



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
Исследование свойств твердотельного аккумулятора

УДК:621.355.035.211.6-404.8

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б91	Лю Байцэнь		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Сыртанов.М.С.	к.т.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		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП/ОПОП

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

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



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

Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки (ООП/ОПОП) 03.03.02 Физика

Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП/ОПОП

_____ Лидер А.М.

(Подпись) (Дата) (ФИО)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
150Б91	Лю Байцэнь

Тема работы:

Исследование свойств твердотельного аккумулятора	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	621.355.035.211.6-404.8

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	06. 06. 2023
--	--------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе (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.)</p>	<p>Порошок сульфида лития (чистота 99,9%), порошок пентасульфида фосфора (чистота 99%) и порошок хлорида лития (чистота 99%); перчаточный бокс для предотвращения контакта материала с кислородом и водой; планетарная шаровая мельница для синтеза материалов; дифрактометр XRD 7000S для проведения рентгенофазового анализа; анализатор импеданса переменного тока для анализа величины сопротивления материала; персональный компьютер с необходимым программным обеспечением для обработки данных</p>
---	--

<p>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке <i>(аналитический обзор литературных источников с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе)</i></p>	<p>Обзор литературных источников Синтез сульфидных твердых электролитов Изучение фазового состава $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Cl}$ с помощью рентгенофазового анализа Исследование проводимости образцов с помощью анализатора импеданса переменного тока Социальная ответственность Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение Заключение</p>
<p align="center">Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p align="center">Раздел</p>	<p align="center">Консультант</p>
<p align="center">Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p align="center">Верховская М.В.</p>
<p align="center">Социальная ответственность</p>	<p align="center">Сечин А.И.</p>
<p align="center">Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:</p>	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p align="center">Доцент ОЭФ ИЯТШ ТПУ</p>	<p align="center">Сыртанов М.С.</p>	<p align="center">К.Т.Н.</p>		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p align="center">150Б91</p>	<p align="center">Лю Байцэнь</p>		



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 150Б91	ФИО Лю Байцэнь
-------------------------	--------------------------

Тема работы:

Исследование свойств твердотельного аккумулятора	
Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	06. 06. 2023

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.10.2022	Аналитический обзор литературы	15
26.12.2022	Синтез сульфидных твердых электролитических материалов	15
06.02.2023	Исследование фазового состава, электропроводности и элементного состава	20
29.04.2023	Анализ результатов	15
10.05.2023	Социальная ответственность	15
10.05.2023	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
05.06.2023	Заключение	5

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭФ ИЯТШ ТПУ	Сыртанов М.С.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП/ОПОП

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

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б91	Лю Байцэнь		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 94 страниц, 15 рисунок, 17 таблица, 34 источника.

Ключевые слова: сульфидный твердый электролит, литий-ионная твердотельная батарея, ионная проводимость, элементное легирование.

Объектом исследования является сульфидный твердый электролит $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Cl}$.

Цель работы – выявление закономерностей изменения ионной проводимости твердого электролита $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Cl}$ при замещении P-элемента.

В процессе исследования проводился аналитический обзор литературы, выбор легирующих элементов, синтез материалов в механической шаровой мельнице, твердофазное спекание образцов, элементный анализ, рентгено-структурный анализ, анализ импеданса переменного тока.

В результате исследования получены образцы $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Cl}$ путем механического измельчения в шаровой мельнице и последующего твердофазного спекания. Исследовано структурно-фазовое состояние образцов до и после легирования, а также проанализирована ионная проводимость образцов до и после легирования.

Область применения: производство литий-ионных твердотельных аккумуляторов.

В будущем планируется изучить структурную стабильность фазы твердотельного электролита сульфида $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Cl}$ после многократных циклов

зарядки/разрядки с целью повышения циклической стабильности и эффективной ёмкости.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	13
ГЛАВА 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	16
1.1 Обзор полностью твердотельных литиевых батарей	16
1.1.1 Характеристики полностью твердотельных аккумуляторов	18
1.1.2 Преимущества полностью твердотельных аккумуляторов	18
1.1.3 Недостатки полностью твердотельных батарей	19
1.2 Обзор твердых электролитов	20
1.2.1 Классификация твердых электролитов	21
1.2.1.1 Полимерный электролит	23
1.2.1.2 Оксидный электролит	25
1.2.1.3 Сульфидный электролит	26
1.3 Присадка	27
1.4 Сепаратор	28
ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	29
2.1 Материалы для изготовления твердотельных аккумуляторов	29
2.2 Способ приготовления сульфидного электролита	30
2.2.1 Способ высокоэнергетического шарового помола	31
2.2.2 Способ закалки расплава	32
2.2.3 Жидкофазный способ	33
2.3 Приготовление образцов $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Cl}$	34
2.4 Рентгеноструктурный анализ (РСА) (X-ray Diffraction (XRD))	35

2.4.1 Рентгеноструктурный анализ образцов $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Cl}$	36
2.5 Принцип проверки импеданса переменного тока	37
2.5.1 Испытание на сопротивление переменному току образца $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Cl}$	38
ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	40
3.1 Легирование материалов $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Cl}$	40
3.2 Выбор легированных элементов	40
3.2.1 Двухвалентный элемент	40
3.2.2 Трехвалентный элемент	41
3.3 Характеристика и анализ материалов $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Cl}$ после легирования Zn^{2+}	41
3.3.1 Рентгеновский анализ	42
3.3.2 Анализ испытания на переменный импеданс	43
3.4 Характеристика и анализ материалов $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Cl}$ после легирования Mg^{2+}	44
3.4.1 Рентгеновский анализ	45
3.4.2 Анализ испытания на переменный импеданс	47
3.5 Характеристика и анализ материалов $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Cl}$ после легирования Sb^{3+}	48
3.5.1 Рентгеновский анализ	48
3.5.2 Анализ испытания на переменный импеданс	50
ГЛАВА 4 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	54
ВВЕДЕНИЕ	54
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	55
4.2 Профессиональная социальная безопасность	57
4.2.1 Отклонение показателей микроклимата	57

4.2.2 Плохая циркуляция воздуха в помещении	59
4.2.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны	61
4.3 Экологическая безопасность	63
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	64
4.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникать в лаборатории при проведении научных исследований	64
4.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действий в случае возникновения ЧС	65
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ	66
ГЛАВА 5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	70
ВВЕДЕНИЕ	70
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	70
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	71
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений	71
5.1.3 SWOT-анализ	72
5.2 Планирование научно-исследовательских работ	74
5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	74
5.2.2 Разработка графика проведения научного исследования	75
5.2.3 Бюджет научно-технического исследования	78
5.2.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического	

исследования	79
5.2.3.2 Расчет амортизации специального оборудования	79
5.2.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы	81
5.2.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	83
5.2.3.5 Накладные расходы	83
5.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	84
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ	87
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	89
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	90

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время глобальный кризис ископаемой энергетики и загрязнение окружающей среды, связанное с ископаемым топливом, становятся все более серьезными. Крайне важно развивать чистую энергетику и уменьшить зависимость жизни и промышленности от ископаемого топлива [1]. Однако чистые источники энергии, такие как солнечная энергия и энергия приливов, ограничены временными и географическими факторами и могут поставляться только с перерывами и не могут широко использоваться. В связи с вышеуказанными проблемами появилась технология накопления энергии. Благодаря таким преимуществам, как длительный срок службы, высокая плотность энергии и отсутствие эффекта памяти, литий-ионные аккумуляторы выделяются среди многих устройств для хранения энергии и постепенно занимают доминирующее положение в портативном электронном оборудовании, новых энергетических транспортных средствах и других областях [2]. Движимая быстрым развитием общества и огромным спросом на рынке, литий-ионная аккумуляторная система постоянно совершенствуется, постепенно развиваясь в направлении длительного срока службы, низкой стоимости, высокой плотности энергии и удельной мощности.

В области электромобилей и крупномасштабных накопителей энергии плотность энергии и безопасность особенно важны. Очевидно, что популяризация новых энергетических транспортных средств в будущем

должна решить проблемы запаса хода аккумуляторов, быстрой зарядки и безопасности. В настоящее время в литий-ионных батареях используются легковоспламеняющиеся и летучие органические электролиты, такие как эфиры, которые могут привести к перегреву электролита, утечке или даже возгоранию и взрыву при возникновении таких аномалий, как перезаряд и короткое замыкание [3]. В то же время органические электролиты склонны к превращению жидкости в твердое тело в низкотемпературных средах, что приводит к резкому снижению ионной проводимости и не может удовлетворить потребности низкотемпературных условий. С точки зрения плотности энергии, из-за непрерывных побочных реакций между электролитом и металлическим литием, для достижения лучшей общей производительности батареи, как правило, в коммерческих литий-ионных батареях в качестве отрицательного электрода используется графит, который может создавать стабильную мембрану из твердого электролита [4]. Что касается катодных материалов, в традиционных литий-ионных батареях обычно используются литиевые соли оксидов переходных металлов, такие как LiCoO_2 , LiFePO_4 и $\text{Li}(\text{NiCoMn})\text{O}_2$, а также другие тройные катодные материалы. Однако, теоретическая удельная емкость материала катода сильно отличается от фактической удельной емкости, и материал тройного катода претерпевает множественные фазовые переходы в процессе заряда и разряда, что серьезно влияет на безопасность и стабильность цикла батареи и нуждается в дальнейшем улучшении [5]. В настоящее время, с развитием

новых технологий, плотность энергии литий-ионных аккумуляторов постепенно приблизилась к теоретическому верхнему пределу, который необходимо учитывать при разработке новых энергетических транспортных средств и крупномасштабных накопителей энергии. Новые аккумуляторные системы необходимо изучать, чтобы повысить их безопасность и устранить проблемы связанные с плотностью энергии.

Таким образом, целью данной работы является выявление закономерностей изменения ионной проводимости твердого электролита $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Cl}$ при замещении Р-элемента.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующий ряд задач:

- Провести синтез твердого электролита $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Cl}$ с помощью твердофазного спекания и механического измельчения шариков.
- Провести легирование $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Cl}$ катионами Zn^{2+} , Mg^{2+} и Sb^{3+} .
- Проанализировать структурно-фазовое состояние синтезированных материалов.
- Проанализировать ионную проводимость твердого электролита $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Cl}$ с замещенным Р элементом.

ГЛАВА1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Обзор полностью твердотельных литиевых батарей

Отрицательный электрод, электролит и положительный электрод полностью твердой литиевой батареи состоят из твердых материалов. Среди них, в то время как твердый электролит пропускает ионы, он также действует как диафрагма, предотвращающая передачу электронов, значительно упрощая структуру батареи [6]. Чтобы предотвратить передачу электронов, твердые электролиты обычно требуют, чтобы отношение электронной проводимости к ионной проводимости было меньше 10^{-4} . Когда заряжаются полностью твердотельные литиевые батареи, положительно заряженные ионы лития мигрируют от положительного электрода к отрицательному электроду через твердый электролит, в то время как направление движения свободных электронов достигается внешней цепью, и два направления одинаковы; процесс разряда - это процесс, обратный процессу зарядки [7]. В твердых электролитах миграция и диффузия ионов лития достигаются за счет дефектов в кристаллической структуре, каналов передачи ионов лития или полимерных цепей. Структура традиционных литий-ионных аккумуляторов и полностью твердотельных литиевых батарей показана на рисунке 1.1. Традиционная литий-ионная батарея (рисунок 1.1б) состоит из положительного электрода (слоистый оксид переходного металла), отрицательного электрода (графит и т.д.) и диафрагмы (толщиной около 10 мкм). Она пропитана органическим

электролитом, и ионы лития мигрируют между положительным и отрицательным электродами через диафрагму. Литий-ионные твердотельные батареи (рисунок 1.1в) представляют собой переходное состояние между литий-ионными батареями и литий-металлическими твердотельными батареями. Активный электролит заменен твердым электролитом, а материалы положительных и отрицательных электродов ничем не отличаются от традиционных литий-ионных батарей. По сравнению с литий-ионными батареями объемная плотность энергии литий-ионных твердотельных батарей не увеличилась. В то же время, поскольку плотность твердых электролитов обычно выше, чем у органических электролитов, массовая плотность энергии батареи снижается на 10%. На рисунке 1.1а показана литий-металлическая твердотельная батарея. Можно обнаружить, что только путем замены графитового отрицательного электрода на литий-металлический отрицательный электрод (теоретическая плотность энергии составляет 3860 мАчг^{-1}) можно одновременно увеличить объемную и массовую плотность энергии батареи.

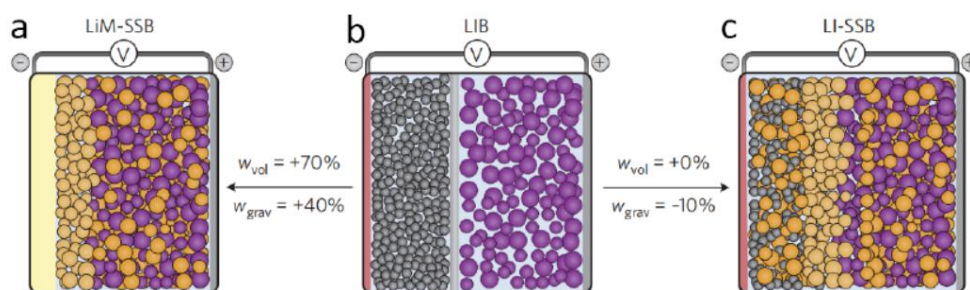


Рисунок 1.1—Типичная структура литий-металлических твердотельных батарей (а), традиционных литий-ионных батарей (б) и литий-ионных твердотельных батарей (в) [8]

1.1.1 Характеристики полностью твердотельных аккумуляторов

Твердотельные аккумуляторы в основном ориентированы на следующие характеристики [9]:

- Низкая стоимость: использование более дешевых материалов и экономически эффективных процессов, а также благодаря высокой плотности энергии.
- Повышенная безопасность: устойчивость к перезарядке, устойчивость к глубокой зарядке.
- Меньшая зависимость от дефицитных материалов: меньшая геологическая зависимость, замена на такие материалы, как литий, кобальт.
- Низкое воздействие на окружающую среду: отсутствие токсичных материалов, тяжелых металлов, опасных химических веществ, экологически чистое производство, материалы легко утилизируются или перерабатываются.
- Другие: возможность глубокой разрядки, быстрой зарядки или разрядки.

1.1.2 Преимущества полностью твердотельных аккумуляторов

По сравнению с традиционными литий-ионными батареями полностью твердотельные аккумуляторы обладают следующими преимуществами [10,11]:

(1) Устраняются скрытые опасности, такие как коррозия и утечка электролита, повышается термостабильность и безопасность, упрощается корпус батареи и модуль системы охлаждения, а также может быть повышена плотность энергии батареи;

(2) Твердый электролит может сохранять стабильность в широком

диапазоне рабочих температур, поэтому диапазон рабочих температур полностью твердой батареи шире, особенно при высоких температурах. Он также может работать нормально;

(3) Некоторые твердые электролиты могут сохранять хорошую химическую стабильность на воздухе, а некоторые процессы производства аккумуляторов не требуют защиты инертными газами, что, как ожидается, снизит производственные затраты;

(4) Некоторые твердые электролиты имеют широкое электрохимическое окно (до 5 В или более), которое, как ожидается, будет соответствовать материалам катода высокого напряжения и вводить электродные материалы высокой емкости, которые трудно использовать в обычных жидких электролитах;

(5) Благодаря использованию твердых электролитов несколько батарей могут быть соединены последовательно, и батареи могут быть непосредственно уложены в упаковку для достижения более высокого рабочего напряжения и уменьшения потерь объема.

(6) Срок службы твердотельной батареи может составлять до 10 лет.

1.1.3 Недостатки полностью твердотельных батарей

К недостаткам полностью твердотельных батарей можно отнести следующее [12,13]:

(1) Дендриты — самая серьезная проблема твердотельных аккумуляторов, не считая стоимости. Дендрит — это кристаллизация литиевого металла,

которая начинается на аноде и может распространиться по всей батарее. Это происходит, когда ионы в твердом электролите соединяются с электронами и создают лист твердого литиевого металла из-за зарядки и разрядки высоким током.

(2) Эти батареи не находят широкого применения в бытовой электронике и электромобилях, поскольку они очень дороги.

(3) Твердотельные батареи имеют замедленную кинетику из-за:

- низкой ионной проводимости;
- высокой межфазной стойкости;
- плохого межфазного контакта.

1.2 Обзор твердых электролитов

С 1970-х годов исследователи никогда не прекращали изучать твердые электролиты. Литий-ионный твердый электролит является твердым в диапазоне рабочих температур, носителем является литий-ионный, ионная проводимость обычно составляет 10^{-4} -- 10^{-2} См·см⁻¹, электронная проводимость обычно ниже 10^{-8} См·см⁻¹, а энергия активации $E_a < 0,5$ эВ [14]. Все твердые электролиты, обсуждаемые в этой работе, являются литий-ионными твердыми электролитами. Твердый электролит является ключевым материалом полностью твердой литиевой батареи и является основой для обеспечения высокой безопасности и превосходных электрохимических свойств батареи. Для изготовления высокопроизводительной полностью твердотельной литиевой батареи твердый электролит должен соответствовать следующим требованиям:

(1) Более высокая ионная проводимость, ионная проводимость должна достигать 1 мСмсм^{-1} в диапазоне рабочих температур (на основе электроники 3С и литиевых батарей power диапазон рабочих температур установлен на $-20-60^\circ\text{C}$). В этом температурном диапазоне только несколько сульфидных электролитов в настоящее время имеют ионную проводимость, которая может достигать 1 мСмсм^{-1} , в то время как большинство оксидных и полимерных электролитов не могут соответствовать требованиям при комнатной температуре. Твердые электролиты обладают более высокой проводимостью при высоких температурах, поэтому можно разрабатывать высокотемпературные аккумуляторные устройства.

(2) Соотношение ионной проводимости и электронной проводимости твердых электролитов должно быть больше 10^4 , и большинство твердых электролитов удовлетворяют этому условию.

(3) Твердый электролит обладает хорошей химической стабильностью для материалов положительных и отрицательных электродов. Стабильность электролитов на материалах положительных и отрицательных электродах всегда была в центре внимания исследований, но соответствие между электролитами различных систем и материалами положительных и отрицательных электродов является относительно сложным, поэтому необходимы более углубленные исследования.

1.2.1 Классификация твердых электролитов

Твердые электролиты обычно включают полимерные электролиты,

оксидные электролиты и сульфидные электролиты. На рисунке 1.2 дана оценка характеристик существующих в настоящее время основных твердых электролитов по шести показателям: проводимость, поверхностное сопротивление, электрохимическое окно, стабильность лития, стабильность на воздухе и способность к приготовлению шихты. Можно обнаружить, что различные электролиты имеют свои преимущества и недостатки, и ни один электролит не может одновременно соответствовать вышеуказанным шести показателям, поэтому необходимо разумно выбирать аккумулятор в соответствии с потребностями применения.

Полимерные электролиты обладают хорошими пленкообразующими свойствами и просты в приготовлении. Смешивая полимер с другими электролитами, получают органико-неорганический композитный электролит, улучшая при этом его проводимость, электрохимические свойства и механические свойства. Однако полимерные электролиты обладают недостатками низкой проводимости при комнатной температуре и подвижности ионов, узким диапазоном рабочих температур и низкой механической прочностью, и их широкомасштабное применение требует дальнейших исследований. Большое поверхностное сопротивление оксидного электролита в определенной степени ограничивает его крупномасштабное применение, и его необходимо спекать в плотный слой электролита, чтобы он обладал определенной электропроводностью. По сравнению с ним проводимость сульфидных электролитов при комнатной температуре и подвижность ионов

выше, диапазон рабочих температур шире, и более высокая ионная проводимость может быть достигнута при холодном давлении, что имеет более широкие перспективы применения в цельнолитиевых батареях.

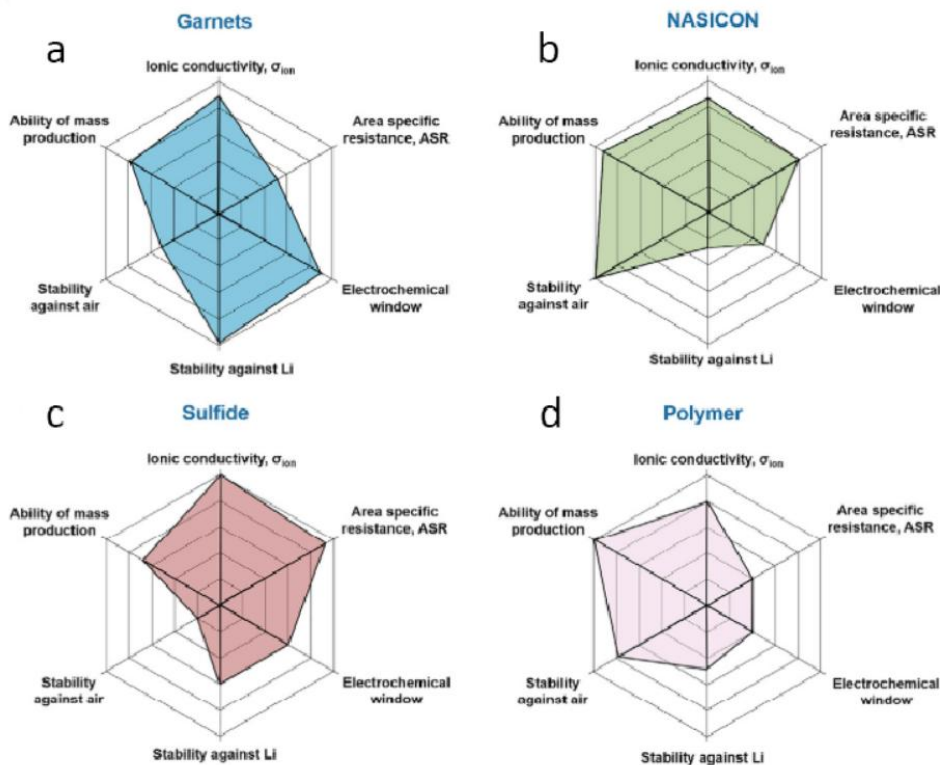


Рисунок 1.2—Радиолокационная диаграмма характеристик твердого полимерного электролита: тип граната (а), тип NASICON (б), сульфид (в) и полимер (г) [15]

1.2.1.1 Полимерный электролит

Концепция полимерных электролитов была впервые предложена Фентоном и др. в 1973 году [16]. С тех пор ученые провели множество исследований нового полимерного электролита и провели теоретическое моделирование механизма миграции его ионов, физических и химических свойств поверхности раздела электролит/электрод и т.д. В этот период была

предложена концепция полимерного твердого электролита (SPE). Первоначальным определением была полимерная матрица, которая набухала в соли лития, а затем требовалась твердая форма электролита. Однако за последние 20 лет коммерциализация литий-ионных аккумуляторов на основе полимерных твердых электролитов достигла незначительного прогресса, а низкая ионная проводимость при комнатной температуре всегда была непреодолимым недостатком полимерных электролитов. Чтобы преодолеть вышеуказанные недостатки и улучшить проводимость полимерного электролита, исследователи испробовали другие стратегии, такие как модификация полимерной матрицы для поиска новых солей лития или добавление неорганических добавок. Среди них исследователи улучшили ионную проводимость SPE, добавив в SPE определенное количество пластификатора или растворителя, и предложили полимерный гелевый электролит (GPE) с лучшей производительностью [17]. При нормальных обстоятельствах ионная проводимость GPE может достигать 10^{-3}Scm^{-1} , что на два порядка выше, чем у SPE.

Механизм передачи полимерных электролитов на основе ПЭО заключается в том, что ионы лития координируются с полярными группами на участке цепи и мигрируют с одного координационного участка на новый. Поскольку сегмент цепи трудно перемещать при комнатной температуре, недостатками полимерных электролитов являются высокая кристалличность и низкая проводимость. Обычно считается, что миграция ионов полимерных

твердых электролитов происходит только в аморфной области выше температуры стеклования (T_g), поэтому ее необходимо нагреть до 60-80 °С, чтобы увеличить аморфную область [18]. Кроме того, температура стеклования или кристалличность полимера могут быть снижены с помощью сшивания, сополимеризации и других методов [19]. Кроме того, температура стеклования или кристалличность полимера могут быть снижены с помощью сшивания, сополимеризации и других методов.

1.2.1.2 Оксидный электролит

Они обладают идеальными механическими свойствами, очень жесткие и химически устойчивы по отношению к металлическому аноду. К основным недостаткам можно отнести низкосортные возможности с точки зрения того, как быстро они могут подвергаться коррозии при использовании оксидного электролита, а также сложность обработки, поскольку они требуют очень высоких температур. Они обладают повышенной термической стабильностью, незначительной клеточной технологичностью, чувствительны к влаге и имеют умеренную проводимость. Электролиты на основе оксидов обычно химически стабильны и могут использоваться с высокоэнергетическими катодными материалами.

Однако ионная проводимость ниже, чем у электролитов на основе сульфидов.

Оксидные электролиты можно разделить на перовскитовый (Perovskite) тип, насиконовый тип, лизиконовый тип и гранатовый (Garnet) тип и другие системы [20].

1.2.1.3 Сульфидный электролит

Среди множества твердых электролитов полимерные твердые электролиты обладают преимуществами хорошей мягкости, высокой вязкоупругости и простоты переработки в пленки, но существуют также такие проблемы, как узкие электрохимические окна, легкое размягчение при высоких температурах и низкая ионная проводимость при комнатной температуре. Оксидный электролитный материал обладает хорошей стабильностью и высокой безопасностью. Его можно получать в атмосферных условиях и использовать для изготовления органо-неорганических композитных электролитных мембран. Однако его ионная проводимость невелика, межфазный импеданс высок, а материал слишком “твердый”, что затрудняет приготовление таблеток электролита с высокой ионной проводимостью.

Исследования сульфидных электролитов, вероятно, начались в начале 20 века. По сравнению с оксидными электролитами сульфидные электролиты обладают более высокой ионной проводимостью. Главным образом это связано с большим радиусом ионов S^{2-} , чем ионов O^{2-} , малой электроотрицательностью и слабым связыванием с ионами лития, что увеличивает концентрацию свободно движущихся электролитов. ионы лития. Тем самым достигается высокая ионная проводимость. Кроме того,

сульфидный электролит также обладает преимуществами хорошей гибкости, превосходных механических свойств, простого процесса приготовления и хорошего контакта поверхности раздела с материалом электрода. Он считается одним из электролитических материалов с наибольшим потенциалом для применения в цельнолитиевых батареях.

В зависимости от состава сульфидные электролиты обычно можно разделить на двойные сульфидные электролиты и тройные сульфидные электролиты. Бинарные сульфидные электролиты состоят из Li_2S и P_2S_5 , таких как Li_3PS_4 и $\text{Li}_7\text{P}_3\text{S}_{11}$ и т.д.; Тройной сульфидный электролит состоит из Li_2S , P_2S_5 и MS_2 ($\text{M}=\text{Si}, \text{Ge}, \text{Sn}$), таких как $\text{Li}_{10}\text{GeP}_2\text{S}_{12}$ (LGPS) и $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{X}$ ($\text{X}=\text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$). По кристаллической структуре сульфидный электролит можно разделить на тип thio-LISICON, тип LGPS и тип сернисто-серебряной германиевой руды $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{X}$ ($\text{X}=\text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$) [21].

1.3 Присадка

Материал, определяющий электролиты, известен как присадка. Присадка — это небольшое количество материала, образующего защитное покрытие на поверхности катода и анода. Она предотвращает деградацию батареи, способствуя беспрепятственному прохождению ионов лития между катодом и анодом.

Катодные и анодные добавки — это два типа добавок. Катодные присадки предотвращают старение батареи, стабилизируя структуру катода и защищая его поверхность, исключая перегрев и перезарядку. Анодные

присадки растворяются быстрее растворителя, образуя прочную пленку на аноде, которая продлевает срок его службы, предотвращает перегрев и поддерживает заряд батареи. Присадки играют важную роль в общей системе, продлевая срок ее службы, улучшая проблемы, связанные с высокой температурой, и снижая сопротивление.

1.4 Сепаратор

Сепаратор — это тонкая изолирующая мембрана с четырьмя элементами, которая удерживает катод и анод разделенными. Во-вторых, как следует из названия, сепараторы защищают катод и анод от контакта внутри батареи.

Сепараторы имеют поры субмикронного размера, невидимые невооруженным глазом, и поры служат каналами для прохождения ионов лития между катодом и анодом. Поскольку сепараторы обладают хорошей механической устойчивостью, свойство растяжения не пропускает побочные продукты и посторонние вещества, обеспечивая безопасность. В качестве сепараторов можно использовать электрохимически стабильные и высокоизоляционные материалы. Сепараторы должны избегать взаимодействия катода и анода, и это приводит к серьезным проблемам, если они вмешиваются в ионы лития или другие ионы внутри батареи. Сепараторы должны обеспечивать защиту, закрывая поры и предотвращая движение ионов, если температура батареи превышает определенный предел.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту: "lb01@tpu.ru" <lb01@tpu.ru>

Группа	ФИО
150Б91	Лю Байцэнь

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

Тема ВКР:

Исследование свойств твердотельного аккумулятора

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>Введение</p> <p>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</p> <p>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</p>	<p><i>Объект исследования:</i> сульфидный твердый электролит Li_6PS_5Cl.</p> <p><i>Область применения:</i> система накопления энергии.</p> <p><i>Рабочая зона:</i> лаборатория (Цилинский университет, КНР).</p> <p><i>Размеры помещения:</i> 4 м x 3,5 м x 3 м.</p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> персональный компьютер, планетарная шаровая мельница, перчаточный сухой ящик, дифрактометр XRD 7000S, анализатор импеданса переменного тока.</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> перчаточный сухой ящик, чтобы предотвратить контакт материала с кислородом и водой; Планетарная шаровая мельница для синтетических материалов; дифрактометр XRD 7000S для проведения рентгенофазового анализа; Анализатор импеданса переменного тока для анализа величины сопротивления материала; персональный компьютер с необходимым программным обеспечением для обработки данных.</p>
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <p>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>– организационные</p>	<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>ГОСТ Р ЕН 13779-2007 Вентиляция в нежилых зданиях. Технические требования к системам вентиляции и кондиционирования.</p>
--	---

мероприятия при компоновке рабочей зоны.	
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<i>Вредные производственные факторы:</i> плохая циркуляция воздуха в помещении, отклонение показателей микроклимата, недостаточная освещенность рабочей зоны. <i>Опасные производственные факторы:</i> электрический ток. <i>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</i> вентиляция, кондиционирование воздуха.
3. Экологическая безопасность при эксплуатации:	<i>Воздействие на селитебную зону:</i> отсутствует. <i>Воздействие на литосферу:</i> твердые отходы. <i>Воздействие на гидросферу:</i> отсутствует. <i>Воздействие на атмосферу:</i> отсутствует.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<i>Возможные ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения:</i> авария, взрыв, загрязнение атмосферы отравляющими веществами. <i>Наиболее типичная ЧС:</i> пожар в помещении.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Сечин А.И.	Д.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б91	Лю Байцэнь		

ГЛАВА 4 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

ВВЕДЕНИЕ

Основной задачей этого раздела является освещение вопросов, связанных с обеспечением нормативных условий труда, а именно: гигиена и санитарные условия, пожарная безопасность и защита исследователей от опасных производственных факторов. Важным условием является согласование этих действий с действующими нормативными документами на территории Российской Федерации. Целью этого является устранение производственных аварий и снижение вредного воздействия на окружающую среду.

В настоящее время создание материалов, обладающих практической ценностью, является требованием развития современного общества. Эти материалы должны соответствовать большому количеству характеристик (механические свойства, коррозионная стойкость, безопасность и т.д.). Исходя из вышесказанного, в данной работе изучается новый тип сульфидного твердого электролитного материала, который получают Li_2S , P_2S_5 и LiCl методом механического шарового измельчения и твердофазного спекания. В ходе эксперимента был проведен рентгеновский анализ для изучения состава полученного материала $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Cl}$, а также исследование импедансного анализа переменного тока. Эксперимент проводился в перчаточном сухом ящике, заполненном аргоном, с использованием компьютера, газового баллона с метаном (CH_4), муфельной печи, шаровой мельницы и вакуумного насоса. Следовательно, если определенные требования безопасности не будут

соблюдены, на исследователей будет воздействовать множество опасных и вредных факторов. Поэтому необходимо сформулировать комплекс мер технического, организационного, институционального и правового характера для минимизации негативных последствий.

Этот раздел не только имеет юридическое значение, но и отвечает на вопросы исследователей по технике безопасности и охране здоровья с учетом опасных и вреднейших факторов.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Лицам младше 18 лет не разрешается работать на комплексных установках, включая высокочастотные генераторы смещения. Кроме того, сотрудники не должны иметь медицинских противопоказаний, должны пройти обучение по охране труда и руководствоваться непосредственно на рабочем месте [26]. Сотрудники, прошедшие специальную подготовку и передавшие знания, технические характеристики и правила эксплуатации электрооборудования, приобретенные навыки и не менее трех групп по электробезопасности, могут работать самостоятельно.

Необходимо повторять проверку знаний технических условий и правил электробезопасности не реже одного раза в 12 месяцев с сотрудниками, а также повторяйте инструктаж на рабочем месте – не реже одного раза в 3 месяца. Для выполнения всех видов инструкций это должно быть указано в журнале инструкций установленного образца, сопровождаемом обязательной подписью лица, получившего и выполнившего инструкции, с указанием даты получения

инструкций, названия и номера инструкций, а также вида работ для выполнения из инструкций.

По данной теме рассматриваются специальные законодательные и нормативные документы:

инструкция № 2-14 по охране труда при работе с электрооборудованием напряжением до 1000 В;

инструкция № 2-07 по охране труда при работе с баллонами, работающими под давлением;

инструкция № 2-08 по охране труда при работе с ПЭВМ и ВДТ.

Согласно [26], продолжительность еженедельной работы не должна превышать 40 часов, поэтому при шестидневной рабочей неделе продолжительность рабочего дня не должна превышать 7 часов.

Регулируется обязательное социальное страхование работников [27,28]. Работодатель обещает обеспечить своих подчиненных социальной страховкой на случай возможных несчастных случаев на производстве. Кроме того, предлагаемый вид страхования может быть применен и в отношении профессиональных заболеваний. Сотрудники могут получать оплату по причинам, указанным в [26].

Все категории работников подлежат обязательному социальному страхованию (ОСС), независимо от их пожеланий. Обязанность по созданию гарантии возлагается на работодателя и осуществляется за счет компании. Каждый тип программного обеспечения с открытым исходным кодом имеет

четкую налоговую ставку, которая в основном зависит от налоговой системы, принятой компанией-работодателем [27].

4.2 Профессиональная социальная безопасность

При проведении работ на установке возможно воздействие вредных факторов таких, которые представлены в таблице 9:

Таблица 9 – Перечень возможных опасных и вредных факторов

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разра- ботка	Изгото- вление	Эксплу- атация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.[29]
2. Плохая циркуляция воздуха в помещении		+	+	СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.[30]
3.Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.[31]

Рассмотрим факторы по отдельности.

4.2.1 Отклонение показателей микроклимата

В процессе монтажа включается система отопления, что приводит к изменению микроклимата в помещении. Параметрами, характеризующими микроклимат, являются: температура воздуха, температура поверхности установки, относительная влажность и скорость воздушного потока. Перегрев

организма происходит при высоких температурах воздуха и высокой относительной влажности, что сопровождается низким качеством воздуха. При возникновении гипертермии повышается температура тела, кровеносные сосуды расширяются, и сердечно-сосудистая система выходит из строя [32].

Согласно [29], выполненная работа относится к категории работ Ib. К этой категории относится работа с энергоемкостью 121-150 ккал/ч (140-174 Вт), которая выполняется сидя, стоя или при ходьбе и сопровождается некоторой физической нагрузкой. Температура наружных поверхностей технологического оборудования, ограждающих устройств, с которыми соприкасается в процессе труда человек, не превышает 450 °С. В таблице 1 приведены наилучшие значения показателей микроклимата на рабочих местах промышленных объектов.

Таблица 1 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений для категории работ Ib

Период года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения потока воздуха, м/с
Холодный	21-23	60-40	0,1
Теплый	22-24	60-40	0,1

Таблица 2 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений для категории работ Ib

Период года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность	Скорость движения потока воздуха, м/с
-------------	-------------------------	-------------------------	---------------------------------------

			воздуха, %		
	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше допустимых величин		для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	19,9-20,9	23,1-24,0	15-75	0,1	0,2
Теплый	20,0-21,9	24,1-28,0	15-75	0,1	0,3

В этом случае микроклимат в помещении поддерживается: в холодное время года системой центрального водяного отопления, в теплое время года системой кондиционирования воздуха.

В любое время года температура на рабочем месте составляет 20-24°C, влажность воздуха равна 50%, скорость воздуха находится в пределах 0,1-0,3 м/с.

4.2.2 Плохая циркуляция воздуха в помещении

Во время экспериментальной эксплуатации система вентиляции лаборатории работает плохо, что приводит к плохой циркуляции воздуха в помещении и его отсутствию. Поэтому влажность продолжает повышаться, на поверхности стен и других предметов начинают образовываться грибки и плесень, а в помещении будут появляться неприятные запахи, приводящие к аллергии и даже респираторным заболеваниям.

Согласно [33], стало известно, что наиболее важные исходные данные при проектировании (для воздуха в помещении) включают количество людей в помещении, разрешено или запрещено курение и данные о выбросах загрязняющих веществ из других источников (за исключением метаболизма человека и курения). Следует помнить, что чувствительность человека к качеству воздуха возрастает с повышением температуры и влажности. В таблице 3 приведены типичный диапазон и типовые значения площадей помещений, приходящихся на одного человека.

Таблица 3 – Площадь помещения, приходящаяся на одного человека

Назначение помещения	Площади пола на 1 человека, м ²	
	Типовой диапазон значений	Типовое значение
Большое офисное помещение	От 7 до 20 включ.	12,0
Малое офисное помещение	От 8 до 12 включ.	10,0
Комната переговоров	От 2 до 5 включ.	3,0
Магазин	От 3 до 8 включ.	4,0
Учебная комната	От 2 до 5 включ.	2,5

При температуре воздуха от 20°C до 26°C испарение играет незначительную роль в регулировании температуры тела человека. В связи с этим при значениях относительной влажности от 30% до 70% нарушений условий теплового комфорта, как правило, не возникает.

Нижний предел относительной влажности 30% задается для предотвращения сухости в глазах и раздражения слизистых оболочек. В суровых климатических условиях допускается меньшая влажность в течение ограниченного периода времени. Дискомфорт от слишком сухого воздуха часто

обусловливается наличием пыли или других загрязнений. Низкое значение относительной влажности часто является следствием высокой температуры в помещении и (или) слишком большого расхода наружного воздуха. Эти факторы следует учитывать при применении увлажнения.

Следует избегать длительных периодов с высокой влажностью ввиду опасности роста грибков, размножения клещей и гниения строительных материалов. Следует не допускать чрезмерно высоких концентраций частиц, выделяемых этими организмами, которые могут представлять опасность для людей с повышенной чувствительностью.

4.2.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Наиболее благотворное воздействие на организм человека оказывает естественное самочувствие. Однако не всегда возможно создать такие условия на рабочем месте. В этом случае используется искусственное освещение. Недостаточное освещение на рабочем месте затрудняет длительную работу, приводит к повышенной утомляемости и способствует развитию близорукости. Слишком низкий уровень освещенности вызывает апатию, сонливость, а в некоторых случаях способствует развитию чувства тревоги. Длительное пребывание в условиях недостаточной освещенности сопровождается снижением интенсивности обмена веществ и снижением реактивности организма. Технические характеристики естественного и искусственного освещения, а также виды визуальной работы, требующие того или иного уровня освещения, указаны в документе СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. «Гигиенические

требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий» [31] и СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*(с Изменением N 1)» [34]. Согласно этим документам, принимается категория точности визуальной работы 4, которая указана в таблице 4. На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Таблица 4 – Нормирование значения освещенности на рабочих местах производственных помещений при искусственном освещении

Характер Зрительной работы	Наименьший размер объекта, мм	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта различия с фоном	Характер фона	Освещенность, лк	
					Комбинированное	Общее
Средняя точность (4 разряд зрительной работы)	0,5-1,0	а	Малый	Темный	750	400
		б	Малый	Средний	500	300
			Средний	Темный	500	300
		в	Малый	Светлый	400	200
			Средний	Средний	400	200
			Большой	Темный	400	200

Естественного освещения в лаборатории по условиям зрительной работы, как правило, недостаточно, поэтому на рабочих местах оказывается

задействованным и искусственное освещение. Оно может быть обеспечено с помощью люминесцентных ламп ЛВ (белого цвета) мощностью 20, 40, 80 Вт. Для рабочих мест с искусственным освещением регламентирована допустимая освещенность, согласно действующим санитарным нормам и правилам СП 52.13330.2016 [34].

4.3 Экологическая безопасность

Поскольку количество веществ, загрязняющих окружающую среду, увеличивается с каждым годом, вопросы охраны окружающей среды в настоящее время чрезвычайно важны. В ходе этой работы были использованы следующие ресурсы: электричество для работы насоса и компьютера; бумага; образцы электролита $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Cl}$.

С точки зрения потребления ресурсов, количество энергии, потребляемой компьютерами, относительно невелико, что положительно сказывается на общей экономии энергопотребления. Этого нельзя сказать о вакуумных насосах, поскольку процесс достижения вакуума происходит при написании ВКР, отсутствуют вредные выбросы в атмосферу, почву и водных источников, радиационного загрязнения и чрезвычайных ситуаций не наблюдалось. Следовательно, нет существенного воздействия на окружающую среду и никакого ущерба окружающей среде. Поскольку бумага содержит много информации, утилизация бумаги играет очень важную роль. Среди основных методов уничтожения, используемых сегодня для бумажных документов, следует отметить следующие моменты:

- Сжигание документов
- Шредирование
- Закапывание
- Химическая обработка

Специальный контейнер для неорганических материалов, используемый для обработки образцов электролита. Полученный электролитный материал не токсичен. В связи с этим эти материалы не требуют специальных методов хранения перед утилизацией. Этими материалами занимается отдел специального обслуживания.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникать в лаборатории при проведении научных исследований

В зданиях, где проводятся работы, могут возникнуть следующие чрезвычайные ситуации: пожар, взрыв, террористические акты и разрушения, чрезвычайные ситуации природного характера и вторжение посторонних лиц на рабочее место.

Но наиболее вероятная чрезвычайная ситуация - это пожар. Пожар определяется как неконтролируемое горение, создающее угрозу здоровью и жизни людей и причиняющее материальный ущерб.

Из-за отказа технического оборудования, короткого замыкания, обрыва линии и других причин может произойти пожар.

4.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действий в случае возникновения ЧС

В аварийной ситуации происходит резкое выделение тепла, что может привести к пожару. Меры пожарной безопасности делятся на предотвращение пожара и тушение пожара. Противопожарные мероприятия могут быть следующими: строительно-планировочные, технические, организационные.

Строительные и планировочные мероприятия определяются огнестойкостью здания и сооружения (материал конструкции выбирается в соответствии со степенью огнестойкости). В зависимости от степени огнестойкости определите максимальное дополнительное расстояние до эвакуационного выхода в случае пожара. Технические меры: 1) отопление, освещение и электроснабжение соответствуют правилам пожарной безопасности и т.д. 2) используйте различные системы защиты; 3) соблюдайте параметры технологического процесса и режима работы оборудования.

Организационные меры заключаются в инструктаже персонала по пожарной безопасности и соблюдении мер пожарной безопасности. Для предотвращения возникновения пожаров необходимо соблюдать следующие правила пожарной безопасности: правильная эксплуатация оборудования, надлежащее содержание зданий и территорий, инструктаж рабочих и служащих по противопожарной защите, обучение производственного персонала правилам пожарной безопасности, выдача инструкций, плакатов, планов эвакуации, и противопожарные учения.

Согласно СНиП21-01-97, по взрывоопасности и пожароопасности помещение относится к классу Б. К этой категории относятся помещения, в которых опасные условия не возникают при нормальной эксплуатации, а могут возникнуть только в результате несчастных случаев или отказов. В помещении пожаротушения углекислотный огнетушитель ОУ-3 используется для тушения возгораний классов А, В и электроустановок напряжением до 1000 В при температуре воздуха от -40°С до +50°С. Поэтому условия помещения соответствуют нормам и противопожарной безопасности.

Если пожар не может быть ликвидирован самостоятельно, необходимо эвакуировать персонал из здания. Помещение, где расположена установка, оборудовано запасными выходами, средствами пожаротушения и пожарной сигнализацией.

ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ

В разделе посвященном социальной ответственности, анализируются вредные факторы и факторы риска инженеров непосредственно на рабочем месте. Предложен перечень мер по профилактике заболеваний и мер безопасности. Также была проанализирована безопасность лаборатории в экологических и чрезвычайных ситуациях. В результате анализа подтверждено, что были приняты все необходимые меры для обеспечения безопасности исследователей в лаборатории. В лаборатории также установлены широкие пластиковые окна для обеспечения необходимого уровня освещения и вентиляции. Установлена лучшая система освещения, обеспечивающая

искусственный белый свет. На случай чрезвычайной ситуации в лаборатории есть план эвакуации и огнетушители. В лаборатории установлена сигнализация, а здание находится под круглосуточной охраной.

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

Студенту:

Группа	ФИО
150Б91	Лю Байцэнь

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

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

<i>1. 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
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- 30% премии; - 20% надбавки; - 16% накладные расходы; - 30% районный коэффициент
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Потенциальные потребители результатов исследования Проведение анализа конкурентоспособности
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Цели и результаты проекта Организационная структура проекта
<i>3. 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

<ol style="list-style-type: none"> 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	Лю Байцэнь		

ГЛАВА 5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Цель данного раздела ВКР заключается в оценке перспективности разработки и планировании финансовой и коммерческой ценности конечного продукта, предлагаемого в рамках НИ. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы: будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

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.

Цель данной ВКР – синтез и модификация твердых электролитов сульфида сернисто-серебряно-германиевой руды.

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности

и ресурсосбережения

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Областью применения результатов данного исследования является электромобили, носимые устройства, электронные изделия и т.д. Соответственно потенциальными потребителями могут выступать организация производства полностью твердотельных аккумуляторов.

В таблице 5 представлены потенциально заинтересованные стороны проекта.

Таблица 5 – Заинтересованные стороны проекта

Организации	Ожидания организаций
Научные центры	Использование полученных результатов для разработки и улучшения свойств получаемых сульфидного электролита
Организация производства электромобилей	Использование результатов для разработки электромобилей

5.1.2 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 6.

В качестве конкурентов рассматриваются: К1 – полимерный электролит, К2 – оксидный электролит.

Таблица 6 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкуренто-способность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Прост в изготовлении	0,13	5	3	2	0,65	0,39	0,26
2. Безопасность	0,13	5	4	5	0,65	0,52	0,65
3. Работайте при комнатной температуре	0,12	5	2	5	0,6	0,24	0,6
4. Эффективность работы	0,11	5	4	3	0,55	0,44	0,33
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Реализация продукта	0,10	5	5	5	0,5	0,5	0,5
2. Уровень охвата рынка	0,15	5	3	3	0,75	0,45	0,45
3. Финансирование научной разработки конкурентных товаров и разработок	0,12	5	4	4	0,6	0,48	0,48
4. Срок выхода на рынок	0,14	5	5	5	0,7	0,7	0,7
Итого	1	40	30	32	5	3,72	3,97

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

5.1.3 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта проведен SWOT-анализ, где детально продуманы сильные и слабые стороны научно-технической разработки (таблица 7). Описание сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта, его возможностей и угроз происходило на основе результатов анализа, проведенного в предыдущих разделах бакалаврской работы.

Таблица 7 – Матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</p> <p>С1. Простота обработки</p> <p>С2. Высокая вязкоупругость</p> <p>С3. Высокая ионная проводимость</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</p> <p>Сл1. Узкое электрохимическое окно</p> <p>Сл2. Легко размягчается при высокой температуре</p>
<p>Возможности</p> <p>В1. Возможность дальнейшего улучшения электропроводности</p> <p>В2. Возможность блокирования литиевых дендритов.</p> <p>В3. Дальнейшее усовершенствование разработки</p>	<p>Направления развития</p> <p>В1С1. За счет образования вакансий лития проводимость еще больше улучшается.</p> <p>В2С2. Твердый сульфидный электролит сам по себе обладает высокой механической прочностью.</p> <p>В3С3. Цена и себестоимость сырья ниже, а способ приготовления удобен.</p>	<p>Сдерживающие факторы</p> <p>В1Сл1. Огромный поверхностный импеданс между электролитом и электродом ограничивает проводимость.</p> <p>В2Сл2. При большом увеличении заряда невозможно полностью предотвратить образование литиевых дендритов.</p>
<p>Угрозы</p> <p>У1. Отсутствие возможностей для дальнейшего развития.</p> <p>У2. Отсутствие оборудования собственной разработки.</p>	<p>Угрозы развития</p> <p>У1С1. Поскольку исследования других организаций являются более зрелыми, потенциал для продолжения исследований невелик.</p>	<p>Уязвимости</p> <p>У2Сл1. Внедряем оборудование из-за рубежа.</p>

В результате выполнения SWOT-анализа можно сделать вывод о том, что на данный момент преимущества разработанного сульфидного электролита значительно преобладают над его 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.

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 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 8.

Таблица 8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность 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
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	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

5.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

Определение трудоемкости выполнения научного исследования проведено экспертным путем в человеко-днях. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ использована следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (1)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

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

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:

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

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

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

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

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 9.

Таблица 9 – 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-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожі}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	1		4		2,2		2,2	3
2. Календарное планирование выполнения ВКР	1	1	4	4	2,2	2,2	2,2	3
3. Обзор научной литературы		16		32		22,4	22,4	33

4. Выбор методов исследования		16		30		21,6	21,6	32
5. Планирование эксперимента		60		90		72	72	108
6. Проведение эксперимента		16		30		21,6	21,6	32
7. Анализ полученных результатов НИР		4		8		5,6	4,2	6
8. Оценка эффективности результатов		4		8		5,6	4,2	6
9. Составление пояснительной записки		6		18		10,8	10,8	16
10. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение		14		20		16,4	16,4	24
11. Социальная ответственность		40		50		44	44	66
Итого	2	193	8	314	4,4	233,4	238,4	355

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

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 10).

Таблица 10 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность работ												
				февр			март			апр			май			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление и утверждение технического задания,	Исп1	3													

№	Вид работ	Исп	T _{кi} кал. дн.	Продолжительность работ												
				февр			март			апр			май			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
	утверждение плана-графика															
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	3													
3	Обзор научной литературы	Исп2	33													
4	Выбор методов исследования	Исп2	32													
5	Планирование эксперимента	Исп2	108													
6	Проведение эксперимента	Исп2	32													
7	Анализ полученных результатов НИР	Исп2	66													
8	Оценка эффективности результатов	Исп2 Исп3	13													
9	Составление пояснительной записки	Исп2 Исп3	13													
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Исп1	3													
	11. Социальная ответственность	Исп1	3													

Примечание:

||||| – Исп 1 (научный руководитель)

||||| – Исп 2 (студент-инженер)

5.2.3 Бюджет научно-технического исследования

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

5.2.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты на проведение исследования представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Затраты на проведение исследования

Наименование статей	Кол-во	Цена, юань/г	Итого затраты, юань
Сульфид лития Alfa Aesar, 99.9% , г	0,4280	370	158,36
Пентасульфид фосфора Sigma Aladdin, 99% , г.	0,4141	0,188	0,779
Хлорид лития Alfa Aesar, 99% , г	0,1583	3,968	0,628
Безводный этанол , л	0,2	34	6,8
Одноразовые перчатки , пар	5	0,4	2
Итого:			168,567(1983,156руб.)

5.2.3.2 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 12 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. юан.	Общая стоимость оборудования, тыс. юан.
1	Система очистки газа VG-TS	1	10	72,5	72,5
2	Миниатюрная планетарная шаровая мельница	1	10	238,433	238,433

	Pulverisette 7				
3	Горячий пресс	1	9	3,99	3,99
Итого:					314,923тыс. юан.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации:

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

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m,$$

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

Рассчитаем амортизацию для системы очистки газа, 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:

Система очистки газа :

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m = \frac{0,1 \cdot 72500}{12} \cdot 4 = 2416,7 \text{ юан.}$$

Миниатюрная планетарная шаровая мельница :

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m = \frac{0,1 \cdot 328433}{12} \cdot 4 = 10947,8 \text{ юан.}$$

Горячий пресс:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m = \frac{1/9 \cdot 3990}{12} \cdot 4 = 147,8 \text{ юан.}$$

Суммарные затраты амортизационных отчислений:

$$A = 2416,7 + 10947,8 + 147,8 = 13512,3 \text{ юан.}$$

$$A = 13512,3 \text{ юан. (159502,404 руб.)}$$

5.2.3.3 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:

$$Z_{осн} = Z_{он} \cdot T_p,$$

где $Z_{он}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 13).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

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

где Z_m – должностной оклад работника за месяц; F_d – 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):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.}$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) k_{\text{р}} = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.}$$

– для инженера:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) k_{\text{р}} = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.},$$

где $Z_{\text{мс}}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; $k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равен 0,3; $k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; $k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 13 – 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 14 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{\text{мс}}, \text{руб}$	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}, \text{руб}$	$Z_{\text{дн}}, \text{руб}$	$T_{\text{р}}, \text{раб.дн.}$	$Z_{\text{осн}}, \text{руб}$
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	12	25767,6
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	45	78439,5
Итого:								104207,1

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 25767,6 = 3865,1 \text{ руб.}$$

– для инженера:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 78439,5 = 11765,9 \text{ руб.},$$

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

5.2.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяются по формуле:

Для руководителя:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (25767,6 + 3865,1) = 29632,7 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (78439,2 + 11765,9) = 27061,5 \text{ руб.}$$

$k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

5.2.3.5 Накладные расходы

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

Накладные расходы в целом:

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей} 1 \div 6) \cdot k_{нр} =$$

$$= (1983,156 + 159502,404 + 104207,1 + 15630,6 + 56694,2) \cdot 0,2 = 67603,492 \text{ руб.},$$

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

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ «Исследование получения и свойств новых твердых электролитов» по форме, приведенной в таблице 15.

Таблица 15 – 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
1983,156	159502,404	104207,1	15630,6	56694,2	338017,46	67603,492	405620,952

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

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

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

В качестве аналогов данной НТР рассмотрены:

1) $\text{Li}_2\text{-P}_2\text{S}_5$

2) thio-LISICON

Интегральный финансовый показатель вариантов выполнения проектируемого объекта определялся по формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{Вар.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (3)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$$I_{\text{финр}}^{\text{Вар.1}} = 287064 / 287064 = 1,$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{Вар.2}} = 284193 / 287064 = 0,99;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{Вар.3}} = 281323 / 287064 = 0,98.$$

В результате расчета интегрального финансового показателя по трем вариантам разработки вариант 3 (данная НТР) с небольшим перевесом признан более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НТР (I_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 16).

Таблица 16 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НТР

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Вар.1	Вар.2	Вар.3
1. Электропроводность	0,3	4/1,2	4/1,2	5/1,5
2. Простота создания	0,25	3/0,75	5/1,25	4/1
3. Стабильность	0,3	3/0,9	4/1,2	5/1,5
4. Материалоемкость	0,15	5/0,75	5/0,75	5/0,75
ИТОГО	1	15/3,6	18/4,4	19/4,75

$$I_{p-вар1} = 3,6;$$

$$I_{p-вар2} = 4,4;$$

$$I_{p-вар3} = 4,75.$$

На основании полученных интегрального финансового показателя и интегрального показателя ресурсоэффективности был рассчитан интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{вари}$) по формуле:

$$I_{вари} = \frac{I_{p-вари}}{I_{финр}} \cdot \quad (4)$$

$$I_{вар1} = \frac{3,6}{1} = 3,6, \quad I_{вар2} = \frac{4,4}{0,99} = 4,44, \quad I_{вар3} = \frac{4,75}{0,98} = 4,85.$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НТР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 17).

Таблица 17 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,99	0,98
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,6	4,4	4,75
3	Интегральный показатель эффективности	3,6	4,44	4,85

4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	Вар.1/Вар.2 =	Вар. 2/Вар. 1	Вар. 3/Вар. 1
		0,8	= 1,2	= 1,3
		Вар. 1/Вар. 3=	Вар. 2/Вар. 3	Вар. 3/Вар. 2
		0,7	= 0,9	= 1,1

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 3 (данная разработка), т. к. показатель его сравнительной эффективности по отношению к каждому из сравниваемых вариантов больше 1.

ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы.

1. 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 инженер, – 70; общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель, – 17.

2. Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 375423,86 руб;

3. По факту оценки эффективности ИР, можно сделать выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,98, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,75, по сравнению с 4,4 и 3,6;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 4,85, по сравнению с 4,44 и 3,6, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы был синтезирован материал $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Cl}$ путем механического шарового измельчения и последующего твердофазного спекания. Структура и фазовый состав твердого сульфидного электролита были проанализированы для исходного материала и после легирования. На основании данных рентгеновской дифракции определено, что синтетический материал представляет собой чистую фазу.

Легирование ионами Zn^{2+} и Mg^{2+} приводит к увеличению сопротивления границам зерен. По результатам рентгеновской дифракции можно сделать вывод о том, что гетерогенные фазы Li_2S , ZnCl_2 и MgCl_2 обладают низкой ионной проводимостью, что приводит к снижению ионной проводимости легированного образца. Следовательно, легирование Zn^{2+} и Mg^{2+} не может улучшить ионную проводимость исходного $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Cl}$.

Легирование ионами Sb^{3+} сопровождается смещением дифракционного рефлекса фазы $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Cl}$ в сторону больших углов по 2θ , что указывает на уменьшение объема элементарной ячейки. Также установлено, что легирование Sb^{3+} в определенной степени изменяет параметры элементарной ячейки материала и уменьшает сопротивление по сравнению с исходным материалом. Таким образом, легирование ионами Sb^{3+} способствует улучшению ионной проводимости $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Cl}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Zheng H P. LLZO-based hybrid electrolyte to suppress the shuttle effect of Li-S battery/Ye T, Xu B Y//Energy Storage Science and Technology.–2016. – Т. – 5. – С. 719-724.
- [2] Hu L H. Modeling of lithium-ion battery energy storage system and its impact on power grid stability. //Hunan University, Master's thesis. – 2014.
- [3] Lewandowski A. Ionic liquids as electrolytes for Li-ion batteries-an overview of electrochemical studies/Swidarska-Mocek A// J Power Sources.– 2009. – Т. – 194. – С. 601-609.
- [4] Luo F. Fundamental scientific aspects of lithium batteries(VIII)——Anode electrode materials/Zhu G, Huang J//Energy Storage Science and Technology.–2014. – Т. – 3. – С. 53-65.
- [5] Kondrakov A O. Charge-transfer-induced lattice collapse in Ni-rich NCM cathode materials during delithiation/Gesswein H, Galdina K// J Phys Chem C. –2017.– Т. 121 – С. 24381-24388.
- [6] Li Y. A review of key materials for all-solid-state lithium ion batteries/Ding F, Sang L// Energy Storage Science and Technology.–2016.– Т. 5 – С. 615-626.
- [7] Tarascon J M. Issues and challenges facing rechargeable lithium batteries/Armand M// Nature.– 2011.– Т. 414 – С. 359-367.
- [8] Janek J. A solid future for battery development/Zeier W G// Nat Energy. –2016.– Т. 1 – С. 16141.

- [9] Что такое твердотельная батарея?. 2 июня, 2022. Химические вещества.
– URL: <https://microtexindia.com/ru/твердотельный-аккумулятор/>.
- [10] Xun X X. All-solid-state lithium-ion batteries: State-of-the-art development and perspective/Qiu Z J, Guan Y B// Energy Storage Science and Technology.– 2013.– Т. 2 – С. 331-341.
- [11] Lau J. Sulfide solid electrolytes for lithium battery applications/Deblock R H, Butts D M// Adv Energy Mater.– 2018.– Т. 8 – С. 1800933.
- [12] Zhang S. Fundamental scientific aspects of lithium ion batteries(X)—All-solid-state lithium-ion batteries/Wang S F, Ling Z G//Energy Storage Science and Technology.– 2014.– Т. 3 – С. 376-394.
- [13] Wu J H. All-solid-state lithium batteries with sulfide electrolytes and oxide cathodes/Shen L, Zhang Z H// Electrochem Energy Rev.– 2021.– Т. 4 – С. 101-135.
- [14] Huang X. Characterization and testing of key electrical and electrochemical properties of lithium-ion solid electrolytes/Wu L B, Huang Z//Energy Storage Science and Technology.– 2020.– Т. 9 – С. 479-500.
- [15] Zhao N. Solid garnet batteries/Khokhar W, Bi Z// Joule.– 2019.– Т. 3 – С. 1190-1199.
- [16] Fenton D E. Complexes of alkali metal ions with poly(ethylene oxide)/Parker J M, Wright P V// Polymer.– 1973.– Т. 14 – С. 589-589.
- [17] Long L Z. Polymer electrolytes for lithium polymer batteries/Wang S J, Xiao M// J Mater Chem A.– 2016.– Т. 4 – С. 10038-10069.

- [18] Lightfoot P. Crystal-structure of the polymer electrolyte poly(ethylene oxide)₃:LiCF₃SO₃/Mehta M A, Bruce P G// Science.– 1993.– T. 262 – C. 883-885.
- [19] Armand M. The History of Polymer Electrolytes.// Solid State Ion.– 1994.– T. 69 – C. 309-319.
- [20] Adachi G Y. Fast Li⁺ conducting ceramic electrolytes/Imanaka N, Aono H// Advanced Materials.– 1996.– T. 8 – C. 127-135.
- [21] Wu J H. Lithium/sulfide all-solid-state batteries using sulfide electrolytes/Liu S F, Han F D// Advanced Materials.– 2021.– T. 33 – C. 2000751.
- [22] Kudu O U. A review of structural properties and synthesis methods of solid electrolyte materials in the Li₂S-P₂S₅ binary system/Famprikis T, Fleutot B//J Power Sources.– 2018.– T. 407 – C. 31-43.
- [23] Seino Y. A sulphide lithium super ion conductor is superior to liquid ion conductors for use in rechargeable batteries/Ota T, Takada K// Energy Environ Sci.– 2014.– T. 7 – C. 627-631.
- [24] Zhou L D. Solvent-engineered design of argyrodite Li₆PS₅X(X=Cl,Br,I) solid electrolytes with high ionic conductivity/Park K H, Sun X Q// Acs Energy Letters.– 2019.– T. 4 – C. 265-270.
- [25] Dai Y. Study on the Electrochemical Properties of Li₄Ti₅O₁₂ and LiFePO₄.//Northeastern University,Master's thesis.– 2017.
- [26] Трудовой Кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. От. 01.04.2019).
- [27] Федеральный закон «Об обязательном социальном страховании от

несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» от 24.07.1998 N 165-ФЗ (последняя редакция).

[28] Федеральный закон «Об основах обязательного социального страхования» от 16.07.1999 N 165-ФЗ (последняя редакция).

[29] СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

[30] СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.

[31] СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.

[32] Беляков, Геннадий Иванович. Охрана труда и техника безопасности [Электронный ресурс] : учебник для прикладного бакалавриата / Г. И. Беляков. — 3-е изд., перераб. и доп. — Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740МВ). — Москва: Юрайт, 2016. — 1 Мультимедиа CD-ROM. — Бакалавр. Прикладной курс. — Электронные учебники издательства "Юрайт". — Электронная копия печатного издания. — Системные требования: Pentium 100 MHz, 16 Mb RAM, Windows 95/98/NT/2000, CDROM, SVGA, звуковая карта, Internet Explorer 5.0 и выше.

[33] ГОСТ Р ЕН 13779-2007 Вентиляция в нежилых зданиях. Технические требования к системам вентиляции и кондиционирования.

[34] СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение.

Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*(с Изменением N 1)»