

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

Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки 03.03.02 Физика

ООП/ОПОП Физика

Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Безанодные литий-металлические батареи на основе многослойного катодного материала с высоким содержанием лития

УДК 621.355.8.032.21:546.34

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б91	Дэн Юйтун		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2023 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП/ОПОП

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

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

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

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

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
150Б91	Дэн Юйтун

Тема работы:

Безанодные литий-металлические батареи на основе многослойного катодного материала с высоким содержанием лития	
<i>Утверждена приказом директора (дата, номер)</i>	27.01.2023, 27-79/с

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	
<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 функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</i></p>	<p>Богатый литием слоистый катодный материал, материал коллекторного покрытия MXene, безанодная литий-металлическая батарея, установка для электрохимического тестирования батареи, установка для определения морфологии образца.</p>

<p>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке</p> <p><i>(аналитический обзор литературных источников с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе)</i></p>	<p>Аналитический обзор литературных источников Материал и методы исследований Результаты исследований Социальная ответственность Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение Заключение по работе</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Рисунок 1.1 – Принципиальная схема традиционных литий-ионных аккумуляторов, литий-металлических аккумуляторов и батарей без анода Рисунок 1.2 – Принципиальная схема структуры металлического лития без анода и первый процесс зарядки Рисунок 1.3 – Проблемы с литиевыми батареями без анода Рисунок 2.1 – Получение материала $Ti_3C_2T_x(MXene)$ Рисунок 2.2 – Схема рентгеновского дифрактометра Рисунок 2.3 – Принципиальная схема SEM Рисунок 3.1 – Схемы XRD (a)LLMO (b)MXene Рисунок 3.2 – Схемы SEM (a) LLMO (b) MXene Рисунок 3.3 – а) Кривые заряда и разряда различных циклов LLMO Li (b) Характеристики увеличения LLMO Li Рисунок 3.4 – Схемы испытаний CE полуэлементов Li Cu и Li $Ti_3C_2T_x$ с емкостью осаждения... Рисунок 3.5 – Кривые заряда и разряда полных аккумуляторов LLMO Cu и LLMO $Ti_3C_2T_x$... Рисунок 3.6 – SEM-изображение отрицательного электрода батареи LLMO Cu...</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Верховская М.В.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Сечин А.И.</p>

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б91	Дэн Юйтун		

Заведующий кафедрой - руководитель отделения на правах кафедры	Лидер А.М.	д.т.н., профессор		
---	------------	----------------------	--	--

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б91	Дэн Юйтун		



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

Инженерная школа ядерных технологий
Направление подготовки (ООП/ОПОП) 03.03.02 Физика
Уровень образования бакалавриат
Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики
Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2022/2023 учебного года)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
150Б91	Дэн Юйтун

Тема работы:

Безанодные литий-металлические батареи на основе многослойного катодного материала с высоким содержанием лития
--

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

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

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

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

Консультант (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП/ОПОП

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

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б91	Дэн Юйтун		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 86 с., 12 рис., 18 табл., 49 источников литературы.

Ключевые слова: Литий-металлическая батарея без анода, слоистый катодный материал с высоким содержанием лития, MXene.

Объектом исследования является безанодные литий-металлические батареи на основе многослойного катодного материала с высоким содержанием лития.

Цель работы – получение безанодных литий-металлических батарей на основе богатого литием слоистого катодного материала и коллектора, модифицированного MXene.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- 1.Получение катодного материалов $\text{Li}_{1.18}\text{Mn}_{0.52}\text{Co}_{0.15}\text{Ni}_{0.15}\text{O}_2$ (LLMO) и коллекторных материалов MXene.
- 2.Определение характеристик и электрохимическое тестирование материалов аккумуляторных батарей.
- 3.Обработка и анализ полученных результатов.

В результате исследования установлено, что безанодные литий-металлические батареи с LLMO в качестве материала катода и MXene в качестве материала покрытия коллектора обладают более высокой кулоновской эффективностью и производительностью цикла.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: Рентгеновский дифрактометр(XRD): напряжение в трубке 40 кВ, ток трубки 100 мА, размер шага $0,01^\circ$, время интервала на шаг 0,2 с, диапазон сканирования $5^\circ \sim 80^\circ$, температура 25°C ; Сканирующий электронный микроскоп: напряжение сканирования 5,0 кВ, температура 25°C ; Тестер заряда и разряда: Температура 25°C , Диапазон напряжений 2,0-4,8 В.

Область применения: результаты исследований могут быть использованы для устройств накопления энергии.

Экономическая эффективность/значимость работы заключается в перспективности использования безанодных литий-металлических батарей на основе многослойного катодного материала с высоким содержанием лития, а разработанные методы позволяют батареям с более высокой энергией при меньших затратах энергии.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	13
1 Литературный обзор	16
1.1 Принцип работы безанодной литий-металлической батареи	16
1.2 Оптимизация безанодных литий-металлических батарей	17
1.3 Проблема с анодированными литий-металлическими батареями	18
1.4 Положительный электрод литиевой батареи без анода	20
1.5 Отрицательный коллектор литиевой батареи без анода	21
Вывод	21
2 Материал и методы исследования	23
2.1 Материал исследования	23
2.1.1 Получение богатых литием оксидов для катодных материалов $\text{Li}_{1.18}\text{Mn}_{0.52}\text{Co}_{0.15}\text{Ni}_{0.15}\text{O}_2$ (LLMO) аккумуляторных батарей	23
2.1.2 Получение материала $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ (MXene) для анодного коллектора аккумуляторной батареи	24
2.1.3 Установка аккумулятора	25
2.2 Методы и установка для анализа свойств материалов	25
2.2.1 Дифракция рентгеновских лучей (XRD)	26
2.2.2 Сканирующая электронная микроскопия (SEM)	27
2.3 Способ электрохимического испытания	29
2.3.1 Испытание циклической вольтамперометрией	29
2.3.2 Испытание на заряд и разряд постоянным током	29
Вывод	30
3 Обработка и анализ полученных результатов	31
3.1 Структурная и топологическая характеристика материалов	31
3.2 Испытание электрохимических характеристик материалов	32
3.3 Анализ результатов	36
Вывод	38
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ..	40

Введение	40
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .	41
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	41
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений	42
4.1.3 SWOT-анализ	43
4.2 Планирование научно-исследовательских работ	45
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	45
4.2.2 Разработка графика проведения научного исследования	46
4.3 Бюджет научно-технического исследования	53
4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования	53
4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования	53
4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы	55
4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	58
4.3.5 Накладные расходы	58
4.4 Ресурсоэффективность	59
Вывод	61
5 Социальная ответственность	65
Введение	65
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. .	66
5.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства	66
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя	66
5.2 Производственная безопасность	67
5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.	67

5.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.....	68
5.2.2.1 Анализ показателей шума.....	68
5.2.2.2 Анализ показателей микроклимата.....	69
5.2.2.3 Анализ электробезопасности.....	73
5.2.2.4 Анализ показателей освещенности рабочей зоны.....	74
5.3 Экологическая безопасность.....	76
5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.....	76
5.3.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.....	76
5.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.....	77
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	77
5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.....	77
5.4.2 Анализ причин, которые могут вызвать ЧС на производстве при внедрении объекта исследований.....	78
5.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.....	78
Вывод.....	79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	81
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	82

ВВЕДЕНИЕ

Энергетические технологии являются ключевой технологией для развития и прогресса человеческого общества, а устойчивое использование и освоение энергии является ключевым звеном в прогрессе человеческой цивилизации. В современной мировой энергетической структуре энергия, используемая человечеством, в основном состоит из ископаемых источников энергии, таких как нефть, природный газ и уголь. Однако с усилением глобального энергетического кризиса и повышением значимости экологических проблем был достигнут глобальный консенсус в отношении охраны окружающей среды, энергосбережения и развития «зеленой энергетики» по сравнению с ископаемой, которая в конечном итоге будет исчерпана. В рамках цели «двойного использования углерода» новые источники энергии занимают доминирующее положение. Аккумуляторные батареи с высокой плотностью энергии, длительным сроком службы и низкой стоимостью считаются ключевыми движущими факторами для устойчивой бытовой электроники, электромобилей и сетевых накопителей энергии [1-2].

В настоящее время литий-ионные аккумуляторы стали одной из наиболее широко используемых систем накопления энергии, обладающей такими преимуществами, как высокая плотность энергии, малый саморазряд, заряд и разряд с большим увеличением, длительный срок службы и экологичная защита окружающей среды. Поскольку плотность энергии традиционных литий-ионных аккумуляторов постепенно достигает критического уровня, особенно в связи с развитием технологии производства графитовых анодов и катодов из оксида лития, инновации в области альтернативных форм электродов стали способом улучшения общих показателей производительности. Металлический литиевый анод, основанный на уникальном механизме нанесения гальванических покрытий, признан наиболее перспективным анодом для следующего поколения

высокоэнергетических металлических батарей из-за его превосходного отрицательного окислительно-восстановительного потенциала (-3,04 В по сравнению со стандартным водородным потенциалом) и высокой теоретической емкости (3860 мАч^{-1}) [3]. Однако из-за высокой реакционной способности, плохой обратимости и неплоского режима выделения металла металлическим анодом происходят необратимые потери активных металлов и электролитов. Чтобы свести к минимуму вышеуказанные проблемы, в лабораторных исследованиях обычно используются избытки металлов и электролитов [4]. Хотя эти батареи обеспечивают отличные характеристики цикла, чрезмерное использование металлического лития снижает объемную плотность энергии батареи [5], что приводит к неудовлетворительной объемной емкости. Кроме того, это также может привести к проблемам с безопасностью (возможному пожару и взрыву) [6-7].

В соответствии с последними разработками в области литий-металлических анодов, с целью повышения кулоновской эффективности и увеличения срока службы батареи предложена концепция батареи с неотрицательным электродом, то есть материал на поверхности коллектора очень тонкий или для коллектора нет самосборного материала. Его отношение отрицательной емкости к положительной (N/P) близко к нулю. По сравнению с традиционными литий-металлическими батареями, его конструкция уменьшает объем анодной стороны и улучшает плотность энергии, предоставляя новую возможность для дальнейшего увеличения плотности энергии батареи на основе металлического лития - отрицательный электрод. В последние годы в эту область и направление вкладывается все больше и больше исследований, доказывающих захватывающие перспективы и важную исследовательскую ценность безанодной технологии [8].

Цель работы:

Получение безанодных литий-металлических батарей на основе многослойных материалов с высоким содержанием лития и модифицированного MXene.

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

1. Подготовка материалов электрода с высоким содержанием лития LLMO и модифицированным MXene.
2. Определение характеристик и проведение электрохимических испытаний материалов аккумулятора.
3. Обработка и анализ полученных результатов

1 Литературный обзор

1.1 Принцип работы безанодной литий-металлической батареи

Литий-металлическая батарея без отрицательного электрода относится к аккумуляторной системе, которая не имеет активного материала отрицательного электрода (графит, Si, Sn, P и т.д.) [9-11], а использует только медный коллектор в качестве отрицательного электрода, в то время как положительный электрод состоит из обычных литийсодержащих материалов (например, фосфат железа лития, тройной положительный электрод, оксид кобальта лития и т.д.) [12-13]. Как показано на рис. 1, по сравнению с традиционными литий-металлическими батареями, в отрицательном электроде непосредственно используется медная фольга вместо металлического лития со сверхвысокой химической активностью, что обеспечивает большое удобство и гарантию сборки батареи и ее безопасности.

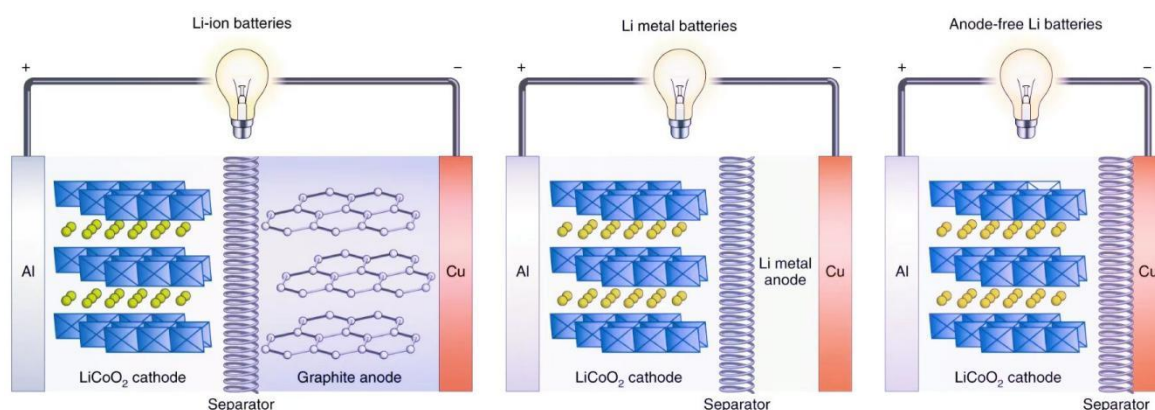


Рис. 1 Принципиальная схема традиционных литий-ионных аккумуляторов, литий-металлических аккумуляторов и батарей без анода [9].

Анодированные литий-металлические батареи состоят из следующих частей: коллектор положительного электрода батареи, положительный электрод, диафрагма, коллектор отрицательного электрода и электролит [14-15]. Его структура и основной принцип показаны на рис.1.

Как показано на рис. 2, в процессе зарядки литий выступает из материала катода и проходит через диафрагму. За исключением части

поверхности раздела твердый электролит (SEI), осаждение лития происходит, когда поверхность медного коллектора отрицательного электрода соединяется с электронами. Уравнение реакции выглядит следующим образом

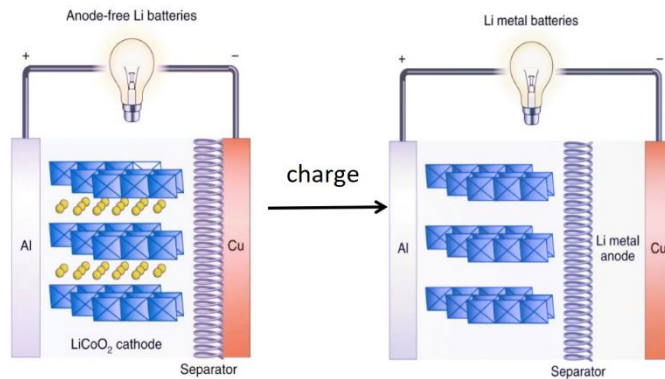
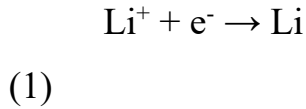


Рис.2 Принципиальная схема структуры металлического лития без анода и первый процесс зарядки [9].

В процессе разряда металлический литий, осажденный на отрицательном медном коллекторе, растворяется. Уравнение реакции выглядит следующим образом:



Ранее осажденный литий отделяется от коллектора отрицательного электрода до ионов лития и возвращается на положительный электрод, и так далее. Поскольку активный материал отрицательного электрода отсутствует, плотность энергии литий-металлических батарей с неотрицательным электродом значительно улучшилась.

1.2 Оптимизация безанодных литий-металлических батарей

В последние несколько лет основной целью исследований литий-ионных аккумуляторов без анода было повышение плотности энергии путем изучения необратимой потери запасов лития во время зарядки и разрядки. Оптимизация катода является важным фактором в достижении более высоких электрохимических характеристик. Литий-ионные

аккумуляторы без отрицательных электродов сталкиваются с некоторыми недостатками, такими как снижение емкости металлического лития на коллекторе. Многие исследователи в настоящее время сосредоточены на быстром перемещении ионов через электролит и подтверждают наличие границы раздела твердый электролит, которая обеспечивает поверхностную проводимость ионов лития и предотвращает разложение электролитом осажденной поверхности лития.

Ввиду этих проблем, существующих в безанодных литий-металлических батареях, важными шагами по улучшению безанодных литиевых батарей являются следующие:

- улучшение аккумуляторного коллектора;
- оптимизация электролита;
- улучшение стратегии циркуляции.



Рис. 1.3. Проблемы с литиевыми батареями без анода[11].

1.3 Проблема с анодированными литий-металлическими батареями

Хотя литиевые батареи без анода обладают многими преимуществами, такими как: объемная плотность энергии может быть увеличена на 85,5% (с учетом увеличения объема: 57,1%), нет необходимости учитывать соответствие емкости положительного и отрицательного электродов ($N/P=1$), а процесс приготовления является простым. Однако до сих пор фактическая плотность энергии безанодных литиевых батарей не достигла теоретического значения, и для достижения коммерциализации все еще существует

множество проблем, как показано на рис. 3. Конкретная производительность заключается в следующих аспектах:

1. В безанодных литий-металлических батареях литий осаждается непосредственно на поверхности жидкости-коллектора, и необходимо преодолеть большой барьер для образования зародышей [16-17]. Большой избыточный потенциал может привести к неравномерной морфологии осаждения лития, а начальная морфология осаждения лития влияет на осаждение лития в жидкости-коллекторе. Неравномерное осаждение лития может привести к слишком быстрому осаждению лития в некоторых местах, что приведет к образованию литиевых «дендритов». Когда «дендриты» вырастут до определенной степени, они разрушатся, образуя «мертвый литий» и потребляя ограниченные запасы лития.

2. Металлический литий химически очень активен, и он может легко вступать в реакцию с электролитом с образованием диэлектрической пленки (SEI). Механические свойства, состав и структура SEI вызовут ряд сложных проблем [18]. В процессе зарядки и разрядки литий с отрицательного электрода постоянно снимается и осаждается, в результате чего объем отрицательного электрода непрерывно изменяется, что может легко разрушить пленку SEI, обнажая свежий металлический литий и продолжая реагировать с электролитом с образованием нового слоя SEI [19], который в свою очередь потребляет литий, вызывая необратимую потерю лития, а постоянное изменение объема отрицательного электрода приведет к разрушению конструкции и образованию «мертвого лития», снижая коэффициент использования лития [20].

Как упоминалось выше, неравномерное осаждение лития и дефектная пленка SEI ускорят рост литиевых «дендритов», а их рост приведет к образованию «мертвого лития», снизит коэффициент использования осажденного лития и, в конечном счете, снизит электрохимические свойства батарей с отрицательным электродом, не содержащих литий; повторный

нестабильность образования SEI ускорит расход электролита и ограничит содержание лития, что быстро снижает кулоновскую эффективность и коэффициент емкости батарей с отрицательными электродами, не содержащих лития (рис. 4).

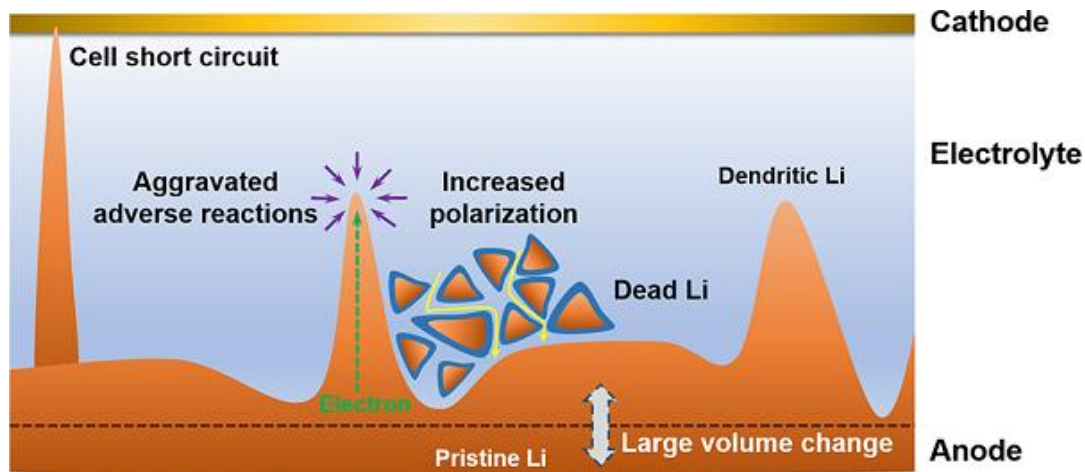


Рис. 1.4. Проблемы с литиевыми батареями без анода[11].

1.4 Положительный электрод литиевой батареи без анода

В литий-металлических батареях без анода в конструкции батареи отсутствует отрицательный электрод, и состояние материала катода еще более важно, поскольку все источники лития в батарее сосредоточены в положительном электроде. Для решения проблемы ограниченных источников лития обычным способом является добавление лития, то есть добавление литиевых добавок к катодному материалу, таких как Li_2CuO_2 , Li_6CoO_4 и т.д [21-22]. Однако при введении литиевых добавок также вводятся другие элементы, которые не обеспечивают емкость, что также снижает плотность энергии батареи.

Высокая разрядная способность катодного материала на основе, богатого литием и марганцем, обусловлена его уникальным первым циклом зарядки и разрядки, а именно окислением переходного металла. В процессе зарядки ионы оксида окисляются и теряются из решетки материала, что приводит к компенсированному снижению содержания марганца в процессе разрядки, что также привело к его высокой необратимой потере мощности в

первом цикле. В [23] статье, используя характеристику катодного материала базового слоя, богатого литием и марганцем, $\text{Li}_{1.18}\text{Mn}_{0.52}\text{Co}_{0.15}\text{Ni}_{0.15}\text{O}_2$ используется в качестве катодного материала в безанодных литий-металлических батареях, а необратимая первая зарядная емкость используется для пополнения батареи литием, тем самым увеличивая срок службы батареи.

1.5 Отрицательный коллектор литиевой батареи без анода

Чтобы подавить рост «дендритов» лития и сформировать стабильную границу раздела твердого электролита (SEI), было изобретено множество стратегий для повышения стабильности металлических электродов Li во время циркуляции [24]. Использование металлических литиевых коллекторов может ускорить скорость передачи заряда и способствовать равномерному осаждению ионов лития. Среди них разработка интерфейсов всегда была в центре внимания защиты металлических литиевых электродов, и состав защитного слоя интерфейса охватывает практически все материальные системы, такие как органические, неорганические и металлические [25-26]. Композитный материал MXene - это новый материал для защиты металлических литиевых электродов. MXenes обладает хорошей ионной проводимостью и может способствовать равномерному осаждению лития. И это может увеличить скорость диффузии ионов лития на границе раздела фаз. Покрытие пленки MXene на поверхности Li-металлического электрода может эффективно ингибировать образование Li-дендритов.

Вывод

Таким образом, хотя безанодные литий-металлические батареи обладают преимуществами высокой плотности энергии, высокой безопасности и низкой стоимости, при их разработке все еще существует множество проблем в области высокого спроса на энергию, особенно литий расходуется в результате необратимых реакций с участием электролитов и

металлов во время нанесения гальванических покрытий и зачистки, образуя «мертвые» элементы лития, что приводит к серьезной потере емкости, низкой кулоновской эффективности и другим проблемам. Обобщены три метода оптимизации безанодных литий-ионных аккумуляторов, а также обсуждены материалы катода и анодного коллектора безанодных аккумуляторов. Богатый литием материал выбран в качестве катодного материала батареи, поскольку он может восполнять запасы лития и увеличивать срок службы батареи; материал MXene выбран в качестве покрытия коллектора, чтобы эффективно подавлять рост ветвей кристаллов лития.

2 Материал и методы исследования

2.1 Материал исследования

Объектом исследования является: кнопочная батарея (состоит из корпуса из нержавеющей стали модели CR2032, диафрагмы, электролита, смешанного с этиленкарбонатом и диэтилкарбонатом в массовом соотношении 1:1, электродного листа из материала, богатого литием, и коллектора MXene).

2.1.1 Получение богатых литием оксидов для катодных материалов $\text{Li}_{1.18}\text{Mn}_{0.52}\text{Co}_{0.15}\text{Ni}_{0.15}\text{O}_2$ (LLMO) аккумуляторных батарей

Для получения LLMO карбонат лития, ацетат марганца, ацетат никеля и ацетат кобальта растворяли в деионизированной воде в соответствии со стехиометрическим соотношением золь-гель методом и использовали магнитную мешалку для перемешивания с образованием раствора. Среди них следует отметить, что количество карбоната лития необходимо увеличить дополнительно на 5%, поскольку в последующем процессе высокотемпературного спекания произойдет небольшая потеря лития. Затем готовят водный раствор лимонной кислоты в соответствии с молярным соотношением лимонная кислота–литий 2:1 и добавляют его по каплям к первому, добавляют аммиак для доведения pH раствора до 7,3, полученный раствор непрерывно перемешивают при 50 °C в течение 15 ч, и затем помещают в вакуумную печь при температуре 120 °C для сушки с получением раствора-геля, а затем полученный гель помещают в муфельную печь и нагревают при 450 °C в течение 5 часов для получения сухого порошка, полученный материал прессуют гидравлическим домкратом и снова подвергают термической обработке при температуре после закалки при температуре 900°C в течение 12 часов с жидким азотом были получены образцы LLMO.

2.1.2 Получение материала $Ti_3C_2T_x$ (MXene) для анодного коллектора аккумуляторной батареи

Для получения MXene смешали 1,6 г фторида лития, 15 мл соляной кислоты с концентрацией 38% и 5 мл воды и приготовили раствор для травления. Медленно добавьте 1,0 г порошка MAX в раствор для травления и перемешивайте при 35°C в течение 24 часов до получения суспензии. Суспензию очищают центрифугированием и ультразвуком, и можно получить мелкую или однослойную дисперсию MXene. Конкретная операция заключается в следующем: центрифугируйте жидкость со скоростью 8000-10000 об/мин в течение 6 минут, пока pH надосадочной жидкости не достигнет нейтрального значения и твердое вещество не будет собрано. После добавления сверхчистой воды к полученному твердому веществу центрифугируйте со скоростью 500-1500 об/мин в течение 3 минут, чтобы собрать жидкость. После пропускания полученной жидкости через аргон ее подвергают ультразвуковой обработке на ледяной бане, а затем центрифугируют со скоростью 3500 об/мин в течение 1 часа для получения дисперсии MXene. Полученную дисперсию отфильтровывали и штамповали для получения мембраны MXene.

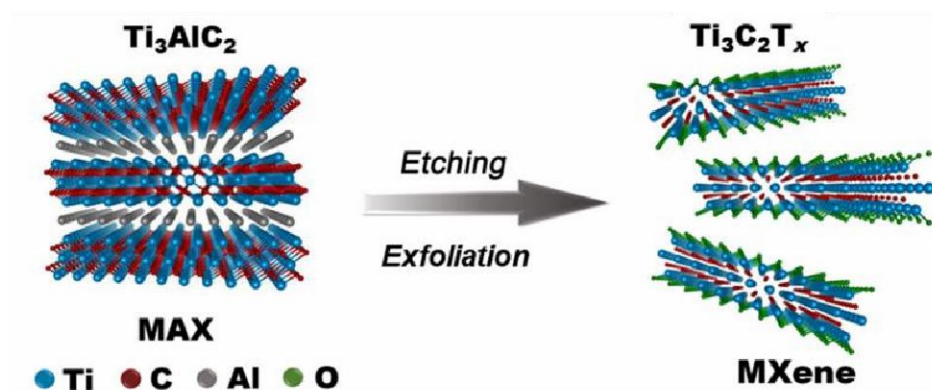


Рис. 2.1 Получение материала $Ti_3C_2T_x$ (MXene).

2.1.3 Установка аккумулятора

В этом эксперименте использовался корпус батареи из нержавеющей стали модели CR2032. Мембраной служила полипропиленовая микропористая мембрана (Celgard 2325), а электролитом был со растворитель этилен карбонат и диэтилкарбонат (массовое соотношение 1:1) гексафторфосфат лития (1 м LiPF₆). Способ сборки кнопки заряд батареи завершен. Поскольку металлический литий химически активен и вступает в реакцию с воздухом и водой, сборка аккумулятора на протяжении всего процесса должна осуществляться в перчаточном ящике, заполненном аргоном. Батареи, которые необходимо собрать в ходе эксперимента, половинные батареи и полные батареи без анода. Последовательность сборки половинной батареи - это корпус положительного электрода, лист положительного электрода, диафрагма, литиевый лист, прокладка, пружинный лист и корпус отрицательного электрода; последовательность сборки полной батареи без анода - это корпус положительного электрода, прокладка, положительный электрод лист, диафрагма, коллектор, прокладка, пружинный лист и корпус отрицательного электрода. После завершения сборки он упаковывается с помощью гидравлической упаковочной машины для кнопочных аккумуляторов.

2.2 Методы и установка для анализа свойств материалов

В этом эксперименте для характеристики морфологии материала использовались эксперимент по дифракции рентгеновских лучей (XRD) и эксперимент по сканирующему электронному микроскопу (SEM). Рентгеновский тест катодного материала LLMO заключается в непосредственном тестировании образца порошка на воздухе, а тест материала LLMO под сканирующим электронным микроскопом заключается в нанесении порошка на токопроводящий клей. Из-за высокой активности металлического лития, чтобы избежать контакта с воздухом, рентгеновский

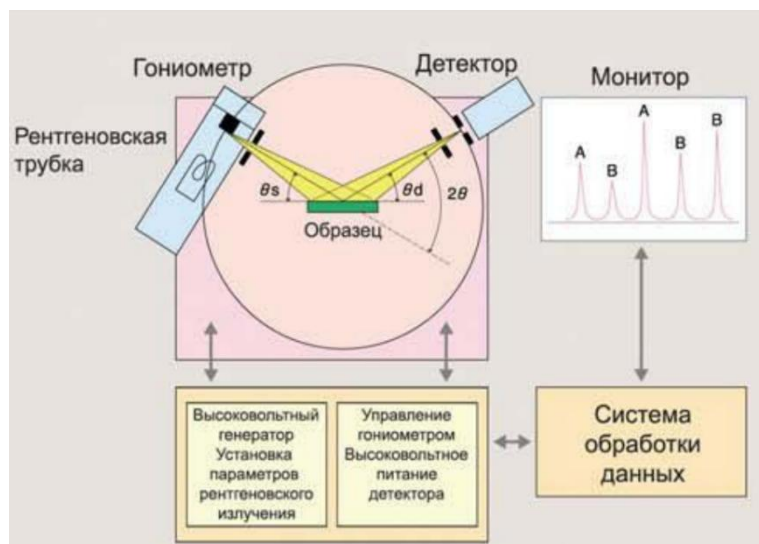
тест и тест сканирующего электронного микроскопа на поверхности коллектора отрицательного электрода в эксперименте были запечатаны в перчаточном ящике и извлечены для тестирования.

2.2.1 Дифракция рентгеновских лучей (XRD)

Дифракция рентгеновских лучей (XRD) является одним из важных методов определения структуры кристаллического вещества. Она используется для анализа пространственного расположения атомов внутри материала. Как показано на рис. 5, принцип таков: рентгеновские лучи определенной длины волны облучают кристаллическое вещество. Когда рентгеновские лучи сталкиваются с атомами (ионами), расположенными правильным образом внутри вещества, возникает явление рассеяния. Рассеянные рентгеновские лучи накладываются друг на друга под определенными углами и становятся сильнее, образуя тем самым дифракцию, соответствующую исследуемому веществу. С помощью анализа положения и интенсивности дифракционных пиков можно определить фазовый состав вещества. Рентгеновское исследование не приводит к повреждению образца, обладает высокой точностью и позволяет получить полную информацию о кристаллической структуре.

В этом эксперименте использовался рентгеновский дифрактометр D8Advance. K α ($\lambda=1,5406\text{\AA}$) лучей для бомбардировки мишени Cu, напряжение в трубке 40 кВ, ток в трубке 100 мА, размер шага $0,01^\circ$, интервал между каждым шагом 0,2 с и диапазон сканирования $5^\circ \sim 80^\circ$.

(a)



(b)

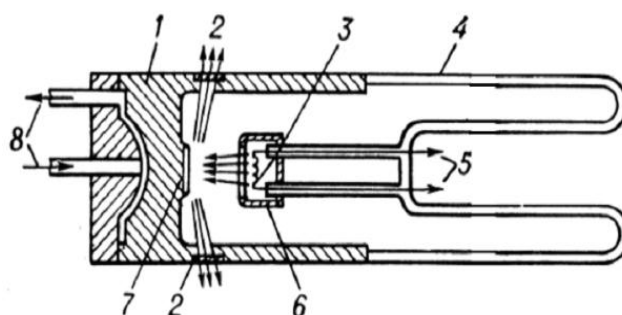


Рис. 2.2 Схема рентгеновского дифрактометра(a) и Схема рентгеновской трубки для структурного анализа (b) 1 - металлический анодный стакан; 2 - окна из бериллия для выхода рентгеновского излучения; 3 - термоэмиссионный катод; 4 - стеклянная колба, изолирующая анодную часть трубки от катодной; 5 - выводы катода, к которым подводится напряжение накала, а также высокое напряжение (относительно анода); 6 - электростатическая система фокусировки электронов; 7 - анод; 8 - патрубки для ввода и вывода проточной воды, охлаждающей анодный стакан.

2.2.2 Сканирующая электронная микроскопия (SEM)

Сканирующая электронная микроскопия называется SEM (Рис 6). С помощью SEM можно получать изображения образца путем сканирования поверхности сфокусированным пучком электронов. При этом электроны взаимодействуют с атомами в образце, производя различные сигналы, которые содержат информацию о поверхностной топографии и составе образца.

Электронный пучок сканируется в растровой развертке шаблона, и положение луча в сочетании с интенсивностью детектируемого сигнала используется для получения изображения. В наиболее общем режиме,

вторичные электроны, испускаемые атомами, возбуждаемых электронным пучком обнаружены с помощью детектора вторичных электронов (Эверхарт-Торнл детектор). Число вторичных электронов, которые могут быть обнаружены, и интенсивность сигнала, зависит от образца топографии. С помощью SEM может достичь разрешения порядка 1 нм.

Образцы наблюдаются в условиях высокого вакуума в обычном SEM или в низком вакууме, или в условиях повышенной влажности или переменного давления окружающей среды SEM, а также в широком диапазоне криогенных или повышенных температуры со специализированными инструментами.

Микроскопическая морфология материала в этой статье была охарактеризована с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-7900F JEOL (SEM) производства Japan Electronics при рабочем напряжении 5,0 кВ.

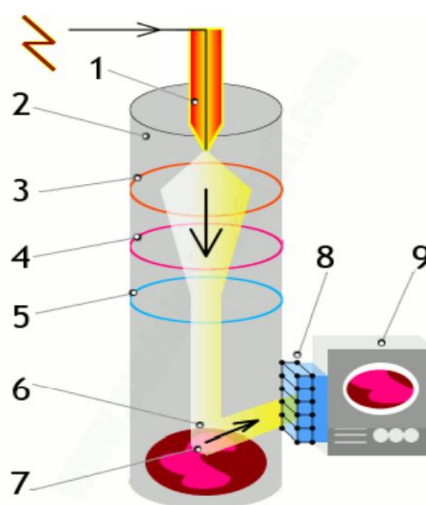


Рис 2.3 Принципиальная схема SEM: 1- электронная пушка; 2- вакуумная камера; 3- анод; 4,5 – электромагнитные катушки; 6- электронный луч; 7 – образец; 8- детектор; 9- экран для вывода изображения

2.3 Способ электрохимического испытания

2.3.1 Испытание циклической вольтамперометрией

Циклическая вольтамперометрия (CV) является широко используемым методом электрохимического исследования при испытании материалов. Импульсное напряжение треугольной формы подается на замкнутый контур, образованный рабочим электродом и противозлектродом, и потенциал рабочего электрода изменяется с определенной скоростью, так что происходит реакция окисления/восстановления исследуемого активного вещества, и получается ток отклика во время электрохимии. В соответствии с формой кривой можно определить степень обратимости электродной реакции, возможность промежуточной адсорбции на границе раздела фаз или образования новой фазы, а также характер химической реакции сопряжения.

В циклической CV используется метод линейного сканирования напряжения во времени. Этот метод контролирует потенциал электрода для многократного сканирования с разной скоростью сканирования и, наконец, получает кривую ток-потенциал. По форме кривой можно судить об обратимости электрохимической реакции.

Прибор, используемый в этой статье, представляет собой электрохимическую рабочую станцию MPG производства французской компании Bio-Logic со скоростью развертки $0,1 \text{ мВ с}^{-1}$ и диапазоном напряжений 2,0-4,8 В.

2.3.2 Испытание на заряд и разряд постоянным током

Метод заряда и разряда постоянным током (также известный как метод временного потенциала) является одним из очень важных методов изучения электрохимических свойств материалов. Его основной принцип работы заключается в следующем: при условии обеспечения постоянного тока заряжайте и разряжайте тестируемый материал, регистрируйте изменение его

потенциала с течением времени, а затем изучайте зарядные и разрядные свойства материала электрода, рассчитывайте его фактическую удельную емкость. Тестирование заряда и разряда постоянным током также является одним из наиболее эффективных и интуитивно понятных средств проверки и анализа электрохимических свойств электродных материалов.

Вывод

В данной главе представлен комплекс экспериментальных установок для исследования, который использовался для исследования экспериментальных образцов. Подробно описан процесс производства материалов LLMO и MXene, приведены методы, используемые для анализа образцов: Дифракция рентгеновских лучей (XRD), сканирующая электронная микроскопия (SEM), рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (XPS), а также приведена функциональная схема исследовательского устройства и описан процесс эксплуатации. Наконец, показан метод электрохимического испытания образца: испытание циклической вольтамперометрией (CV) и испытание на заряд и разряд постоянным током.

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
150Б91	Дэн Юйтун

Школа	ИЯТШ	Отделение (НОЦ)	ОЭФ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	03.03.02 Физика

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- 30% премии; - 20% надбавки; - 16% накладные расходы; - 30% районный коэффициент
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	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>	Потенциальные потребители результатов исследования Проведение анализа конкурентоспособности
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Цели и результаты проекта Организационная структура проекта
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Структура работ в рамках научного исследования Разработка графика проведения научного исследования Бюджет научно-технического исследования

Перечень графического материала

1. Оценка конкурентоспособности ИП
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б91	Дэн Юйтун		

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Целью ВКР является получение безанодных литий-металлических батарей на основе многослойных материалов с высоким содержанием лития и MXene. Также изучено влияние материала MXene в качестве коллекторного покрытия на емкость аккумулятора и эффективность работы. Таким образом, анализируется необходимость использования материалов MXene.

В процессе поиска источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов, оценка коммерческой ценности работы является необходимым условием. Помимо превышения технических параметров над предыдущими разработками необходимо понимать коммерческую привлекательность научного исследования.

Целью выполнения финансово-экономической части выпускной квалификационной работы является формирование навыков оценки результата научной работы и поиск источников финансирования для проведения научного исследования. Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки;
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

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

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Область применения результатов данного исследования - научные исследования, транспорт, электронные изделия и т.д. Соответственно потенциальными потребителями могут быть научные центры и организации в сфере машиностроения и электронной промышленности.

Для определения группы потребителей, которых может заинтересовать результаты данных научных исследований, необходимо провести сегментирование рынка.

Выбранные основные характеристики потребителей сегмента:

Месторасположение – регионы с развитыми отраслями тяжелой промышленности (авиастроение, машиностроение и ядерная энергетика).

Отношение к услуге – готовность внедрять новые технологии в технологический процесс.

Закупочные принципы – компании, проводящие централизованный закуп услуг.

Так как исследования представленных в работе представлены технологии получения новых композиционных материалов, которые ранее никем не производились, результаты будут интересны большинству организаций, вне зависимости от их месторасположения. Для определения группы потребителей, которых может заинтересовать данные композиционные материалы, необходимо провести сегментирование рынка. Карта сегментирования рынка по модификации поверхностей представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Заинтересованные стороны проекта

Организации	Ожидания организаций
Научные центры	Использование полученных

	результатов для разработки и улучшения свойств полученной безанодной литиевой батареи
Организации в сфере машиностроения и электронной промышленности.	Использование результатов для разработки машиностроительной и электронной продукции

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, направленный на оценку сравнительной эффективности научной разработки, был проведен с помощью оценочной карты, представленной в таблице 2.

В качестве конкурентов рассматриваются: K1 – $Ti_3C_2T_x$ (MXene), K2 – Графен.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, для этого были отобраны 2 конкурентные разработки. Расчет показателя конкурентоспособности производился по формуле:

$$K = \sum_i B_i \cdot V_i, \quad (4.1)$$

где B_i – бал i -го показателя, V_i – вес показателя (в долях единицы).

Таблица 2 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкуренто-способность		
		B_{Φ}	B_{K1}	B_{K2}	K_{Φ}	K_{K1}	K_{K2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Проводимость	0,15	5	5	3	0,75	0,75	0,45
2. Теплопроводность	0,08	5	4	2	0,4	0,32	0,16
3. гибкость	0,1	4	5	3	0,4	0,5	0,3

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _Ф	Б _{К1}	Б _{К2}	К _Ф	К _{К1}	К _{К2}
4. Характеристики электромагнитного экранирования	0,08	5	4	3	0,4	0,32	0,24
5. Термическая стабильность	0,08	4	4	3	0,32	0,32	0,24
6. Эффективность работы	0,13	4	3	2	0,52	0,39	0,26
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Реализация продукта	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
2. Уровень охвата рынка	0,03	4	4	5	0,12	0,12	0,15
3. Предполагаемая цена	0,08	5	5	3	0,4	0,4	0,24
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,08	5	4	3	0,4	0,32	0,24
5. Финансирование научной разработки конкурентных товаров и разработок	0,03	5	4	5	0,15	0,12	0,15
6. Срок выхода на рынок	0,03	5	5	5	0,15	0,15	0,15
7. Наличие сертификации разработки	0,03	5	4	4	0,15	0,12	0,12
Итого	1	61	56	46	4,66	4,33	3,2

В результате проведенного анализа можно сделать вывод, что предлагаемое в данной ВКР решение обладает конкурентоспособностью.

4.1.3 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта проведен SWOT-анализ, где детально продуманы сильные и слабые стороны научно-технической разработки (таблица 3). Описание сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта, его возможностей и угроз

происходило на основе результатов анализа, проведенного в предыдущих разделах бакалаврской работы.

Таблица 3 – Матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта	Слабые стороны научно-исследовательского проекта
	<p>С1. Высокая скорость исследования</p> <p>С2. Высокие технологические свойства материала</p> <p>С3. Покрытие MXene увеличивает количество циклов и увеличивает срок службы батареи</p> <p>С4. Широкий спектр применения</p>	<p>Сл1. Условия приготовления материала более требовательны</p> <p>Сл2. Аккумулятор необходимо протестировать на долговременную емкость</p>
Возможности	Направления развития	Сдерживающие факторы
<p>В1. Высокая потребность современных отраслей промышленности в новых материалах</p> <p>В2. Возможность увеличения плотности емкости аккумулятора</p> <p>В3. Дальнейшее усовершенствование разработки</p>	<p>В1С1. Высокоскоростное и экономичное исследование позволит повысить потребности производителей аккумуляторных батарей</p> <p>В2С3. MXene улучшает емкость плотность и срок службы аккумулятора, делая его экологически чистым</p>	<p>В1Сл1. Необходимо финансирование на новые материалы, что возможно реализовать в условиях вуза или профессиональных лабораторий.</p> <p>В2Сл2. Долговременное тестирование емкости аккумулятора и эффективности работы</p>
Угрозы	Угрозы развития	Уязвимости
<p>У1. Отсутствие других исследовательских</p>	<p>У2С3. Благодаря возможностям системы своевременному</p>	<p>У1Сл1. Сотрудничество с зарубежными исследователями</p>

<p>групп, занимающимися схожими разработками У2. Отсутствие финансирования привело к тому, что многие группы выбрали оригинальные материалы У3. Развитая конкуренция технологий производства.</p>	<p>финансированию продвижение на рынок может стать успешным У3С4.Повышение конкурентоспособности после разработки новых материалов.</p>	
---	---	--

В результате выполнения SWOT-анализа можно сделать вывод о том, что на данный момент преимущества использования материала MXene в качестве коллекторного покрытия значительно преобладают над её недостатками. Имеющиеся несовершенства возможно устранить, воспользовавшись перечисленными выше возможностями.

Результаты проведенного SWOT-анализа учтены в процессе дальнейшей разработки структуры работ, которые необходимо выполнить в научно-исследовательском проекте.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование работ предполагало определение структуры работ по проведению научного исследования, определение участников каждого вида работ, установление продолжительности работ, построение графика проведения исследований. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей по выполнению НТР представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Должность
----------------	---	------------------	-----------

	раб		исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения ВКР	Студент-инженер, научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Студент-инженер
	4	Выбор методов исследования	Студент-инженер, научный руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	Студент-инженер, научный руководитель
	6	Проведение эксперимента	Студент-инженер
Обобщение и оценка результатов	7	Анализ полученных результатов НИР	Студент-инженер
	8	Оценка эффективности результатов	Студент-инженер, Научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	9	Составление пояснительной записки	Студент-инженер
	10	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Студент-инженер
	11	Социальная ответственность	Студент-инженер

4.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож}$ использована следующая формула:

$$t_{ож} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (4.2)$$

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

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

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

Проведем расчет ожидаемой трудоемкости для научного руководителя:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot 13 + 2 \cdot 34}{5} = 21.4 \text{ чел. - дн.}$$

И для инженера:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot 65 + 2 \cdot 114}{5} = 84.6 \text{ чел. - дн.}$$

Исходя из рассчитанной ожидаемой трудоемкости работ, была определена продолжительность каждого этапа работы (в рабочих днях T_p), учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями, а также возможность выполнения нескольких видов работ в один временной промежуток. Далее с помощью формулы 2 рассчитана продолжительность одной работы в рабочих днях:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож}}{ч_i}, \quad (4.3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

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

Произведём расчёт продолжительности работы выполнения научного исследования для научного руководителя:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i} = 21.4 \text{ раб. дн.}$$

Произведём расчёт продолжительности работы выполнения научного исследования для инженера:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i} = 84.6 \text{ раб. дн.}$$

Ленточный график проведения научных работ изображается в форме диаграммы Ганта. Для построения диаграммы необходимо перевести рабочие дни в календарные дни, для чего воспользуемся следующим соотношением:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал} \quad ,$$

(4.4)

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

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

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Для построения графика проектных работ необходимо рассчитать коэффициент календарности по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1.22 \quad ,$$

(4.5)

где $T_{кал}$ – календарные дни ($T_{кал} = 365$);

$T_{вых}$ – выходные дни по кадровым вопросам. Вопросы применения ст. 111 ТК РФ, ($T_{вых} = 52$)

$T_{пр}$ – праздничные дни по кадровым вопросам. Вопросы применения ст. 112 ТК РФ, ($T_{пр} = 14$).

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 5.

Таблица 5 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дн и		t_{max} , чел-дн и		$t_{ожг}$, чел-дни		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2		5		3,2		3,2		3,9	
2. Календарное планирование выполнения ВКР	1	1	4	4	2,2	2,2	2,2	2,2	2,68	2,68
3. Обзор научной литературы		5		10		7		7		8,54
4. Выбор методов исследования	2	2	5	5	3,2	3,2	3,2	3,2	3,9	3,9
5. Планирование эксперимента	2	5	5	10	3,2	7	3,2	7	3,9	8,54
6. Проведение эксперимента		15		25		19		19		23,18
7. Анализ полученных результатов НИР		10		10		10		10		12,2

8. Оценка эффективности результатов	2	2	5	5	3,2	3,2	3,2	3,2	3,9	3,9
9. Составление пояснительной записки		5		15		9		9		10,98
10. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	2	10	5	15	3,2	12	3,2	12	3,9	14,64
11. Социальная ответственность	2	10	5	15	3,2	12	3,2	12	3,9	14,64
Итого	13	65	34	114	21,4	84,6	21,4	84,6	25,62	103,21

Примечание: Исп. 1 – научный руководитель, Исп. 2 – студент-инженер.

	результатов НИР		2,2										
8	Оценка эффективности результатов	Исп 1	3,9										
		Исп 2	,9										
9	Составление пояснительной записки	Исп 2	0,98										
10	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Исп 1	3,9										
		Исп 2	4,64										
11	Социальная ответственность	Исп 1	3,9										
		Исп 2	4,64										

- Исп 1 (научный руководитель)

- Исп 2 (студент-инженер)

4.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением.

4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты на проведение исследования представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Затраты на проведение исследования

Наименование статей	Кол-во	Цена, руб./кол-во	Итого затраты, руб.
Литиевые таблетки Li	1	5,6	5,6
Медная фольга Cu	1	5,6	5,6
Тетрагидрата ацетата марганца $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Mn}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1	5,9	5,9
Лимонная кислота $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$	1	2,26	2,26
соляная кислота HCl	1	4,76	4,76
Фторид лития LiF	1	27	27
Карбонат лития Li_2CO_3	1	63,6	63,6
MAX	1	45,2	45,2
Тетрагидрат ацетата никеля $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ni}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1	5,9	5,9
Тетрагидрат ацетата кобальта $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Co}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1	4,9	4,9
Итого:			170,72руб.

4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Расчет амортизации производится на находящееся в использовании оборудование. В итоговую стоимость проекта входят отчисления на

амортизацию за время использования оборудования в статье накладных расходов.

Таблица 8 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Машина для очистки сверхчистой воды WP-RO-10	1	10	47,6	47,6
2	Рентгеновский дифрактометр D8Advance	1	20	15000	15000
3	Сканирующий электронный микроскоп SU8020	1	20	30000	30000
4	Электрохимический тестер Land 2100	1	20	654	654
5	Магнитная мешалка SZCL-2	1	10	21,4	21,4
6	Электронные весы BSA124S	1	20	146	146
7	Машина для сублимационной сушки BIOCOOL	1	10	12	12
8	Ультразвуковой очиститель SB-5200DT	1	10	33	33
9	Магнитная мешалка SZCL-2	1	10	27,4	27,4
Итого					45941,4 тыс. руб.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации:

$$H_A = \frac{1}{n},$$

(4.6)

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация:

$$\frac{H_A I}{12} \cdot m, \quad A = \quad (4.7)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.; m – время использования, мес.

Рассчитаем амортизацию для магнитных мешалок SZCL-2, с учётом, что срок полезного использования 10 лет:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{10} = 0,1$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

Машина для очистки сверхчистой воды WP-RO-10:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m = \frac{0,1 \cdot 47600}{12} \cdot 0,1 = 39,6 \text{ руб.}$$

Рентгеновский дифрактометр D8Advance: 3125 руб.

Сканирующий электронный микроскоп SU8020: 6250 руб.

Электрохимический тестер Land 2100: 272,5 руб.

Магнитная мешалка SZCL-2: 17,8 руб.

Электронные весы BSA124S: 60,8 руб.

Машина для сублимационной сушки BIOCOOL: 10 руб.

Ультразвуковой очиститель SB-5200DT: 27,5 руб.

Магнитная мешалка SZCL-2: 22,8 руб.

Суммарные затраты амортизационных отчислений:

$$A = 39,6 + 3125 + 6250 + 272,5 + 17,8 + 60,8 + 10 + 27,5 + 22,8 \\ = 9826 \text{ руб.}$$

4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата $Z_{осн}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{он} \cdot T_p, \quad (4.8)$$

где $Z_{он}$ – среднедневная заработная плата, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн.

(таблица 9).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{он} = \frac{Z_m \cdot M}{F_о} = \frac{51285 \cdot 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб.},$$

где Z_m – должностной оклад работника за месяц;

$F_о$ – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей, раб.дн.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{он} = \frac{Z_m \cdot M}{F_о} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.}.$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_m = Z_{мс} \cdot (1 + k_{пр} + k_о) k_p = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.}$$

– для инженера:

$$Z_m = Z_{мс} \cdot (1 + k_{пр} + k_о) k_p = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.},$$

где Z_{mc} – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;

k_p – премиальный коэффициент, равен 0,3;

k_o – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2;

k_r – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 9 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52/14	104/14
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	48/5	24/10
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 10 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	Z_{mc} , руб	k_p	k_o	k_r	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	21	45093,3
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	30	52293
Итого:								97386,3

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 45093,3 = 6764 \text{ руб.}$$

– для инженера:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 52293 = 7844 \text{ руб.}$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяются по формуле:

Для руководителя:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (45093,3 + 6764) = 15557,19 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (52293 + 7844) = 18041 \text{ руб.}$$

$k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2023 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

4.3.5 Накладные расходы

Накладными расходами учитываются прочие затраты организации, такие как: печать и ксерокопирование проектировочных документов, оплата услуг связи.

Накладные расходы в целом:

$$\begin{aligned} Z_{накл} &= (\text{сумма статей } 1 \div 6) \cdot k_{нр} \\ &= (9826 + 170,72 + 97386,3 + 14608 + 33598,2) \cdot 0,2 = 31117,85 \text{ руб.} \end{aligned}$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ «Безанодные литий-металлические батареи на основе многослойного катодного

материала с высоким содержанием лития» по форме, приведенной в таблице 11.

Таблица 11 – Группировка затрат по статьям

Статьи							
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Итого бюджетная стоимость
9826	170,72	97386,3	14608	33598,2	155589.2	31117,85	186707.05

4.4 Ресурсоэффективность

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

$$I_{\text{ФИНР}}^{\text{ИСП}i} = \frac{\Phi_{Pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.9)$$

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

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (4.10)$$

В таблице 12 представлена сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта. Данный проект сравнивается с методикой качественного анализа материалов, заложенной в программе как базовая.

Таблица 12. Сравнительная оценка характеристик

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Данный проект	Графеновый материал
Физические свойства	0.3	5	4
Энергосбережение	0.25	4	3
Надежность	0.25	4	4
Материалоемкость	0.2	4	3
Интегральный показатель ресурсоэффективности		4.3	3.55

Характеристики имеют схожие критерии, так как методики реализованы для одного прибора. Каждая из представленных методик реализована для определённой задачи.

Пример расчёта интегрального показателя ресурсоэффективности:

$$I_p = 0.3 \cdot 5 + 0.25 \cdot 4 + 0.25 \cdot 4 + 0.2 \cdot 4 = 4.3$$

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

$$I_{исп} = \frac{I_{pi}}{I_{финр}}, \quad (4.11)$$

Сравнительная эффективность проекта определяется по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{д.п.}}{I_{исп}}, \quad (4.12)$$

В таблице 13 представлена сравнительная эффективность данного проекта с базовой методикой качественного анализа материалов.

Таблица 13. Сравнительная эффективность

Показатели	Данный проект	Базовая методика качественного анализа материалов
Интегральный финансовый показатель	1	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности	4.3	3.55
Интегральный показатель эффективности	4.3	3.55
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1.21	0.83

Анализируя данные таблицы 13, использование MXene более эффективно, чем использование графеновых материалов. Традиционная оценка экономической эффективности полученных результатов невозможны, т.к. они носят чисто научный характер.

Вывод

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы.

1. Были определены потенциальные потребители итогового продукта. Наиболее заинтересованными оказались фирмы по производству электронных изделий и исследовательские центры.

2. Проведен SWOT-анализ продукта. Анализ показал, что технология, находясь на этапе разработки, имеет хорошие шансы на коммерциализацию, с учетом проявляемого интереса партнеров и удачных исследований.

3. При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество календарных дней для выполнения работы – 85 дней; общее количество календарных дней, в течение которых работал студент-инженер, – 85; общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель, – 21.

4. Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 186707.05 руб;

5. Проведена оценка результатов ресурсоэффективности, которая составила 4,3 из 5, что превосходит другие материалы. Таким образом, материал МХене является наиболее эффективным вариантом.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
150Б91	Дэн Юйтун

Школа	ИЯТШ	Отделение (НОЦ)	ОЭФ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	03.03.02 Физика

Тема ВКР:

Безанодные литий-металлические батареи на основе многослойного катодного материала с высоким содержанием лития

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p>Объект исследования: Безанодные литий-металлические батареи на основе многослойного катодного материала с высоким содержанием лития.</p> <p>Область применения: иПроизводство компьютеров и оборудования и т.д.</p> <p>Рабочая зона: лаборатория для исследования высокотвердых материалов (Цзилиньский университет, КНР).</p>
<p>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</p>	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Специальные: должностная инструкция работника.</p> <p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 02.12.2019).</p> <p>ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования (дата введения: 01.01.1979).</p> <p>ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования (дата введения: 01.01.1979).</p>
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p>Вредные производственные факторы: шум на рабочем месте, отклонение показателей микроклимата, недостаточная освещенность рабочей зоны.</p> <p>Опасные производственные факторы: электрический ток.</p> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: противозумные наушники, вентиляция, кондиционирование воздуха,</p>

	перчатки, респираторы.
3. Экологическая безопасность при эксплуатации	Требование экологической безопасности при проектировании, разработке, эксплуатации, техническом обслуживании электрооборудование и сточные воды, образующиеся в ходе исследований
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	Возможные ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения: авария, взрыв, загрязнение атмосферы отравляющими веществами. Наиболее типичная ЧС: пожар в помещении.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Сечин А.И.	Д.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б91	Дэн Юйтун		

5 Социальная ответственность

Введение

Основой работы является получение безанодной литий-металлической батареи с обогащенным литием материалом (LLMO) в качестве положительного электрода и материалом MXene в качестве коллекторного покрытия, а также изучение влияния материала MXene в качестве коллекторного покрытия на эффективность цикла работы батареи. Это исследование включает в себя работу различных устройств. Таким образом, при проведении данного исследования особенно важно изучить установку оборудования для приготовления материалов положительных и отрицательных электродов и оборудования для тестирования аккумуляторов.

Центрифуга и перчаточный ящик используются для получения материала с высоким содержанием лития для положительного электрода (LLMO) и материала с отрицательным электродом MXene и процесса сборки батареи; внешний вид материала характеризуется с помощью рентгеновского дифрактометра и сканирующего электронного микроскопа; а батарея циклически тестируется электрохимическим тестером. Тест производительности. Анализ и обработка результатов, а также построение диаграммы осуществляются с использованием компьютерной программы origin.

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

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

5.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства

Организации должны соблюдать требования трудового кодекса Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ [30].

Согласно данному документу, нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю, в данном случае продолжительность рабочей недели составляет шесть дней. Как следствие, применяется следующий режим работы: с понедельника по пятницу 7 часов в день, в субботу 5 часов в день. Оплата труда производится в размере не ниже уровня МРОТ, и нормы труда установлены в соответствии с уровнем техники, технологии, организации производства и труда.

Компенсации и гарантии регламентируются в трудовом кодексе Российской Федерации, в локальных нормативных актах, в коллективном договоре и трудовом договоре.

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

Рабочее место располагается в В105 аудитории лаборатории для исследования высокотвердых материалов (Цилиньский университет, КНР), лаборатория представляет собой комнату размером 8 м на 5 м, высотой 3 м, в лаборатории находится 2 окна (с видимым светом), постоянно 8 человека.

При проведении лабораторных работ работник лаборатории находится в положении стоя или сидя. Следовательно, при организации

рабочего места лаборанта требуется соблюдение нормативов ГОСТ 12.2.032-78 [31] и ГОСТ 12.2.033-78 [32].

Лаборатория оснащена отоплением и вентиляцией. Для отделки помещений используют диффузно-отражающие материалы. Поверхность пола соответствует следующим требованиям: ровность, удобство для очистки, наличие антистатических свойств, отсутствие выбоин. В помещении держат аптечку первой медицинской помощи и огнетушитель. Расположение рабочего стола обеспечивает удобство работы за ним и дает возможность осмотра, а также ремонта находящегося на нем оборудования.

5.2 Производственная безопасность

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

Исследование выполнялось в лаборатории для исследования высокотвердых материалов (Цзилинский университет, КНР) (ауд. В105 1 корпус). Для исследования материалов использовались центрифуга, электрохимический тестер, рентгеновский дифрактометр, сканирующий электронный микроскоп и другое оборудование.

Для идентификации потенциальных факторов использован ГОСТ 12.0.003-2015 [33]. Перечень выявленных возможных опасных и вредных факторов представлен в таблице 14.

Таблица 14– Перечень опасных и вредных фактором технологии производства

Факторы (ГОСТ)	Этапы работ	Нормативные документы
-------------------	-------------	--------------------------

12.0.003-2015)	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Превышение уровня шума		+		ГОСТ 12.1.003-2014 [34] СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [35] ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ [36]
2. Отклонение показателей микроклимата	+	+		ГОСТ 12.1.005-88 [37] ГОСТ 12.1.007-76.ССБТ [38] СанПиН 1.2.3685-21 [39] ГОСТ 12.4.011-89 [40]
3. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 [41] ГОСТ Р 12.1.019-2009 [42]
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+		СанПиН 1.2.3685-21 [39]

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

5.2.2.1 Анализ показателей шума

Гигиенические нормативы по шуму устанавливаются национальным законодательством.

В таблице 15 показаны допустимые уровни шума представленные в Санитарных нормах.

Таблица 15 – Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБА

Категория	Категория тяжести трудового процесса
-----------	--------------------------------------

напряженности трудового процесса	легкая физическая нагрузка	средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени	тяжелый труд 3 степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 степени	60	60	-	-	-
Напряженный труд 2 степени	50	50	-	-	-

Работа инженера в лаборатории относится к категории работ с легкой степенью напряжённости и с легкой физической нагрузкой. Для рабочих мест таких работников предельно допустимый уровень шума составляет 80 дБА.

Длительное воздействие шума является причиной возникновения определенных заболеваний нервной системы.

С воздействием шума, превышающего норму, связано повышение артериального давления, снижение слуха, и т. п. [43].

Показатели уровня шума в лаборатории соответствуют нормативам.

При превышении норм по шуму нужно принимать меры по снижению уровня шума и защите работников от его воздействия в соответствии с [36], используя в том числе такие меры, как:

- применение противошумных наушников;
- оборудование акустических экранов;

Кроме того, необходимо рационально размещать рабочие места, а также создавать шумозащищенные зоны.

5.2.2.2 Анализ показателей микроклимата

Показателями микроклимата производственных помещений называются температура и относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха.

В таблице 16 обозначены оптимальные и допустимые показатели микроклимата в рабочей зоне производственного помещения для категории работ «Легкая Ia» по ГОСТ 12.1.005-88.

Таблица 16 – Требования к микроклимату помещения для категории работ «Легкая Ia»

Период года	Температура, °С					Относительная влажность, %		Скорость движения, м/с	
	оптимальная	допустимая				оптимальная	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных, не более	оптимальная, не более	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных
		верхняя граница		нижняя граница					
		на рабочих местах							
	постоянных	непостоянных	постоянных	непостоянных					
Холодный	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	Не более 0,1
Теплый	23-25	28	30	22	20	40-60	55 (при 28°С)	0,1	0,1-0,2

Влажность воздуха влияет на терморегуляцию организма: с высокой влажностью связано затруднение терморегуляции, слишком низкая влажность приводит к пересыханию слизистой оболочки дыхательных путей.

Движение воздуха в значительной степени отражается на самочувствии человека: результатом движения воздуха меньше нормы

является головная боль; вследствие движения воздуха больше нормы возможны переохлаждение и простудные заболевания.

Если температуры окружающего воздуха высокие, то это может приводить к перегреву, обмороку, тепловому удару, обезвоживанию. Если температура окружающего воздуха на рабочем месте слишком низкая, то это может приводить к простудным заболеваниям, снижению иммунитета, замерзанию [44].

В лаборатории существует опасность, что скорость движения воздуха недостаточна, и исследователи не могут работать в этой среде в течение длительного периода времени.

В ходе выполнения данной ВКР в лаборатории используется концентрированная соляная кислота и концентрированная серная кислота.

В случае превышения ПДК вредных веществ в воздухе у работников лаборатории может случиться головокружение, потеря сознания, нарушение памяти и пр. Порошки могут вызвать бронхиальную астму и расстройство кишечного тракта. Возможно раздражение кожного покрова, глаз. Порошки способны вызывать аллергические заболевания. Последствия для человека от запылённости наночастицами могут быть весьма серьезны – это болезни дыхательной системы, ее внутренние повреждения, повышенная вероятность появления аллергий и раздражений.

На предприятиях, производственная деятельность которых связана с вредными веществами, должны быть разработаны нормативно-технические документы по безопасности труда при производстве, применении и хранении вредных веществ, а также выполнены комплексы организационно-технических, санитарно-гигиенических и медико-биологических мероприятий.

Необходимо аккуратно работать с порошками, при проветривании помещения, необходимо убирать порошки от прямого воздействия поступающего воздуха. Уменьшению запыленности помещений могут

служить также следующие меры: соблюдение герметичности оборудования; недопущение скопления оседающей пыли на оборудовании; ежедневная текущая очистка помещений и регулярная генеральная уборка пыли с использованием централизованной системы пневмоуборки. Для предотвращения попадания вредных веществ в организм работника рекомендуется использовать респираторы, противогазы, маски; очки; перчатки; специальная противопылевая одежда; защитные пасты и мази. Контролем содержания вредных примесей в воздухе и на рабочих местах занимается санитарная лаборатория.

Для обеспечения соответствия показателей микроклимата требуемым оптимальным и допустимым нормам следует проводить измерение показателей микроклимата в соответствии с требованиями, представленными в СанПиН 1.2.3685-21.

Чтобы поддерживать требуемые параметры микроклимата в рабочей зоне, используют защиту от источников теплового излучения, систему вентиляции, кондиционирование воздуха, отопление, влажную уборку, увлажнение воздуха.

В лабораториях материаловедения требуется выполнение санитарно-гигиенических, медико-биологических и организационно-технических мероприятий:

- вентиляция и очистка воздуха;
- кондиционирование воздуха;
- локализация вредных факторов;
- отопление;
- автоматический контроль и сигнализация;
- дезодорация воздуха;
- использование оборудования и препаратов для дезинфекции, ограждающих устройств, знаков безопасности;

– применение перчаток и респираторов в качестве средств защиты рук и органов дыхания.

5.2.2.3 Анализ электробезопасности

Электрический ток рассматривается в качестве повышенного источника опасности. Лаборатория относится к помещениям с повышенной опасностью. В таблице 17 выделены предельно допустимые значения электрического тока при неаварийном режиме работы электрооборудования.

Таблица 17 – Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов

Род тока	U, В	I, мА
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Основными источниками поражения электрическим током являются поврежденная проводка, розетка, выключатель и открытые металлические участки электроприборов.

К основным причинам воздействия тока на человека относятся ситуации: 1) человек случайно прикасается или приближается на опасное расстояние к токоведущим частям; 2) в результате повреждения изоляции или ошибочных действий персонала на металлических частях оборудования появляется напряжение; 3) напряжение появляется на отключённых токоведущих частях, где работают люди, в связи с ошибочным включением установки; 4) провод замыкается на землю, в результате чего появляется шаговое напряжение на поверхности земли [45].

Электрический ток оказывает на человека следующие виды воздействия:

1) термическое – приводит к ожогам, нагреву кровеносных сосудов и других органов, вследствие чего в них появляются функциональные расстройства;

2) электролитическое – для электролитического действия тока характерно разложение крови и других органических жидкостей, что приводит к нарушениям их физико-химического состава;

3) механическое – повреждения (разрыв, расслоение и др.) различных тканей организма в результате электродинамического эффекта;

4) биологическое – может являться причиной нарушения и полного прекращения деятельности органов дыхания и кровообращения [46].

Электробезопасность включает следующие технические и организационные средства и мероприятия, предназначенные для обеспечения защиты людей от воздействия тока:

- выполнение электроустановок в соответствии с требованиями электробезопасности;
- использование электрического разделения;
- применение системы защитных проводов; применение электрического разделения сети.

5.2.2.4 Анализ показателей освещенности рабочей зоны

Нормы освещения лабораторий по [39] представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения в лабораториях

Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещённости (Г – горизонтальная, В –	Естественное освещение КЕО ен, %		Совмещённое освещение КЕО ен, %		Искусственное освещение			
	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	Освещённость, лк		Показатель дискомфорта, М, не более	Коэффициент пульсации и освещённости, КЕО
					при комбинированном освещении	при общем освещении		

вертикаль ная) и высота плоскости над полом, м	нии		нии						ен, %, не более
					все го	от общ его			
Г-0,8	2.4	1.9	2.0	0,5	397	255	367	37	37

В результате неблагоприятных условий освещения может утомляться зрительный анализатор, снижаться работоспособность, могут появляться профессиональные заболевания [47].

С неблагоприятными условиями освещения связано повышенное утомление и развитие близорукости. Неблагоприятные условия освещения вызывают повышенное утомление и апатию.

Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения способствует световому голоданию и снижению интенсивности обмена веществ в организме.

Для правильного освещения в лаборатории необходимо верно выбирать вид освещения, количество и расположение ламп, тип осветительных приборов. Лаборатория должна быть освещена верхним общим освещением.

Используемое в лаборатории освещение обеспечивает достаточную освещенность рабочей поверхности, освещенность стабильная, без блескости и без теней.

В результате неблагоприятных условий освещения может утомляться зрительный анализатор, снижаться работоспособность, могут появляться профессиональные заболевания.

С неблагоприятными условиями освещения связано повышенное утомление и развитие близорукости. Неблагоприятные условия освещения вызывают повышенное утомление и апатию.

Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения способствует световому голоданию и снижению интенсивности обмена

веществ в организме.

Для правильного освещения в лаборатории необходимо верно выбирать вид освещения, количество и расположение ламп, тип осветительных приборов. Лаборатория должна быть освещена верхним общим освещением.

Используемое в лаборатории освещение обеспечивает достаточную освещенность рабочей поверхности, освещенность стабильная, без блескости и без теней.

5.3 Экологическая безопасность

5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

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

5.3.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.

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

IEC 61010-1, EN 61010-1;

UL 61010-1, CSA 61010-1.

Основное воздействие на окружающую среду оказывают сточные воды, образующиеся в процессе производства богатых литием катодных материалов (LLMO) для литиевых батарей. Сточные воды имеют сложный состав, плохие биохимические свойства и токсичны.

5.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Сточные воды в основном состоят из маточного раствора и промывочной воды, и их основными компонентами являются сульфат натрия и свободный аммиак, а также небольшое количество Ni, Co, Mn и других металлов. Лучшим решением для очистки такого рода сточных вод является извлечение ионов тяжелых металлов, а затем дезаминирование, выпаривание и рекуперация натриевой соли для достижения всестороннего использования и нулевого выброса всех компонентов.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Под чрезвычайными ситуациями понимаются опасные события или явления, в результате чего нарушается безопасность жизнедеятельности.

В лаборатории наиболее вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера. В качестве наиболее распространенной вероятной ЧС в лаборатории выделяют пожар. Помещение лаборатории по степени пожароопасности относится к классу П-П, так как в нем т. к. в нём присутствует выделение пыли и волокон во взвешенном состоянии [48].

ЧС техногенного характера называются ситуации, которые возникают в результате производственных аварий и катастроф на объектах;

пожаров, взрывов на объектах; загрязнения атмосферы отравляющими веществами. Следствием ЧС техногенного характера могут быть внезапное обрушение зданий и сооружений, нарушение работы энергетических сетей, коммунального жизнеобеспечения, очистных сооружений, технологических линий и т. д.

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

Причины возникновения пожара могут быть электрического и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера: халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня); самовоспламенение и самовозгорание веществ.

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

В случае возникновения ЧС на предприятии, в лаборатории необходимо выполнить следующий комплекс мероприятий: 1) эвакуация; 2) укрытие людей в защитных сооружениях; 3) обеспечение индивидуальными средствами защиты; 4) организация медицинской помощи пострадавшим.

Для устранения причин возникновения пожаров в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия: а) сотрудникам лаборатории необходимо пройти противопожарный инструктаж; б) необходимо знание сотрудниками расположения средств

пожаротушения и умение ими пользоваться; в) требуется обеспечить правильный тепловой и электрический режим работы оборудования; г) пожарный инвентарь и первичные средства пожаротушения необходимо содержать в исправном состоянии и располагать на видном и легко доступном месте.

Если в организации возник пожар, то после его ликвидации определяется возможность дальнейшего использования оборудования и имеющихся коммуникаций. В лаборатории исследовательское оборудование, трубопроводы, электрооборудование проверяются на соответствие их состояния нормам пожарной безопасности. В случае отсутствия повреждений можно продолжать работу [49].

Вывод

В результате проведенных исследований в рамках раздела «Социальная ответственность» были изучены правовые нормы трудового законодательства при проведении исследований безанодных литий-металлических аккумуляторов на основе катодных материалов, богатых литием.

Проанализированы основные вредные и опасные факторы, которые могут возникать в процессе исследований, при разработке и эксплуатации проекта: показатели микроклимата, уровень шума, освещенность рабочей зоны, значения опасности электрической цепи, потенциальные опасности пожара. Были описаны мероприятия по снижению уровней воздействия данных факторов.

Рассмотрен характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. В процессе исследований было установлено, что сточные воды, полученные в процессе приготовления катодного материала, будут воздействовать на водяное кольцо. Чтобы избежать загрязнения

окружающей среды, сточные воды обрабатываются в строгом соответствии с соответствующими документами.

Проанализированы природные и технические чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть в лаборатории. Для предотвращения чрезвычайных ситуаций были разработаны превентивные меры, а также разработаны процедуры для обработки чрезвычайных ситуаций. Таким образом, при проведении лабораторных исследований могут применяться требования и меры, указанные в работе, а также порядок действий при чрезвычайных ситуациях также может быть задействован на производстве.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

1. приведены литературный обзор по теме ВКР.
2. освоены установка и методы для подготовки материалов и тестирования аккумуляторов.
3. Получены внешнего вида и формы материалов LLMO и MXene с помощью дифракции рентгеновских лучей и сканирующей электронной, получены диаграммы кулоновского КПД батареи прошло электрохимическое испытание батареи

4. По результатам исследований получены следующие выводы:

Средний кулоновский эффективность батарей с богатым литием материалом LLMO в качестве положительного электрода может достигать более 98%, что доказывает, что богатый литием материал обладает хорошими циклическими характеристиками.

Батареи с MXene в качестве материала коллекторного покрытия обладают более высокой кулоновской эффективностью и более высокой плотностью энергии, чем батареи с «голой» медью в качестве отрицательного электрода.

На СЭМ-изображениях, полученных после 10 циклов, было обнаружено, что осаждение лития на основе MXene более тонким, что доказывает, что материал MXene может лучше подавлять рост литиевых дендритов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] DING Yuwen, ZENG Yaorui, ZENG Xiangyu. Research on the development of new energy battery industry under the goal of "dual carbon"[J]. Cooperative Economy and Technology, 2023(1):3.
- [2] Zhang, Qi,Luan, Jingyi,Tang, Yougen. Interfacial Design of Dendrite-Free Zinc Anodes for Aqueous Zinc-Ion Batteries[J].Angewandte Chemie.2020,59(32).13180-13191.M. Hagen, D. Hanselmann, K. Ahlbrecht, R. Maça, D. Gerber, J. Tübke, Adv. Energy Mater. 2015, 5, 1401986.
- [3] J. Sun , Y. Zhao , H. Yang , C. Chen and J. Chen , Chem. Commun., 2017, 53 , 9312 —9315
- [4] J. Liu , Z. Bao , Y. Cui , E. J. Dufek , J. B. Goodenough , P. Khalifah , Q. Li , B. Y. Liaw , P. Liu , A. Manthiram , Y. S. Meng , V. R. Subramanian , M. F. Toney , V. V. Viswanathan , M. S. Whittingham , J. Xiao , W. Xu , J. Yang , X.-Q. Yang and J.-G. Zhang , Nat. Energy, 2019, 4 , 180 —186
- [5] X. Li , G. Yang , S. Zhang , Z. Wang and L. Chen , Nano Energy, 2019, 66 , 104144
- [6] H. Li Joule, 2019, 3 , 911 —914
- [7] XIE Z K,WU Z J,AN X W,et al.Anode-free rechargeable lithium metal batteries:Progress and prospects[J].Energy Storage Materials,2020,32:386-401.
- [8] ZHANG J G.Anode-less[J].Nature Energy,2019,4(8):637-8.
- [9] WEBER R,GENOVESE M,LOULI A J,et al.Long cycle life and dendrite-free lithium morphology in anode-free lithium pouch cells enabled by a dual-salt liquid electrolyte[J].Nature Energy,2019,4(8):683-9.
- [10] LOULI A J,ELDESOKY A,WEBER R,et al.Diagnosing and correcting anode-free cell failure via electrolyte and morphological analysis[J].Nature Energy,2020,5(9):693-702.

- [11] LEE Y G, FUJIKI S, JUNG C, et al. High-energy long-cycling all-solid-state lithium metal batteries enabled by silver-carbon composite anodes[J]. *Nature Energy*, 2020, 5(4):299-308.
- [12] CHEN J, LI Q, POLLARD T P, et al. Electrolyte design for Li metal-free Li batteries [J]. *Materials Today*, 2020, 39:118-26.
- [13] NEUDECKER B J, DUDNEY N J, BATES J B. "Lithium-free" thin-film battery with in situ plated Li anode[J]. *Journal of the Electrochemical Society*, 2000, 147(2):517- 23.
- [14] QIAN J F, ADAMS B D, ZHENG J M, et al. Anode-Free Rechargeable Lithium Metal Batteries[J]. *Advanced Functional Materials*, 2016, 26(39):7094-102.
- [15] X.B. Cheng, R. Zhang, C.Z. Zhao, Q. Zhang *Chem. Rev.*, 117 (2017), pp. 10403-10473
- [16] S.S. Zhang, X. Fan, C. Wang *Electrochim. Acta*, 258 (2017), pp. 1201-1207
- [17] S. Tang, Z. Qiu, X.-Y. Wang, Y. Gu, X.-G. Zhang, W.-W. Wang, J.-W. Yan, M.-S. Zheng, Q.-F. Dong, B.-W. Mao
- [18] LUO L, LI J Y, AST H Y, et al. A 3D Lithiophilic Mo₂N-Modified Carbon Nanofiber Architecture for Dendrite-Free Lithium-Metal Anodes in a Full Cell[J]. *Advanced Materials*, 2019, 31(48).
- [19] ZHANG Y, ZUO T T, POPOVIC J, et al. Towards better Li metal anodes: Challenges and strategies[J]. *Materials Today*, 2020, 33:56-74.
- [20] Arumugam Manthiram, Yongzhu Fu, Sheng-Heng Chung, et al. Rechargeable Lithium–Sulfur Batteries[J]. *Chem Rev*, 2014, 114(23):11751-11787.
- [21] ZHANG S S, FAN X L, WANG C S. A tin-plated copper substrate for efficient cycling of lithium metal in an anode-free rechargeable lithium battery[J]. *Electrochimica Acta*, 2017, 258:1201-7.

- [22] LIM Y-G, KIM D, LIM J-M, et al. Anti-fluorite Li_6CoO_4 as an alternative lithium source for lithium ion capacitors: an experimental and first principles study [J]. *Journal of Materials Chemistry A*, 2015, 3(23): 12377-85.
- [23] W.W. Wang, X.Y. Yue, J.K. Meng, J.Y. Wang, X.X. Wang, H. Chen, D.R. Shi, J. Fu, Y.N. Zhou, J. Chen, Z.W. Fu, Lithium phosphorus oxynitride as an efficient protective layer on lithium metal anodes for advanced lithium-sulfur batteries, *Energy Storage Mater.* 18 (2019) 414-422.
- [24] H.S. Wang, Y.Y. Liu, Y.Z. Li, Y. Cui, Lithium metal anode materials design: interphase and host, *Electrochem. Energy Rev.* 2 (2019) 509-517.
- [25] Y. Li, Y. Sun, A. Pei, K. Chen, A. Vailionis, Y. Li, G. Zheng, J. Sun, Y. Cui, Robust pinhole-free Li_3N solid electrolyte grown from molten lithium, *ACS Central Sci.* 4 (2018) 97-104.
- [26] Lee E. S. ; Manthiram A. *J. Mater. Chem. A* 2014, 2 (11), 3932.
- [27] ALHABEB M, MALESKI K, ANASORI B, et al. Guidelines for Synthesis and Processing of Two-Dimensional Titanium Carbide ($\text{Ti}_3\text{C}_2\text{Tx}$ MXene) [J]. *Chemistry of Materials*, 2017, 29(18): 7633-44.
- [28] Lu C , Wu H , Zhang Y , et al. Cerium fluoride coated layered oxide $\text{Li}_{1.2}\text{Mn}_{0.54}\text{Ni}_{0.13}\text{Co}_{0.13}\text{O}_2$ as cathode materials with improved electrochemical performance for lithium ion batteries [J]. *Journal of Power Sources*, 2014, 267: 682-691.
- [29] Yabuuchi N , Yoshii K , Myung S T , et al. Detailed studies of a high-capacity electrode material for rechargeable batteries, $\text{Li}_2\text{MnO}_3\text{-LiCo}(1/3)\text{Ni}(1/3)\text{Mn}(1/3)\text{O}_2$. [J]. *Journal of the American Chemical Society*, 2011, 133(12): 4404.
- [30] Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 02.12.2019).
- [31] ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования (дата введения: 01.01.1979).

[32] ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования (дата введения: 01.01.1979).

[33] ГОСТ 12.0.003-2015. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (дата введения: 01.03.2017).

[34] ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности (дата введения: 01.11.2015).

[35] СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки (утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31 октября 1996 г.).

[36] ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация (дата введения: 01.07.1981).

[37] ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (дата введения: 01.01.1989).

[38] ГОСТ 12.1.007-76. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (дата введения: 01.01.1977).

[39] СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (утв. Постановлением № 2 от 28 января 2021 г.).

[40] ГОСТ 12.4.011-89. ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация (дата введения: 01.07.1990).

[41] ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов (дата введения: 01.07.1983).

[42] ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты (дата введения: 01.01.2011).

[43] Микроклимат на рабочем месте [Электронный ресурс] // Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Кемеровской области –

Кузбассу. – 2016. – URL: <http://42.rospotrebnadzor.ru/content/874/54136/> (дата обращения: 20.03.2023).

[44] Мушников, В. С. Условия труда работающих: влияние нагревающего микроклимата промышленных помещений на организм человека: Методическая разработка / В. С. Мушников, В. В. Вьюхин, В. И. Лихтенштейн, Л. Г. Турчанинов. – Екатеринбург: УрФУ, 2019. – 22 с.

[45] Назаренко, О. Б. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / О. Б. Назаренко. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 144 с.

[46] Куликов, Г. Б. Безопасность жизнедеятельности: учебник / Г. Б. Куликов. – М.: МГУП, 2010. – 408 с.

[47] Михалёва, К. А. Влияние параметров световой среды на здоровье человека / К. А. Михалёва [Электронный ресурс] // Городской округ Верхотурский. – 2017. – URL: <http://adm-verhotury.ru/social/helth/media/2017/10/16/vliyanie-parametrov-svetovoj-sredyi-na-zdorove-cheloveka/> (дата обращения: 20.03.2023).

[48] СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий (с изменениями на 14 февраля 2022 года).

[49] ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 № 123-ФЗ (с изменениями от 30 апреля 2021 года).