химии.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Провести литературный обзор в предметной области;
2. Подобрать рабочие условия функционализации УНТ
3. Подтвердить наличие функциональных групп на поверхности УНТ;
4. Оценить эффективность УНТ в качестве модификатора электродной поверхности.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Общие сведения об углеродных нанотрубках

Квазиодномерные нанотрубки – это еще одна форма углерода, о которой сообщил Иидзима в 1991 году, когда обнаружил многостенные углеродные нанотрубки (МУНТ) в углеродной саже, полученной методом дугового разряда. Углеродные нанотрубки (УНТ) представляют собой листы графена, свернутые в цилиндры диаметром от 1 до 100 нм и длину до нескольких микрометров. Нанотрубки представляют собой цилиндры, полученные в результате сворачивания слоев графитовой ячеистой решетки, называемой графеновым листом [1].

УНТ разделяют на однослойные (ОУНТ), состоящие из одного слоя, и многослойные (МУНТ), состоящие из нескольких свернутых графеновых слоев. МУНТ отличаются от однослойных более широким разнообразием форм и конфигураций.

В зависимости от способа свертывания графенов существуют три формы цилиндрических УНТ: ахиральные типа кресла (две стороны каждого шестиугольника ориентированы перпендикулярно оси УНТ) (рисунок 1), ахиральные типа зигзага (две стороны каждого шестиугольника ориентированы параллельно оси УНТ) (рисунок 2). Другие типы нанотрубок являются хиральными, с рядами шестиугольников, закручивающимися по спирали вдоль осей нанотрубок (рисунок 3) [2].

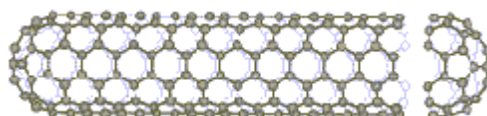


Рисунок 1 – УНТ типа кресла [2]

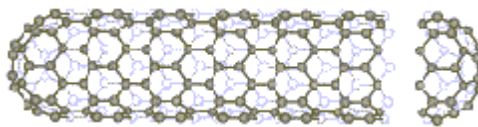


Рисунок 2 – УНТ типа зигзага [2]

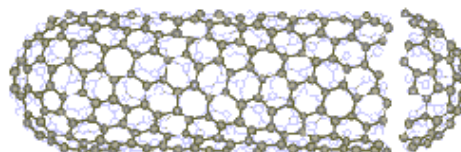


Рисунок 3 – Хиральная УНТ [2]

Электродуговой метод, лазерная абляция и химическое осаждение из газовой фазы (CDV) являются наиболее распространенными методами синтеза (УНТ).

Нанотрубки обычно получают путем термического распыления графитового электрода в плазме дугового разряда, горящей в инертной атмосфере, в результате чего также образуется углеродная сажа, содержащая молекулы фуллерена.

Для производства МУНТ условия оптимизированы таким образом, чтобы во время дугового испарения количество образования сажи было сведено к минимуму, а 75% испаренного углерода с чистого графитового анода оседало на обращенной к нему поверхности графитового катода. Дуговой осадок состоял из твердой серой внешней оболочки, изготовленной из пиролитического графита и внутренней оболочки, изготовленной из мягкого черного порошка, содержащей около 2/3 УНТ и 1/3 графитовых наночастиц. Оптимизированные условия синтеза составляли: постоянный ток, низкая плотность дугового разряда и давление гелия, которое поддерживалось на уровне ~ 500 Торр [2]. Дуговой разряд – достаточно простой процесс, позволяющий получить УНТ высокого качества. Однако обычный дуговой разряд является прерывистым и нестабильным процессом, поэтому производить большое количество нанотрубок достаточно сложно. Для осуществления данного метода требуются высокочистые графитовые электроды, металлические порошки (для получения ОУНТ) и высокочистые

газы, что приводит к большим затратам. Несмотря на то, что кристалличность материала высока, практически невозможно достичь контроля над размерами (длиной и диаметром) нанотрубок. Также могут образовываться побочные продукты, такие как многогранные графитовые частицы (в случае получения МУНТ), инкапсулированные металлические частицы (для ОУНТ) и аморфный углерод.

Эффективным способом синтеза УНТ является метод лазерной абляции. В этом случае часть графитовой мишени испаряется вследствие использования высокотемпературного режима и инертной атмосферы. МУНТ были обнаружены при использовании мишени из чистого графита. Было выявлено, что качество и выход этих продуктов зависят от температуры реакции. Наилучшее качество достигается при температуре реакции 1200 °С, при более низких температурах качество структуры ухудшается, на поверхности нанотрубок образуется больше дефектов. При введении в графитовую гранулу небольшое количество переходных металлов (Ni, Co), играющих роль катализаторов, полученные продукты подвергаются значительным модификациям и вместо МУНТ образуются ОУНТ. Однако данный метод синтеза экономически невыгоден, т.к. в процессе используются высокочистые графитовые стержни, в некоторых случаях требуется два лазерных луча, а количество УНТ, которое можно получить за день, не так велико как при использовании метода дугового разряда [3].

Химическое осаждение из паровой фазы (Chemical vapor deposition, CVD) является одним из самых популярных методов осаждения тонких пленок. CVD значительно отличается от двух других распространенных методов получения УНТ, а именно, электродугового разряда и лазерной абляции. Дуговой разряд и лазерную абляцию можно классифицировать как высокотемпературные (>2700°C) и кратковременные методы реакции, в то время как каталитический метод CVD – это технология реакции при средней температуре (425-1200°C) и длительном времени. С 1998 года был достигнут значительный и быстрый прогресс в разработке CVD, чтобы превратить его в

высокую контролируемую технологию производства УНТ. В настоящее время можно изготавливать высококачественные МУНТ и ОУНТ непосредственно на подложках и насыпью в качестве сырья. Основным преимуществом метода CVD является то, что можно использовать УНТ без дополнительной очистки, при условии, что нет необходимости в удалении частиц катализатора.

Синтез нанотрубок методом химического осаждения углерода из газовой фазы (Chemical vapor deposition, CVD) предполагает возможность массового производства нанотрубок высокой частоты, которые могут быть доведены до коммерческого использования. Существующие технологии получения одностенных нанотрубок (ОУНТ) не дают достаточного количества и не имеют требуемой частоты. Очистка данных материалов часто является трудоемкой

1.2 Свойства и применение УНТ

Обширные исследования, проведенные за последние годы, выявили уникальные структурные, электрические, термические и механические свойства УНТ.

С точки зрения механических свойств нанотрубки являются одними из самых прочных и эластичных материалов, известных из существующих в природе. Величина модуля Юнга у УНТ достигает 1,2 ТПа и предел прочности при растяжении в 100 раз выше, чем у стали. Также могут выдерживать большие деформации до механического разрушения. Сравнительные данные прочностных характеристик приведены в таблице 1 [2].

Таблица 1 – Прочностные характеристики различных материалов [2]

Характеристика	Графит	Углеродные волокна	МУНТ	ОУНТ	Сталь
Прочность на растяжение, ГПа	100	3-7	300-600	300-1500	0,4
Модуль упругости, ГПа	1000	200-800	500-1000	1000-5000	2000

Продолжение таблицы 1

Удельная прочность, ГПа	50	2-4	200-300	150-750	0,05
Удельный модуль упругости, ГПа	500	100-400	250-500	500-2500	26
Предельное растяжение, %	10	1-3	20-40	20-40	26

Введение нанотрубок в полимерные материалы повышает их теплопроводность, несмотря на то, что хаотично уложенные УНТ имеют теплопроводность на порядок ниже.

Теоретические расчеты впервые предсказали, что ОУНТ могут проявлять металлические или полупроводниковые свойства в зависимости от диаметра и спиральности. Эта способность демонстрировать принципиально различные электронные свойства без изменения локальной связи отличает нанотрубки от других наноматериалов [2].

В зависимости от размера и морфологии волокнистого углерода область применения сильно варьируется. При большом диаметре нанотрубки используются в энергетических устройствах, таких как топливные элементы, литий-ионные вторичные батареи и электрические двухслойные конденсаторы. Крупные волокна также могут быть использованы в композитах в качестве наполнителя или теплопроводника. УНТ также действуют как связующее звено между волокнами, повышая электро- и теплопроводность композита.

Уникальные механические свойства и высокое поверхностно-объемное отношение (из-за их малого диаметра) делают УНТ потенциально полезными в качестве анодного материала или добавки в системах литий-ионных аккумуляторов.

УНТ также было предложено использовать в качестве высокочастотных носителей для хранения водорода. Отдельные виды нанотрубок использовались в качестве источников автоэлектронной эмиссии, наконечников для сканирующей зондовой микроскопии и химических сенсоров. Успех в

получении нанотрубок привел к широкой доступности углеродных материалов, что является основным катализатором недавних скачков в фундаментальных физических исследованиях [4].

Высокая поверхностная энергия нанотрубок способствует их агломерации, но несмотря на то, что эффект может быть непродолжительным, размер агломератов можно уменьшить благодаря ультразвуковой обработке [5].

В работе [6] обосновано отрицательное влияние механической обработки, а именно укорочение нанотрубок, на прочностные характеристики, не смотря на увеличение способности к автоэлектронной эмиссии и равномерного распределения в растворителях.

В работе [7] описано совокупное применение химической и механической обработки УНТ для более эффективной диспергируемости.

1.3 Сведения о процессах функционализации углеродных нанотрубок

Физические способы распределения УНТ в матрицах не всегда достаточно эффективны. Поэтому для успешного использования нанотрубок, как правило, бывает необходимо предварительно изменить химические свойства их поверхности посредством химической функционализации.

При упоминании о функционализации нанотрубок, необходимо проводить различие между функционализацией – ковалентной и нековалентной, функционализацией МУНТ и ОУНТ, а также функционализацией отдельных трубок или пучков. Ковалентная функционализация основана на ковалентном присоединении функциональных групп, которое возможно на концах или боковых стенках нанотрубок. Нековалентная функционализация основана на образовании комплексов за счет Ван-дер-Ваальсового и *p*-электронного взаимодействия [8].

Идеальная структура нанотрубки состоит из сетки атомов углерода в sp^2 -гибридизации, однако в зависимости от условий и способа синтеза УНТ на

поверхности возможно образование дефектов [9,10]. Дефекты располагаются на концах или боковых стенках нанотрубок и считаются наиболее реакционноспособными [11].

Примерами ковалентной химической функционализации являются реакции окисления и фторирования. В качестве фторирующих реагентов могут выступать различные вещества: растворы фторидов благородных газов в жидком безводном фтороводороде или бромной воде, фториды благородных газов, галогенфториды и фториды металлов в высших степенях окисления. Однако наиболее распространено применение разбавленного фтора или его смеси с безводным газообразным фтороводородом.

Достаточно эффективным и более доступным методом функционализации поверхности УНТ является их окислительная обработка. В качестве окисляющих реагентов чаще всего используют кислородсодержащие кислоты и смеси на их основе: HNO_3 , $\text{HNO}_3+\text{H}_2\text{SO}_4$, HClO_4 , H_2SO_4 , $\text{HNO}_3+\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, $\text{H}_2\text{SO}_4+\text{KMnO}_4$, $\text{H}_2\text{SO}_4+\text{H}_2\text{O}_2$ [12-14].

1.3.1 Окисление УНТ

Одним из наиболее распространенных методов функционализации является окислительная очистка нанотрубок путем жидкофазного или газофазного окисления с введением в УНТ карбоксильных или других кислородсодержащих функциональных групп. Примерами таких групп являются гидроксильные, карбонильные, эфирные, ангидридные, нитрогруппы и др. (рисунок 4).

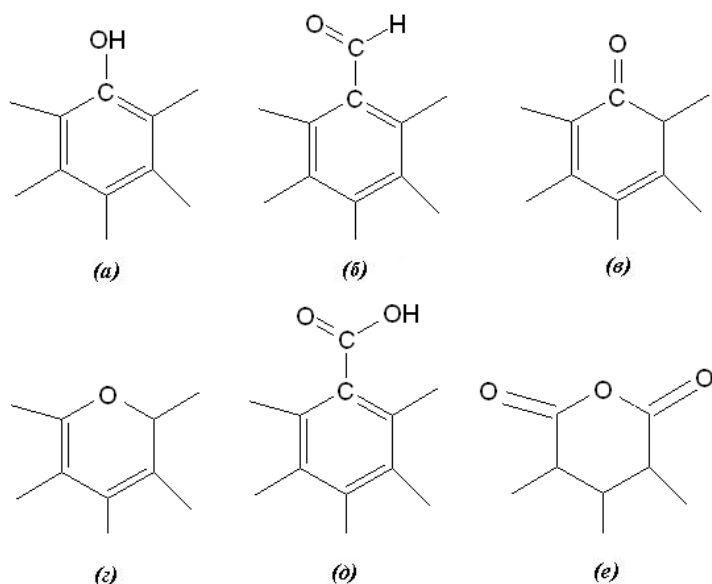


Рисунок 4 – Типы функциональных групп, формирующихся при окислении УНТ:

а – гидроксильная (фенольная); б – альдегидная; в – кетонная; г – эфирная;
 д – карбоксильная; е – ангидридная; ж – лактонная

Присутствие кислородсодержащих групп способствует отслаиванию пучков УНТ, снижает Ван-дер-Ваальсово взаимодействие и повышает растворимость в полярных средах, что, в свою очередь, увеличивает возможность дальнейшей функционализации в зависимости от области применения [15].

Также целью кислотной обработки является удаление частиц металлических катализаторов, используемых при синтезе нанотрубок и аморфного углерода – побочного продукта большинства синтетических методов [16].

Согласно работам [17, 18] при окислении в концентрированной азотной и серной кислот (в соотношении 3:1 по массе) часто формируются серосодержащие функциональные группы (рисунок 5).

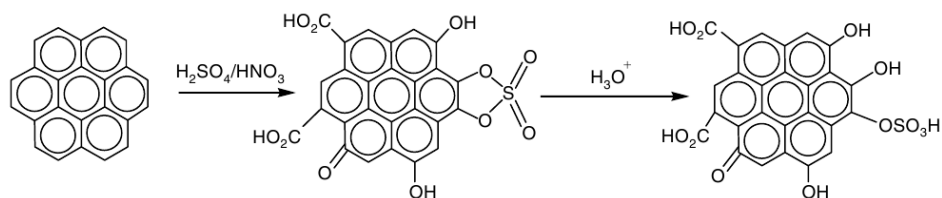


Рисунок 5 – Схема формирования на поверхности УНТ серосодержащих функциональных групп при окислении смесью HNO_3 и H_2SO_4

В работе [19] описана возможность определения концентрации кислородсодержащих групп с помощью кислотно-основного титрования.

Окислительная обработка может по-разному влиять на свойства УНТ, отличающихся формой и числом графеновых слоев и геометрическими параметрами. Это подтверждается в работе [20], где показано, что соотношение кислородсодержащих функциональных групп и изменение свойств при функционализации в большей мере обусловлено не природой окислителя, а морфологией УНТ. Количество поверхностных групп зависит от морфологии и структуры УНТ и возрастает с увеличением дефектности нанотрубки. Самая высокая степень функционализации была достигнута при окислении самых дефектных и тонких трубок. При увеличении времени обработки возрастает и количество функциональных групп одновременно с разрушением структуры материала.

В ряде случаев предлагают осуществлять газофазную функционализацию УНТ. Здесь в качестве окислителей применяют углекислый газ [21, 22], водяной пар [23], кислород воздуха [24-26], озон [27-30], пары азотной кислоты [31-32].

В целом, окисление может являться как отдельным способом функционализации, так и разновидностью пре-функционализации перед вторичными превращениями или модифицированием поверхности УНТ.

1.4 Проблемы реализации способов функционализации

В литературе описаны многочисленные способы окислительной и вторичной функционализации УНТ. Авторы большинства публикаций по

данному направлению приводят сведения о влиянии тех или иных функциональных групп на свойства, как самих УНТ, так и композитов на их основе. Методики функционализации поверхности УНТ, описанные в литературе, как правило, характеризуются многостадийностью и сложной последовательностью действий, использованием дорогостоящих, часто высокотоксичных реагентов и предполагают реализацию только в лабораторных условиях. В то же время, согласно многочисленным обзорам [33, 34], в составе полимерных композиционных материалов целесообразнее использовать функционализированные, а не исходные (нативные) УНТ, поскольку наличие поверхностных групп способствует получению более равномерных дисперсий в матрицах. Благодаря этому понижаются расходные нормы УНТ, необходимые для достижения требуемых эффектов, что делает их применение экономически оправданным. В связи с этим расширяются области коммерческого использования УНТ, важнейшие из которых приведены в таблице 2. В условиях растущего спроса на функционализированные и модифицированные формы УНТ требуется получать их в больших количествах. В связи с этим актуальной является задача разработки технологий функционализации и модифицирования УНТ, реализация которых возможна в промышленном масштабе.

Таблица 2 – Коммерческое применение полимерных композитов на основе УНТ

Рынок	Применение	Свойства составов на основе УНТ
Автомобили	Детали топливной системы и топливопроводы (соединители, детали насоса, уплотнительные кольца, трубки), внешние кузовные детали для электроокраски (бамперы, корпуса зеркал, крышки топливных баков)	Улучшенный баланс свойств по сравнению с техническим углеродом, способность к переработке для крупных частей, устойчивость к деформации

Продолжение таблицы 2

Электроника	Технологические инструменты и оборудование, кассеты для полупроводниковых пластин, конвейерные ленты, объединительные блоки, оборудование для чистых комнат	Повышенная чистота смесей по сравнению с углеродными волокнами, контроль удельного сопротивления поверхности, способность к обработке для отливки тонких частей, устойчивость к деформации, сбалансированность свойств, альтернативные возможности пластмассовых смесей по сравнению с углеродными волокнами
Коммуникация и связь	Защита электронной аппаратуры от электромагнитных помех, неотражающие покрытия и материалы	Более эффективное экранирование электромагнитных излучений, уменьшение их отражения при сохранении хороших механических характеристик
Строительство	Защита людей от электромагнитного смога. Экранирующие пленки, покрытия, краски, обои, жидкие обои	Повышенные экранирующие свойства
Медицина	Имплантанты, фильтрующие и адсорбирующие материалы	Улучшенная биосовместимость имплантантов, способность сорбентов задерживать бактерии и вирусы, способность перевязочных материалов адсорбировать вредные вещества – продукты метаболизма
	Биосенсоры	Повышенная чувствительность к определяемым веществам и ферментам

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Перспективность научного исследования – это не только масштаб открытия, но и коммерческая ценность разработки, оценка которой, является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Цель раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» – проектирование и создание конкурентоспособных разработок, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

В данном разделе необходимо рассмотреть следующие задачи:

1. Определение возможные альтернативы проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсосбережения и ресурсоэффективности;
2. Планирование научно-исследовательских работ;
3. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
4. Определение ресурсосберегающей, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

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

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование, чтобы выявить потребителей результатов исследования.

В работе представлен способ функционализации углеродных нанотрубок для модификации электродной поверхности. Потенциальными потребителями

результатов разработанной методики могут являться химические, медицинские, а также текстильные производства (таблица 4) .

Наряду с существующими методиками определения фармацевтических субстанций и различных красителей постоянно появляются новые, с улучшенными аналитическими характеристиками. Одним из наиболее доступных и экспрессных методов является метод вольтамперометрии, позволяющий определять содержание веществ на уровне 10^{-7} - 10^{-9} М. Однако некоторые вещества имеют небольшую электрохимическую активность, поэтому их определение может быть затруднительным. Благодаря модификатору электрод становится более чувствительным, что позволяет количественно определять вещества в субстанциях и растворах.

Таблица 4 – Карта сегментирования рынка покупателей

Критерий	ЗАО «Хиноин»	АО «ПФК Обновление»	ОАО «Синтез»
Метод ВЭЖХ			
Метод ТСХ			
Метод титрования			
Методы электрохимии			

При выборе метода контроля качества предприятия учитывают стоимость проведения анализа, стоимость оборудования, а также чувствительность и экспрессность метода. Оборудование для метода ВЭЖХ является достаточно дорогостоящим, поэтому производители предпочитают более экономически эффективные методы. Следовательно, разработанная методика будет актуальна на отечественном рынке, если будет снижена стоимость производства.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

На рынке существует множество разработок, конкурирующих между собой, поэтому периодически необходимо проводить их детальный анализ. Благодаря этому можно внести изменения в научное исследование, что позволит ему стать более перспективным и экономически выгодным.

С помощью анализа конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения оценить сравнительную эффективность научной разработки и определить возможность ее повышения. В таблице 5 приведена оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений.

где:

– Б_ф – использование углеродсодержащего электрода, модифицированного углеродными нанотрубками для определения субстанций (предложенная методика);

– Б_{к1} – использование хроматографических методов (конкурент № 1);

– Б_{к2} – использование спектрофотометрического метода (конкурент № 2);

– К_ф, К_{к1}, К_{к2} – конкурентоспособность соответствующих продуктов

Таблица 5 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Чувствительность	0,2	5	5	3	1	1	0,6
2. Экспрессность	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4

Продолжение таблицы 5

3.Простота аппаратного оформления	0,1	5	2	4	0,5	0,2	0,4
4. Безопасность	0,2	4	4	5	0,8	0,8	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
5. Срок эксплуатации	0,2	4	3	4	0,8	0,6	0,8
6.Стоимость оборудования	0,2	4	3	3	0,8	0,6	0,6
Итого:	1	26	21	23	4,3	3,6	3,2

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i$$

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

Таким образом, проведя анализ конкурентных решений и сведя результаты в таблицу 10, можно утверждать, что научная разработка, описываемая в данной работе, является конкурентоспособной, актуальной и перспективной.

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой метод стратегического планирования, заключающийся в выявлении факторов внутренней и внешней среды организации.

Первым этапом является описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Результаты SWOT – анализа приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны проекта: С1. Простота эксплуатации оборудования; С2. Минимальное количество отходов эксперимента; С3. Доступность исходных реагентов и сырья.</p>	<p>Слабые стороны проекта: Сл1. Работа с концентрированными кислотами; Сл2. Долгое время подготовки модификатора. Сл3. Погрешности и ошибки вольтамперометрического анализатора TA-Lab;</p>
<p>Возможности: В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт; В2. Использование разработки в промышленных масштабах; В3. Перспективы внедрения вольтамперометрии в качестве метода анализа в медицине.</p>		
<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на продукт. У2. Конкуренция имеющихся технологий производства</p>		

Вторым этапом является построение интерактивной матрицы проекта на основании таблицы SWOT. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие). Пример интерактивной матрицы проекта представлен в таблицах 7 и 8.

Таблица 7 – Интерактивная матрица возможностей проекта

Возможности	Сильные стороны			Слабые стороны		
	С1	С2	С3	Сл1	Сл2	Сл3
В1	+	+	+	–	–	–
В2	+	+	+	–	–	0
В3	+	+	+	+	+	0

Таблица 8 – Интерактивная матрица угроз проекта

Угрозы	Сильные стороны			Слабые стороны		
	С1	С2	С3	Сл1	Сл2	Сл3
У1	–	–	+	+	+	0
У2	–	–	–	+	+	0

Из интерактивной матрицы следует, что необходимо уделить особое внимание сильным сторонам проекта и максимально развивать их, так как они соответствуют сразу всем возможностям данного проекта. Что касается слабых сторон проекта, то необходимо приложить усилия для увеличения функциональности системы и повышения её универсальности по причине того, что эти слабости соответствуют большему числу угроз.

В рамках третьего этапа составлена итоговая матрица SWOT-анализа и представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны проекта:	Слабые стороны проекта:
	<p>С1. Простота эксплуатации оборудования;</p> <p>С2. Минимальное количество отходов эксперимента;</p> <p>С3. Доступность исходных реагентов и сырья.</p>	<p>Сл1. Работа с концентрированными кислотами;</p> <p>Сл2. Долгое время подготовки модификатора.</p> <p>Сл3. Погрешности и ошибки вольтамперометрического анализатора TA-Lab;</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт;</p> <p>В2. Использование разработки в промышленных масштабах;</p> <p>В3. Перспективы внедрения вольтамперометрии в качестве метода анализа в медицине.</p>	<p>В связи с большой актуальностью выбранной темы, наблюдается заинтересованность в практическом применении проекта в промышленности.</p> <p>Т.к. разработка имеет уникальные свойства (простота и удобство эксплуатации, доступность исходных реагентов и сырья и пр.), существуют огромные шансы выхода проекта на российский рынок.</p>	<p>Из-за работы с вредными химическими реактивами и долговременной подготовки модификатора могут возникнуть проблемы с перспективами дальнейшего развития проекта.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на продукт.</p> <p>У2. Конкуренция имеющихся технологий производства</p>	<p>Следует усиленно продвигать разработку с целью создания спроса.</p>	<p>Следует выработать маркетинговую стратегию в области продвижения разработки на рынок.</p>

Анализируя итоговую матрицу, можно сделать вывод о том, что для создания спроса и конкурентоспособности разработки необходимо заниматься усиленным продвижением продукта на рынок посредством мощной

маркетинговой стратегии, а также имеет место разработка новых модификаций и использование принципиально новых технологий.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой входят: бакалавр, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы.

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- 1) определение структуры работ в рамках исследования;
- 2) определение участников каждой работы;
- 3) установление продолжительности работ;
- 4) построение графика проведения научно – экспериментальных работ.

Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Разработка технического задания (ТЗ)	1	Составление и утверждение технического задания (ТЗ)	Научный руководитель, консультант ЭЧ, СО, бакалавр
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследования	Научный руководитель, бакалавр
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр
	4	Литературный обзор	Бакалавр

Продолжение таблицы 10

	5	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Подготовка необходимого оборудования и образцов для исследования	Научный руководитель, бакалавр
	7	Проведение экспериментов и получение результатов	Бакалавр
	8	Проведение расчетов и их обоснование на основании экспериментальных данных	Научный руководитель, бакалавр
	9	Сопоставление полученных результатов с теоретическими исследованиями	Научный руководитель, бакалавр
	9	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, бакалавр
Обобщение и оценка результатов	10	Определение целесообразности проведения ВКР	Научный руководитель, Бакалавр
Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирование	11	Обработка графических данных	Бакалавр
	12	Оценка ресурсоэффективности проекта	Бакалавр, консультант по ЭЧ
	13	Разработка социальной ответственности по теме	Бакалавр, консультант СО
Оформление комплекта документации по ВКР	14	Составление пояснительной записки	Бакалавр
Сдача выпускной квалификационной работы	15	Подготовка к защите ВКР	Бакалавр

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Одной из частей суммарной стоимости разработки являются трудовые затраты, для ее подсчета необходимо для каждого участника научного

исследования определить трудоемкость работ.

Трудоемкость выполнения проекта измеряется в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожi}$ используется следующая формула:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{мини} + 2t_{макси}}{5}, \quad (1)$$

где $t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы в человеко-днях;

$t_{мини}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), человеко-дней;

$t_{макси}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), человеко-дней.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями по формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочих дней;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дней;

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

Результаты расчётов представлены в таблице 16.

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта представляет собой горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого этапа работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3)$$

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.

В свою очередь коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4)$$

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.

Количество календарных дней для 2021/2022 учебного года составит 365. Количество выходных и праздничных дней примем 52 и 14 соответственно.

Тогда коэффициент календарности составит:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22.$$

В таблице 11 представлены временные показатели проведения научного исследования. Календарный план-график разработки способа функционализации УНТ представлен в таблице 12.

Таблица 11 – Временные показатели проведения научного исследования, где НР – научный руководитель; Б – бакалавр; КЭЧ – консультант по экономической части; КСО – консультант по социальной ответственности.

№	Название работ	Трудоемкость работ			Исполнитель	T_{pi} , раб. дни	T_{ki} , кал. дни
		t_{min} , чел- дни	t_{max} , чел- дни	$t_{ож}$, чел- дни			
1	Составление и утверждение технического задания (ТЗ)	1	2	1,4	НР	1,4	2
		1	2	1,4	Б	1,4	2
		1	2	1,4	КЭЧ	1,4	2
		1	2	1,4	КСО	1,4	2
2	Выбор направления исследования	3	5	3,8	НР	3,8	5
		5	7	5,8	Б	5,8	8
3	Подбор и изучение материалов по теме	3	7	4,6	Б	4,6	6
4	Литературный обзор	7	14	9,8	Б	9,8	12
5	Календарное планирование работ по теме	1	3	1,8	НР	1,8	3
		1	3	1,8	Б	1,8	3
6	Подготовка необходимого оборудования и образцов для исследования	7	10	8,2	НР	8,2	10
		7	10	8,2	Б	8,2	10
7	Проведение экспериментов и получение результатов	3	7	4,6	Б	4,6	6

Продолжение таблицы 11

8	Проведение расчетов и их обоснование на основании экспериментальных данных	2	3	2,4	НР	2,4	3
		2	7	4	Б	4	5
9	Сопоставление полученных результатов с теоретическими исследованиями	2	4	2,8	НР	2,8	4
		4	7	5,2	Б	5,2	7
10	Определение целесообразности проведения ВКР	3	5	3,8	НР	3,8	5
		3	5	3,8	Б	3,8	5
11	Обработка графических данных	5	10	7	Б	7	9
12	Оценка ресурсоэффективности проекта	5	10	7	КЭЧ	7	9
		5	10	7	Б	7	9
13	Разработка социальной ответственности по теме	3	7	4,6	Б	4,6	6
14	Составление пояснительной записки	15	25	19	Б	19	23
15	Подготовка к защите ВКР	3	5	3,8	Б	3,8	5
Итого						125	161
		Научный руководитель				24,2	32
		Бакалавр				93,6	102

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что продолжительность работ занимает 15 декад, начиная с первой декады февраля, заканчивая первой декадой июня. Продолжительность выполнения технического проекта составит 147 календарных дней.

Таблица 12 – Календарный план-график проведения научного исследования

Вид работы	Исполнители	T _к , кал. Дн	Продолжительность выполнения работ											
			февраль		март			апрель			май			
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Разработка технического задания (ТЗ)	Научный руководитель	1												
	Консультант ЭЧ	1												
	Консультант СО	1												
	Бакалавр	1												
Выбор направления исследования	Научный руководитель,	3												
	бакалавр	4												
Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр	3												
Литературный обзор	Бакалавр	12												

Продолжение таблицы 12

Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель	2											
	Бакалавр	2											
Подготовка необходимого оборудования и образцов для исследования	Научный руководитель	11											
	Бакалавр	11											
Проведение экспериментов и получение результатов	Бакалавр	6											
Проведение расчетов и их обоснование на основании экспериментальных данных	Научный руководитель	2											
	Бакалавр	3											
Сопоставление полученных результатов с теоретическими исследованиями	Научный руководитель	2											

Условные обозначения в таблице:

Научный руководитель	Бакалавр	Консультант по ЭЧ	Консультант по СО

4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

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

4.3.1 Расчет материальных затрат исследования

Данный раздел включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта, т.е. затраты на сырье и материалы, комплектующие изделия, используемые в качестве объектов исследования, а также для эксплуатации и технического обслуживания используемого оборудования.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25 % от

стоимости материалов. Материальные затраты на мерную посуду, материалы и реактивы для данного исследования представлены в таблице 13.

Расчёт материальных затрат осуществляется по формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (5)$$

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 13 – Материальные затраты исследования

Наименование	Ед.изм.	Количество	Цена за ед., руб.	Сумма, руб.
Мерные колбы лабораторные стеклянные объёмом:	шт			
– 50 см ³		2	180	360
– 500 см ³		2	400	800
Стаканы лабораторные стеклянные объёмом:	шт			
– 50 см ³		3	40	120
– 100 см ³		2	50	100
Воронка лабораторная стеклянная с диаметрами:	шт			
– 100 мм		2	180	360

Продолжение таблицы 13

Фильтры «Синяя лента»	уп	1	30	30
Пробирки химические	шт	12	20	240
Калий хлористый	кг	0,1	1490	149
Серная кислота	кг	0,1	500	50
Азотная кислота	кг	0,1	3700	370
Многостенные углеродные нанотрубки	кг	0,005	436300	2182
1,2 – дихлорэтан	кг	0,1	1200	120
Колба Бунзена	шт	1	248	248
Воронка Бюхнера	шт	1	260	260
Транспортные расходы (5%)				507
Итого:				5896

4.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научно-технического исследования

Затраты на оборудование для научно-экспериментальных работ представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Затраты на оборудование для научно-экспериментальных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Дозатор Ленпипет 0,5-5 мл	1	7500	7500
2	Дозатор Ленпипет 100-1000 мкл	1	6550	6550
3	Дозатор Ленпипет 10-100 мкл	1	6850	6850

Продолжение таблицы 14

4	Хлоридсеребряный электрод	4	760	3040
5	Углеродсодержащий электрод	2	1188	2376
Итого:				26316

Стоимость оборудования, используемого при выполнении исследования, имеющегося в распоряжении Отделения химической инженерии ТПУ, свыше сорока тысяч рублей, учитывалась в виде амортизационных отчислений. Срок полезного использования оборудования – 2,5 месяца.

Величина амортизации для оборудования рассчитывается по следующей формуле:

$$A = \frac{C_{\text{перв}} \cdot N_a \cdot a}{100 \cdot 12}, \quad (6)$$

где $C_{\text{перв}}$ – первоначальная стоимость, руб.;

N_a – норма амортизации, %;

a – срок работы, месяц.

Норма амортизации определяется по формуле:

$$N_a = \frac{1}{T} \cdot 100\%, \quad (7)$$

где T – срок эксплуатации, год.

Затраты на необходимое для данного исследования оборудование представлены в таблице 15.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (8)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года ($M = 10,4$ месяца, 6-дневная рабочая неделя, при отпуске в 48 рабочих дней);

F_{∂} – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, рабочих дней.

Таблица 15 – Затраты на оборудование с учетом амортизационных отчислений

Наименование оборудования	Кол-во единиц, шт.	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.	Срок эксплуатации, лет	Амортизация годовая, руб.	Амортизация, руб
Весы аналитические ACCULAB ALC 210 (класс точности 0,0001г, Россия)	1	51600	51600	7	7371	1657
ИК-Фурье спектрометр Aligent Cary 660 (Германия)	1	650000	650000	10	65000	10833
УЗ-ванна ПСБ-8035-05 (ПСБ-Галс, Россия)	1	41800	41800	5	8360	1881
Дистиллятор для приготовления воды очищенной (Россия, ЧЗБТ)	1	92500	92500	10	9250	2079
Итого			835900		89981	16450

Расчетные значения затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ и их амортизации составило 26316 и 16450 рублей соответственно.

4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением данного исследования, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (8)$$

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

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}}$).

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}}, \quad (9)$$

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

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, рабочих дней (таблица 20).

В таблице 16 приведен баланс рабочего времени каждого работника, принимающего участие в рамках данной ВКР.

Таблица 16 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Бакалавр	Консультант по ЭЧ	Консультант СО
Календарное число дней	365			
Количество нерабочих дней: – Выходные дни – Праздничные дни	64	64	64	64

Продолжение таблицы 16

Потери рабочего времени:				
– Отпуск	56	28	56	56
– Невыходы по болезни				
Действительный годовой фонд рабочего времени	245	273	245	245

Месячный оклад работника определяется по формуле:

$$Z_M = Z_{TC} \cdot (1 + k_{пр}) \cdot k_p, \quad (11)$$

где Z_{TC} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_{TC});

k_p – районный коэффициент (для Томска $k_p = 1,3$).

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Z_{TC} , руб	$k_{пр}$	k_p	Z_M , руб	$Z_{дн}$, руб	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб
Научный руководитель	41200	0,3	1,3	69628,0	2955,64	24,2	71526,49
Бакалавр	19200	0,3	1,3	32448,0	1236,11	93,6	115699,90
Консультант по ЭЧ	37700	0,3	1,3	63713,0	2704,55	8,4	22718,22
Консультант СО	29300	0,3	1,3	49517,0	2101,95	6	12611,70
Итого							222556,31

Таким образом, полная заработная плата научного руководителя, бакалавра и консультантов по ЭЧ и СО составила 82255,46, 133054,89, 26125,95 и 14503,46 рублей соответственно.

4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot k_{\text{доп}}, \quad (12)$$

Где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Общая заработная плата исполнителей работы с учётом дополнительной заработной платы в 15 % представлена в таблице 18.

Таблица 18 – Полная заработная плата исполнителей

Исполнитель	Коэффициент доплаты	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Полная заработная плата, руб.
Научный руководитель	0,15	71526,49	10728,97	82255,46
Бакалавр	0,15	115699,90	17354,99	133054,89
Консультант по ЭЧ	0,15	22718,22	3407,73	26125,95
Консультант СО	0,15	12611,70	1891,76	14503,46
Итого		222556,31	33383,45	255939,76

Таким образом, полная заработная плата научного руководителя, бакалавра и консультантов по ЭЧ и СО составила 82255,46, 133054,89, 26125,95 и 14503,46 рублей соответственно.

4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды отражают обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина этих отчислений определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{доп}} + Z_{\text{осн}}), \quad (13)$$

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

Общий совокупный тариф отчислений составляет 30 %.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Научный руководитель	71526,49	10728,97
Бакалавр	115699,90	17354,99
Консультант по ЭЧ	22718,22	3407,73
Консультант СО	12611,70	1891,76
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,30	
Итого:		
Научный руководитель	24676,64	
Бакалавр	39916,47	
Консультант по ЭЧ	7837,79	
Консультант по СО	4351,04	

4.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование графических материалов, оплата услуг связи, электроэнергии, транспортные расходы и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (14)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов $k_{\text{нр}}$ допускается взять в размере 16 % от общей суммы затрат.

4.3.7 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования

Основу для формирования бюджета затрат проекта составляет рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы. При заключении договора с заказчиком сформированный бюджет защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на ВКР по теме: «Разработка способа функционализации углеродных нанотрубок с целью их применения в электроаналитической химии» представлено в таблице 20.

Таблица 20 – Расчет бюджета затрат научно-технического исследования

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты	5896	Таблица 17
2. Затраты на оборудование для научно - экспериментальных работ	263316	Таблица 18
3. Амортизация оборудования	16450	Таблица 19

Продолжение таблицы 20

4. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	222556,31	Таблица 21
5. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	33383,45	Таблица 22
6. Отчисления во внебюджетные фонды	76781,94	Таблица 23
Итого основные расходы	618383,70	
7. Накладные расходы	232274,67	16 % от суммы ст.1-6
8. Бюджет затрат исследования	850658,37	Сумма ст. 1- 7

Таким образом, бюджет научно-технического исследования составил 850658,37 рублей.

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (15)$$

Где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Результаты расчета приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет интегрального финансового показателя

№ исп.	Стоимость исполнения	Максимальная стоимость исполнения	Интегральный финансовый показатель
1	1683991,37	1701142,86	0,989
2	1672853,24		0,983
3	1701142,86		1,000

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i b_i, \quad (16)$$

Где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 22.

Таблица 22 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения научно-технического проекта

Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Критерии				
1. Безопасность	0,20	5	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	3	3
3. Простота аппаратного оформления	0,15	4	4	3
4. Энергосбережение	0,20	5	4	4
5. Надежность	0,20	5	4	4
6. Материалоемкость	0,10	5	4	4
ИТОГО	1	4,45	3,85	3,50

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,20 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,10 = 4,45;$$

$$I_{p-исп2} = 5 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,20 + 4 \cdot 0,10 = 3,85;$$

$$I_{p-исп3} = 4 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,20 + 4 \cdot 0,10 = 3,50;$$

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

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр.i}} \quad (17)$$

$$I_{тек.пр} = \frac{4,45}{0,989} = 4,49$$

$$I_{исп.1} = \frac{3,85}{0,983} = 3,92$$

$$I_{исп.2} = \frac{3,5}{1} = 3,5$$

Сравнение интегрального показателя эффективности, вариантов исполнения разработки позволяет определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта вычисляется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп1}}}{I_{\text{исп2}}}. \quad (18)$$

Результаты расчета приведены в таблице 23.

Таблица 23 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1 Текущий проект	Исп.2 Хроматографические методы	Исп.3 Спектрофотометрические методы
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,989	0,983	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,45	3,85	3,50
3	Интегральный показатель эффективности	4,49	3,92	3,5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,28	1,12	1

Проанализировав эффективности каждого исполнения, можно сделать вывод, что ресурсосбережение и ресурсоэффективность данного исполнения является наиболее эффективным, имея интегральные показатели ресурсоэффективности и эффективности, равными 4,45 и 4,49 соответственно. Поскольку интегральный финансовый показатель 2 исполнения наименьший, можно считать, что оно более экономически выгодное, однако отличие от 1 исполнения небольшое. Следовательно, можно сделать вывод, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является текущий проект.

Вывод по разделу:

В ходе проведения данной работы был разработан конкурентоспособный научно-исследовательский проект, отвечающий современным требованиям в области ресурсоэффективности, ресурсосбережения и финансового менеджмента.

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Научно-исследовательская работа направлена на разработку способа функционализации углеродных нанотрубок с целью их применения в электроанализе.

В качестве объекта исследования выбраны многостенные углеродные нанотрубки «Aldrich». УНТ – это аллотропные модификации углерода, которые представляют собой полую цилиндрическую структуру, состоящие из одной или нескольких свернутых в трубку графеновых плоскостей.

Проверка получившегося модификатора для углеродных электродов проводилась на вольтамперометрическом анализаторе TA-Lab, подключенном к персональному компьютеру.

Данная установка не требует большого количества обслуживающего персонала из-за малого числа регулируемых параметров. Однако регулирование этих параметров предполагает непосредственное нахождение около основной установки, также необходимо соблюдать требования безопасности и применять обязательные меры предосторожности и защиты.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правовую и организационную основу обеспечения безопасности жизнедеятельности составляют Конституция Российской Федерации, общепризнанные принципы и нормы международного права, международные договоры Российской Федерации, федеральные конституционные законы, другие федеральные законы и иные нормативные правовые акты Российской Федерации, законы и иные нормативные правовые акты субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, принятые в пределах их компетенции в области безопасности. Персонал, работающий в химико-аналитической лаборатории, относится к 4 классу. При выполнении работы с

источником электромагнитного излучения при наличии химических веществ с различным типом взаимодействия предполагается специальная оценка условий труда. Специальная оценка условий труда является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации вредных и (или) опасных факторов производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника с учетом отклонения их фактических значений от установленных уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти нормативов (гигиенических нормативов) условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников.

5.2 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Согласно трудовому кодексу РФ [36] и федеральному закону РФ «О специальной оценке условий труда» работникам класса 4 статья 14 предусматриваются [37]:

1. Сокращенная продолжительность рабочего времени устанавливается [ТК РФ Статья 92]: для работников, условия труда на рабочих местах которых по результатам специальной оценки условий труда отнесены к вредным условиям труда 3 или 4 степени или опасным условиям труда, - не более 36 часов в неделю;

2. Обеспечение работников средствами индивидуальной защиты, а также их хранение, стирку, сушку, ремонт и замену. Также оснащения рабочих мест средствами коллективной защиты [ТК РФ Статья 221];

3. Установления работникам предусмотренных ТК РФ гарантий и компенсаций [ТК РФ Статьи 182 – 188];

4. Ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда [ТК РФ Статья 117];

5. Ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск предоставляется работникам, условия труда на рабочих местах которых по результатам специальной оценки условий труда отнесены к вредным условиям труда 2, 3 или 4 степени либо опасным условиям труда. Продолжительность ежегодного дополнительного оплачиваемого отпуска конкретного работника устанавливается трудовым договором на основании отраслевого (межотраслевого) соглашения и коллективного договора с учетом результатов специальной оценки условий труда.

6. Предварительные и периодические медицинские осмотры [ТК РФ 213]: Работники, занятые на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, связанных с движением транспорта, проходят обязательные предварительные (при поступлении на работу) и периодические (для лиц в возрасте до 21 года – ежегодные) медицинские осмотры для определения пригодности этих работников для выполнения поручаемой работы и предупреждения профессиональных заболеваний.

7. Работники имеют право на подготовку и дополнительное профессиональное образование [ТК РФ 197].

5.3 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Основное рабочее место – компьютерный стол, на котором размещен вольтамперометрический анализатор с УФ-облучением проб ТАЛаб, работающий в комплексе с персональным компьютером.

Рабочее место в аудитории 2 корпуса ТПУ должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78 [38]. При выполнении работ «сидя» рабочий стол может быть любой конструкции, отвечающий современным требованиям эргономики и позволяющий удобно разместить на рабочей поверхности оборудование с учетом его количества, размеров и характера выполняемой работы.

Рабочее место сотрудника аудитории 223 2 корпуса ТПУ соответствует требованиям [38].

5.4 Производственная безопасность

Разрабатываемая методика получения модификатора подразумевает использование вольтамперметрического анализатора, химических веществ и компьютера. Следовательно, с точки зрения социальной ответственности необходимо рассмотреть вредные и опасные факторы, которые могут возникать при разработке данной методики, а также требования по организации рабочего места.

5.5 Анализ потенциально возможных и опасных факторов

Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [39]. Перечень вредных и опасных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в таблице 24.

Таблица 24 – Вредные и опасные факторы при выполнении работ по разработке

Источник фактора, наименование вида работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1. Работа с ультразвуковой ванной 2. Работа с ультразвуковой ванной	1. Зрительное напряжение; 2. Зрительное напряжение;	1. Химические вещества; 2. Поражение электрическим током	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы [40] СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [41]

Продолжение таблицы 24

<p>3. Работа центрифугой 4. Работа химическими веществами 5. Работа с ТА-Lab</p>	<p>с с</p> <p>3. Статические перегрузки 4. Неудовлетворительный микроклимат; 5. Повышенный уровень напряженности электростатического и электромагнитных полей.</p>		<p>СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [42] ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. [43] ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности [44] ГОСТ 12.1.038-82. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [45]</p>
--	--	--	--

5.6 Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов

При разработке способа функционализации нанотрубок в аудитории 223 2 корпуса ТПУ основным источником вредных и опасных производственных факторов (ОВПФ) является рабочее место работающего, в котором располагаются компьютер, оборудование, а также химические реактивы.

Микроклимат в аналитической лаборатории

К основным показателям микроклимата воздуха в лаборатории, можно отнести:

- температуру воздуха и поверхностей;

- относительную влажность воздуха;
- скорость движения воздуха.

Оптимальные показатели параметров микроклимата, приведенные в таблице 25, контролируются согласно соответствующему нормативному документу [46].

Таблица 25 – Оптимальные показатели параметров микроклимата в аналитической лаборатории

Период года	Катег. работ по уровню энергозатрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относ. влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Іб	21-23	20-24	40-60	0,1
Теплый	Іб	22-24	21-25	40-60	0,1

С помощью системы вентиляции поддерживаются требуемые параметры микроклимата. Подается чистый воздух и удаляется загрязненный воздух из рабочей зоны. Локальная система подразумевает местную вентиляцию, в роли которой выступает вытяжной шкаф и отопительная система.

Статические перегрузки

Статические перегрузки вызываются длительным пребыванием человека в вынужденном положении тела во время работы или длительным напряжением отдельных групп мышц.

Примером таких перегрузок может являться работа с наклоненной головой или туловищем, на корточках, с упором на локоть, удержание изделия на весу и так далее.

В связи с этим, рабочее место должно обеспечивать выполнение трудовых операций в пределах легкой и оптимальной зоны досягаемости моторного поля в вертикальной и горизонтальной плоскостях. При проектировании рабочей зоны необходимо учитывать антропометрические показатели как мужчин, так и женщин [47, 48].

Повышенный уровень шума в аналитической лаборатории

Длительные звуковые колебания отрицательно влияют на здоровье человека, снижают остроту слуха и зрения, утомляет ЦНС, вследствие чего увеличивается число ошибок в рабочем процессе и снижается производительность труда.

Уровень шума регламентируется в ГОСТ 12.1.003 – 83, контроль данного параметра производится на производстве не реже двух раз в год [49].

Для снижения уровня звуковых колебаний проводят следующие основные мероприятия [49]:

- рациональная планировка оборудования;
- использование шумобезопасной техники;
- уменьшение уровня шума источника;
- использование систем звукоизоляции и звукопоглощения.

Также для снижения данного воздействия необходимо постоянное медицинское наблюдение сотрудников, правильная организация труда и отдыха.

Освещенность рабочей зоны

Для зрительной работы без перенапряжения глаз должна быть организована система освещения. В аналитической лаборатории для проведения работ необходимо естественное и искусственное освещение.

Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения указаны в таблице 26.

Таблица 26 – Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения [50]

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Г – горизонтальная, В – вертикальная) и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение	
		КЕО e_n , %		КЕО e_n , %	
		При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении
Аналитические лаборатории	Г – 0,8	4,0	1,5	2,4	0,9
	Искусственное освещение				
	Освещенность, лк				
	При комбинированном освещении		При общем освещении	Показатель дискомфорта, UGR, не более	Коэффициент пульсации освещенности, K_p , %, не более
	Всего	От общего			
	600	400	500	21	10

Плохое и неравномерное освещение приводит к снижению зрительных функций, повышается уровень утомляемости, снижается работоспособность.

Для обеспечения нормируемых значений освещенности в рабочих помещениях имеются остекленные оконные проемы, люминесцентные лампы дневного освещения.

Согласно [50] освещенность в аудитории 223 2 корпуса ТПУ соответствует допустимым нормам.

Работа с химическими веществами

При разработке способа функционализации используются химические реактивы. Так при активации электродов использовалась концентрированная азотная и серная кислоты. Для нанесения модификатора на электрод использовался 1,2-дихлортан.

Пары 1,2-дихлортана оказывают токсическое действие на организм человека. При попадании на кожу кислоты могут возникнуть химические ожоги. При работе с химическими реагентами необходимо работать под

вытяжным шкафом, использовать защитную одежду (халат), средства защиты рук (перчатки), а также средства защиты глаз, лица и органов дыхания.

Согласно [51] используемые вещества можно отнести к высокоопасным веществам. В таблице 27 представлены характеристики данных веществ.

Таблица 27 – Характеристика используемых химических веществ [52-54]

Наименование	Описание	Класс опасности	Величина ПДК (мг/м ³)	Действие на организм человека
1,2-дихлорэтан	Бесцветная прозрачная жидкость со «сладковатым» запахом	2	1	Негативно влияет на работу ЦНС, печени, почек и сердечной мышцы.
Азотная кислота	Бесцветная, прозрачная, жидкость, «дымящаяся» на воздухе	3	0,4	При попадании на кожу вызывает сильные ожоги. Пары раздражают слизистые оболочки и дыхательные пути.
Серная кислота	Тяжёлая маслянистая жидкость без цвета и запаха, с сильноокислым «медным» вкусом	2	1	Поражает дыхательные пути, слизистые оболочки и кожу, пары вызывают раздражение и ожог слизистых.

В процессе выполнения работ возможно уменьшить риск для организма человека при проведении следующих мероприятий [52]:

- использование средств индивидуальной защиты (лабораторный халат, перчатки, защитные очки);
- система вентиляции (вытяжные шкафы, в который проводят работу с химическими реактивами);

- герметичные тары для хранения опасных химических реактивов;
- герметичное оборудование для проведения работ;
- соблюдение работниками техники безопасности и инструкций по работе с реактивами.

Электробезопасность

Для предотвращения поражения электрическим током, где размещаются рабочее место с ЭВМ в аудитории 223 2 корпуса ТПУ, оборудование оснащено защитным заземлением, занулением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации [54]. По опасности поражения электрическим током помещение 223 2 корпуса ТПУ относится к первому классу – помещения без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с температурой 18-20°, с влажностью 40-50%) [56].

Основные непосредственные причины электротравматизма:

- прикосновение к токоведущим частям электроустановки, находящейся под напряжением;
- прикосновение к металлическим конструкциям электроустановок, находящимся под напряжением;
- ошибочное включение электроустановки или несогласованных действий обслуживающего персонала;
- поражение шаговым напряжением и др.

Основные технические средства защиты, согласно ПУЭ [57]:

- защитное заземление;
- автоматическое отключение питания;
- уравнивание потенциалов;
- двойная или усиленная изоляция;
- сверхнизкое (малое) напряжение;
- защитное электрическое разделение цепей;
- изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки.

При поражении человека электрическим током возможны ожоги, разрыв и нагрев тканей и так далее. Поэтому необходимо строгое соблюдение всех правил по технике безопасности при работе с электроустановками. Для предотвращения поражения человека электрическим током в аудитории 223, 2 корпуса ТПУ, проведены следующие мероприятия [57]:

- соблюдены соответствующие расстояния до токоведущих частей;
- ограждены токоведущие части;
- при проведении работ все сотрудники лаборатории используют средства индивидуальной защиты;
- размещены специальные предупреждающие надписи и сигнализации;
- при каждом проведении работ проводится проверка целостности оборудования;
- применяются специальные устройства для снижения напряженности электромагнитных полей до допустимых значений.

Пожаровзрывоопасность

Аналитическая лаборатория 2 корпуса 223 аудитории, согласно [58], для проведения физико-химических исследований относится к пожароопасным помещениям группы А, так как в ней расположены электрооборудование, легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, трудногорючие материалы и вещества.

Основные источники возникновения пожара:

- неисправность нагревательных приборов (электроприборов, газовых горелок и т.п.);
- неисправность газопроводов и электрических проводов;
- несоблюдение правил эксплуатации электроустановок и электросети;
- нарушение режимов работы термонагревающего оборудования;
- возгорание воспламеняющихся жидкостей;

– неосторожное нагревание веществ, пары которых могут воспламеняться;

– несоблюдение мер техники безопасности.

Пожарная профилактика – обучение пожарной технике безопасности и комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров.

Для предупреждения пожаров необходимо проводить следующий комплекс мероприятий [58]:

– проведение осмотра оборудования и электрических цепей;

– осторожное и бережное обращение с оборудованием;

– наличие первичных средств пожаротушения;

– при работе с нагревательными приборами исключить вблизи них наличие легковоспламеняющихся и горючих веществ.

Аудитория 223, 2 корпуса ТПУ оснащена первичными средствами пожаротушения: огнетушителями ОУ-3 1шт., ОП-3, 1шт. (предназначеными для тушения любых материалов, предметов и веществ. Применяется для тушения ПК и оргтехники, класс пожаров А, Е.).

Таблица 28 – Типы используемых огнетушителей при пожаре

Напряжение, кВ	Тип огнетушителя (марка)
До 1,0	Порошковый (серии ОП)
До 10,0	Углекислотный (серии ОУ)

Согласно НПБ 105-03 помещение, предназначенное для проектирования и использования результатов проекта, относится к типу А (взрывопожароопасная).

Таблица 29 – Категория помещения по пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся в помещении)
А (взрывопожароопасная)	<p>Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.</p> <p>Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа.</p>

5.7 Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Выявляются предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации предлагаемых в работе решений.

5.7.1 Анализ влияния объекта на атмосферу

Вредное воздействие могут оказывать выбросы вредных веществ при выполнении работ через вентиляционную систему. С целью охраны воздушного бассейна все работы должны проводиться в вытяжном шкафу при включенной вентиляции и обеспечении герметичности тары и установки.

Используемые для эксперимента кислоты в процессе работы разбавляются до концентрации, не опасной для окружающей среды и нейтрализуются перед утилизацией.

5.7.2 Анализ влияния процесса исследования на гидросферу

В исследовании используются растворы кислоты и соли. Для предотвращения негативных воздействий проводится организация отдельного сбора и хранения неорганических и органических отходов, обезвреживание кислых стоков согласно утвержденным инструкциям, регенерация растворителей.

5.7.3 Анализ влияния процесса исследования на литосферу

В лаборатории существуют твердые отходы в виде бытового мусора, который выбрасывается в урну. Твердые отходы подлежат обезвреживанию методом стерилизации и выбрасываются в мусорный контейнер.

5.8 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В данном подразделе выявлены ЧС, которые могут возникнуть при разработке проектируемого в ВКР решения, отображены правила поведения в таких ЧС, а также спланированы мероприятия по защите персонала.

5.9 Анализ вероятных ЧС, при проведении исследований, и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

С учетом специфики работы и наличием вычислительной техники наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара в аудитории 223 2 корпуса ТПУ. Пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Основные источники возникновения пожара:

- токи короткого замыкания;
- небрежность работника при работе с оборудованием;

- неисправность устройства компьютера или электросетей;
- возпламенение ПК из-за перегрузки.

Под пожарной профилактикой понимается обучение пожарной технике безопасности и комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров.

Пожарная безопасность обеспечивается комплексом мероприятий [59]:

- организация пожарной охраны;
- паспортизация веществ, материалов, изделий, технологических процессов, зданий и сооружений объектов в части обеспечения пожарной безопасности;
- разработка и реализация норм и правил пожарной безопасности, инструкций о порядке обращения с пожароопасными веществами и материалами, о соблюдении противопожарного режима и действиях людей при возникновении пожара;
- порядок хранения веществ и материалов, тушение которых недопустимо одними и теми же средствами, в зависимости от их физико-химических и пожароопасных свойств;
- основные виды, количество, размещение и обслуживание пожарной техники по ГОСТ 12.4.009.

Согласно ФЗ-123, НПБ 104-03 «Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях» [60] для оповещения о возникновении пожара в каждом помещении могут использоваться следующие способы:

- подача звуковых и (или) световых сигналов во все помещения здания с постоянным или временным пребыванием людей;
- трансляция текстов о необходимости эвакуации, путях эвакуации, направлении движения и других действиях, направленных на обеспечение безопасности людей;
- трансляция специально разработанных текстов, направленных на предотвращение паники и других явлений, усложняющих эвакуацию;

- размещение эвакуационных знаков безопасности на путях эвакуации;
- включение эвакуационных знаков безопасности;
- связь пожарного поста-диспетчерской с зонами пожарного оповещения.

Аудитория 223 2 корпуса ТПУ оснащена первичными средствами пожаротушения (Таблица 30): огнетушителями ОУ-3 1шт., ОП-3, 1шт. (предназначены для тушения любых материалов, предметов и веществ, применяется для тушения ПК и оргтехники, класс пожаров А, Е.).

Таблица 30 – Типы используемых огнетушителей при пожаре в электроустановках

Напряжение, кВ	Тип огнетушителя (марка)
До 1,0	порошковый (серии ОП)
До 10,0	углекислотный (серии ОУ)

Согласно НПБ 105-03 [61] помещение, предназначенное для проектирования и использования результатов проекта, относится к типу П-2а (Таблица 31).

Таблица 31 – Категории помещений по пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
П-2а	Зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества в количестве, при котором удельная пожарная нагрузка составляет не менее 1 мегаджоуля на квадратный метр.

В корпусе 2 ТПУ имеется пожарная автоматика, сигнализация. В случае возникновения загорания любой увидевший должен незамедлительно заявить об инциденте в пожарную службу по телефону 01, или можно сообщить о происшествии по общему номеру 112 и соблюдать покой. По возможности принять меры по эвакуации людей, тушению пожара и сохранности материальных ценностей.

Согласно [59-61] аудитория 223 2 корпуса ТПУ соответствует требованиям.

Вывод по разделу

При проведении СОУТ [62] были замерены уровни соответствующих факторов и установлено, что они не превышают норм, указанных в ГОСТах, СНиПах и других нормативных документах.

В лаборатории условия труда характеризуются возможностью воздействия на сотрудников следующих производственных факторов: выделение вредных веществ, действие микроклимата, параметров технологического оборудования и рабочей зоны.

В данном разделе были рассмотрены вопросы техники безопасности при работе с вредными веществами, а также проанализированы вредные и опасные факторы, влияющие на здоровье человека. Были отмечены источники негативного воздействия, меры коллективной и индивидуальной защиты.

Согласно проведенному анализу, условия на рабочем месте по ОВПФ соответствуют нормам и не превышают допустимых значений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были получены следующие результаты:

1. Подобраны рабочие условия функционализации УНТ. Установлено, что наиболее подходящей является 8-часовая ультразвуковая обработка, т.к. суспензия нанотрубок является более устойчивой.

2. Подтверждено наличие функциональных групп на поверхности УНТ с помощью метода ПЭМ и ИК-спектроскопии.

3. Благодаря использованию УСЭ с обновляемой поверхностью, решена проблема обновляемости стационарных электродов.

4. Проведена модификация и активация электрода.

5. Проведена оценка эффективности УНТ в качестве модификатора электродной поверхности. Определено, что по мере увеличения объема модификатора происходит увеличение электроактивной площади поверхности, приводящей к увеличению интенсивности сигнала. Наиболее подходящий объем модификатора – 5 мкл.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

1. Pavlenko M.A., Leonov K.A., Lipskikh O.I., Bolsunovskaya L.M.. Voltammetric determination of indomethyl.: Химия и химическая технология в XXI веке, 221-222 с., Томск, 2021;
2. Липских М.В., Павленко М.А., Мальцева А.Р. Функционализация углеродных нанотрубок для определения антрахинонового красителя Реактивного синего 4 методом вольтамперометрии.: Всероссийская школа-конференция молодых ученых «Дни науки в ИГХТУ», 251 с., Иваново, 2022;
3. Липских О.И., Короткова Е.И., Петришина И.В., Павленко М. А., Воронова О.А., Дорожко Е.В., Липских М.В. Исследование закономерностей электрохимического окисления красителя Ализарина красного S на модифицированном электроде: Всероссийский симпозиум и школа-конференция молодых ученых «Физико-химические методы в междисциплинарных экологических исследованиях», 187-188 с., Севастополь, 2021.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Золотухин, И.В. Углеродные нанотрубки /И.В. Золотухин // Соросовский образоват. журн. – 1999. – №3. – С.111-115.
2. Раков Э.Г. Нанотрубки и фуллерены / Э.Г. Раков // Учебн. пособие. – М.: Университетская книга, Логос – 2006. – 376 с.
3. Bolshakov, A.P. A novel CW laser-powder method of carbon single-wall nanotubes production / A.P. Bolshakov // Diamond and Related Materials. – 2002. – Vol. 11. – P. 927 – 930.
4. Honjie Dai / Carbon nanotubes: opportunities and challenges // Surface Science journal.// – 2001. – Vol. 500. – P.218-241.
5. Hilding, J. Dispersion of carbon nanotubes in liquids / J. Hilding, et al. // Journal of Dispersion Science and Technology. – 2003. – №24. – P. 1-41.
6. Jia, Z. Production of short multiwalled carbon nanotubes / Z. Jia, Z. Wang, J. Liang, B. Wei, D. Wu. // Carbon. – 1999. – Vol. 37. – P. 903-906.
7. Pierard, N. Production of short carbon nanotubes with open tips by ball milling / N. Pierard, A. Fonseca, Z. Ko 'nya, I. Willems, G. Van Tendelo, J.B. Nagy. // Chem Phys Lett. – 2001. – Vol. 335. – P. 1-8.
8. Аношкин, И.В. Химическое модифицирование и фракционирование тонких многослойных углеродных нанотрубок: автореф. дисс. канд. хим. наук: 02.00.04 / Аношкин Илья Викторович; Москва. – 2008.
9. Ausman, K.D. Roping and wrapping carbon nanotubes / K.D. Ausman, M.J. O'Connell, P. Boul, L.M. Ericson, M.J. Casavant, D.A. Walters, C. Huffman, R. Saini, Y. Wang, E. Haroz, E.W. Billups, and R.E. Smalley // Proc. XVth Int. Winterschool on Electr. Prop. Of Novel Mater. – Euroconf., Kirchberg, Tirol, Austria. – 2000.
10. O'Connell, M.J. Reversible water-solubilization of single-walled carbon nanotubes by polymer wrapping / M.J. O'Connell, P. Boul, L.M. Ericson, C. Huffman, Y. Wang, E. Haroz, C. Kuper, J. Tour, K.D. Ausman, and R.E. Smalley // Chem. Phys. Lett. – 2001. – Vol. 342. – P. 265–271.

11. Ebbesen, T.W. Topological and sp³ defect structures in nanotubes / T.W. Ebbesen, T. Takada // *Carbon*. – 1995. – Vol. 33. – P. 973-978.
12. Louie, S.G. Electronic properties, junctions, and defects of carbon nanotubes / S.G. Louie // *Top. Appl. Phys.* – 2001. – Vol. 80. – P. 113-145.
13. Charlier, J.C. Defects in carbon nanotubes / J.C. Charlier // *Acc. Chem. Res.* – 2002. – Vol. 35. – P. 1063-1069.
14. Hirsch, A. Functionalization of Carbon Nanotubes / A. Hirsch, O. Vostrowsky // *Top Curr Chem.* – 2005. – Vol. 245. – P. 193-237.
15. Stejskal J., Sapurina I., Trchová M. Polyaniline Nanostructures and the Role of Aniline Oligomers in their Formation // *Progress in Polymer Science*. 2010. Vol. 35. – P. 1420 – 1481.
16. Sang, W.K. Surface modifications for the effective dispersion of carbon nanotubes in solvents and polymers / Sang Won Kim, Taehoon Kim, Yern Seung Kim, Hong Soo Choi, Hyeong Jun Lim, Seung Jae Yang, Chong Rae Park // *Carbon*. – 2012. – Vol. 50. – P. 30 – 33.
17. Lin, T. Chemistry of Carbon Nanotubes / T. Lin, V. Bajpai, T. Ji, L. Dai // *Aust. J. Chem.* – 2003. – Vol. 56. – P. 635 – 651.
18. Кирикова, М.Н. Физико-химические свойства функционализированных многостенных углеродных нанотрубок: автореф. дис.... канд. хим. наук: 02.00.04. – Москва, 2009. – 24 с.
19. Bhowmik, P. Determination of the acidic sites of purified single-walled carbon nanotubes by acid-base titration / P. Bhowmik, B. Zhao, M.A. Hamon, M.E. Itkis, and R.C. Haddon // *Chem. Phys. Lett.* – 2001. – V. 345. – P. 25–28.
20. Mazov, I. Oxidation Behavior of Multiwall Carbon Nanotubes with Different Diameters and Morphology / I. Mazov, V. L. Kuznetsov, I. A. Simonova et al. // *Applied Surface Science*. – 2012. – V. 258. – P. 6272 – 6280.
21. Neimark, A.V. Hierarchical pore structure and wetting properties of single-wall carbon nanotube fibers / A.V. Neimark, S. Ruetsch, K.G. Kornev, P.I. Ravikovitch, P. Poulin, S. Badaire, and M. Maugey // *Nano Lett.* – 2003. – Vol. 3. – P. 419-423.

22. Dalton, A.B. Super tough carbon nanotube fibers / A.B. Dalton, S. Collins, E. Muñoz, J.M. Razal, H. Ebron, J.P. Ferraris, J.N. Coleman, B.G. Kim, and R. Baughman // *Nature*. – 2003. – Vol. 423. – P. 703.
23. Dalton, A.B. Continuous carbon nanotube composite fibers: properties, potential applications, and problems / A.B. Dalton, S. Collins, J. Razal, E. Munoz, H. Ebron, B.G. Kim // *J. Mater. Chem.* – 2004. – Vol. 14. – P. 1–3.
24. Islam, M.F. High weight-fraction surfactant solubilization of single-wall carbon nanotubes in water / M.F. Islam, E. Rojas, D.M. Bergey, A.T. Johnson, and A.G. Yodh // *Nano Lett.* – 2003. – Vol. 3. – P. 269-273.
25. Islam, M.F. Nematic nanotube gels / M.F. Islam, A.M. Alsayed, Z. Dogic, J. Zhang, T.C. Lubensky, and A.G. Yodh // *Phys. Rev. Lett.* – 2004. – Vol. 92. – P. 1-4.
26. Paredes, J.I. Dispersions of individual single-walled carbon nanotubes of high length / J.I. Paredes and M. Burghard // *Langmuir*. – 2004. – Vol. 20. – P. 5149-5152.
27. Matarredona, O. Dispersion of single-walled carbon nanotubes in aqueous solutions of the anionic surfactant NaDDBS / O. Matarredona, H. Rhoads, Z. Li, J.H. Harwell, L. Balzano, and D.E. Resasco // *J. Phys. Chem.* – 2003. – Vol. 107. – P. 13357-13367.
28. Zhou, W. Small angle neutron scattering from single-wall carbon nanotube suspensions: evidence for isolated rigid rods and rod networks / W. Zhou, M.F. Islam, H. Wang, D.L. Ho, A.G. Yodh, K.I. Winey, and J.E. Fisher // *Chem. Phys. Lett.* – 2004. – Vol. 384. – P. 185-189.
29. Ausman, K.D. Roping and wrapping carbon nanotubes / K.D. Ausman, M.J. O'Connell, P. Boul, L.M. Ericson, M.J. Casavant, D.A. Walters, C. Huffman, R. Saini, Y. Wang, E. Haroz, E.W. Billups, and R.E. Smalley // *Proc. XVth Int. Winterschool on Electr. Prop. Of Novel Mater.* – Euroconf., Kirchberg, Tirol, Austria. – 2000.
30. O'Connell, M.J. Reversible water-solubilization of single-walled carbon nanotubes by polymer wrapping / M.J. O'Connell, P. Boul, L.M. Ericson, C.

Huffman, Y. Wang, E. Haroz, C. Kuper, J. Tour, K.D. Ausman, and R.E. Smalley // Chem. Phys. Lett. – 2001. – Vol. 342. – P. 265–271.

31. Schaefer, D.W., Morphology of dispersed carbon single-walled nanotubes / D.W. Schaefer, J. Zhao, J.M. Brown, D.P. Anderson, and D.W. Tomlin // Chem. Phys. Lett. – 2003. – Vol. 375. – P. 369-375.

32. Chen, G.Z. Carbon nanotube and polypyrrole composites: coating and dop-ing / G.Z. Chen, M.S.P. Shaffer, D. Coleby, G. Dixon, W. Zhou, D.J. Fray, and A.H. Windle // Adv. Mater. – 2000. – Vol. 12. – P. 522-526.

33. Polymer Nanocomposites Based on Functionalized Carbon Nanotubes/ N. G. Sahoo, S. Rana, J. W. Cho et al. // Progress in Polymer Science. 2010. Vol. 35. P. 837 – 867.

34. Dispersion and Functionalization of Carbon Nanotubes for Polymer-based Nanocomposites: A Review / P.-C. Ma, N. A. Siddiqui, G. Marom, J.-K. Kim // Composites: Part A. 2010. Vol. 41. P. 1345 – 1367.

35. Shen W., Li Z., Liu Y. Surface Chemical Functional Groups Modification of Porous Carbon // Recent Patents on Chemical Engineering. 2008. Vol. 1. P. 27 – 40.

36. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 05.04.2021) // Собрание законодательства РФ. – 07.01.2002. - № 1 (ч. 1). – Ст. 3.

37. Федеральный закон от 23.12.2013 (ред. от 30.12.2020) «О специальной оценке условий труда» // Собрание законодательства РФ. – 28.12.2013. - № 426.

38. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200003913>.

39. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071>.

40. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901865498>.

41. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456054197>.

42. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901704046>.

43. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200118606>.

44. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/5200233>.

45. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/5200313>.

46. ГОСТ Р 55064-2012. Натр едкий технический. Технические условия. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200101778>.

47. ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200005187>.

48. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200003913>

49. ГОСТ 12.1.003-83 Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/5200291>.

50. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456054197>.

51. ГОСТ Р 55710-2013 Национальный стандарт Российской Федерации. Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200105707>

52. ГОСТ 12.1.007-76 Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/5200233>.

53. ГОСТ 1942-86 Государственный стандарт союза ССР. 1,2-Дихлорэтан технический. Технические условия. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200020543>.

54. ГОСТ 4461-77 Государственный стандарт союза ССР. Реактивы. Кислота азотная. Технические условия. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200017371>.

55. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление и зануление. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/5200289>.

56. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200080203>.

57. ПУЭ Общие правила. Заземление и защитные меры электробезопасности. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200030218>.

58. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/9051953>.

59. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/9051953>.

60. Федеральный закон от 20.06.2003 (ред. от 07.02.2008) «Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/normativnye-pravovye-akty-mchs-rossii/774>

61. НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200032102>.

62. Сводная ведомость результатов проведения специальной оценки условий труда НИ ТПУ в 2019 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://portal.tpu.ru/departments/otdel/oot/Tab1/Tab1/svod_2019_sokr.pdf.