

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
Синтез и исследование свойств NASICON Na <sub>3</sub> V <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>

УДК 544.6.018.462-047.84:546.33

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б91	Пан Шуци		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Пушилина Н.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., доцент		

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

	информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.
<b>ОПК(У)-7</b>	Способен использовать в своей профессиональной деятельности знание иностранного языка.
<b>ОПК(У)-8</b>	Способен критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости направление своей деятельности.
<b>ОПК(У)-9</b>	Способен получить организационно-управленческие навыки при работе в научных группах и других малых коллективах исполнителей.
<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>ПК(У)-1</b>	Способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин
<b>ПК(У)-2</b>	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
<b>ПК(У)-3</b>	Готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований
<b>ПК(У)-4</b>	Способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин
<b>ПК(У)-5</b>	Способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований
<b>ПК(У)-6</b>	Способность понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований
<b>ПК(У)-7</b>	Способность участвовать в подготовке и составлении научной документации по установленной форме
<b>ПК(У)-8</b>	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)

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
150Б91	Пан Шуци

Тема работы:

Синтез и исследование свойств NASICON $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$	
<i>Утверждена приказом директора (дата, номер)</i>	27.01.2023, 27-79/с

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

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b> <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>	Металл-ионный аккумулятор
<p><b>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке</b> <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>	Аналитический обзор литературных источников Материал и методы исследований Результаты исследований Социальная ответственность Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение Заключение по работе
<p><b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	-
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	

<i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Социальная ответственность	Сечин А.И.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Верховская М.В.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:</b>	
-	

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

**Задание выдал руководитель:**

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

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б91	Пан Шуци		

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	Пан Шуци

Тема работы:

Синтез и исследование свойств NASICON Na <sub>3</sub> V <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>
--

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	Пушилина Н.С.	к.ф.-м.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	Пан Шуци		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 73 с., 13 рис., 16 табл., 39 источников литературы.

Ключевые слова: NASICON  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ , фосфаты, электрохимия, катализ, сенсоры, аккумуляторные батареи.

Объектом исследования является  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ .

Цель работы – синтез и исследование свойств  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ .

Для достижения цели были поставлены следующие задачи: 1. Синтез образцов  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$  золь-гель методом. 2. Исследование структурно-фазового состояния  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$  в зависимости от метода синтеза. 3. Изучение влияния метода синтеза на электрохимические свойства  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ .

В результате исследования установлено, что V:лимонная кислота = 2:1 электрод  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3/\text{C}$  имеет более высокую стабильность циклической работы и производительность, чем электрод с соотношением V:лимонная кислота = 1:1, что, возможно, обусловлено открытой структурой NASICON и углеродным покрытием.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: при соотношении V:лимонная кислота = 1:1 начальная емкость заряда для электрода  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3/\text{C}$  составляет примерно 102,29 мА·ч/г, начальный кулоновский КПД - 89,7%. При соотношении V:лимонная кислота = 2:1 начальная емкость заряда для электрода  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3/\text{C}$  составляет примерно 114,5 мА·ч/г, начальный кулоновский КПД - 87,5%.

Область применения: результаты исследований могут быть использованы для разработки новых электродных материалов для металл-ионных аккумуляторов.

Экономическая эффективность/значимость работы заключается в разработке и создании изделий, превышающих свойства изделий, полученных традиционными методами.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	10
1 Металл-ионные аккумуляторы .....	11
1.1 Типы металл-ионных аккумуляторов .....	11
1.2 Устройство металл-ионных аккумуляторов.....	12
1.3 Электродные материалы.....	13
1.4 Электролит .....	14
2 Материал и методы исследований .....	17
2.1 Синтез образцов $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ .....	17
2.2 Характеристика электродных материалов.....	18
2.2.1 Рентгеноструктурный анализ .....	18
2.2.2 Исследование морфологии и микроструктуры.....	18
2.3 Испытание электрохимических свойств.....	18
3 ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ .....	19
3.1 Структурно-фазовое состояние и микроструктура образцов.....	19
3.2 Исследование характеристик аккумулятора .....	23
ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	28
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	28
4.2 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	29
4.2.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	30
4.2.2 SWOT – анализ.....	33
4.3 Планирование научно-технического исследования .....	35
4.3.1 Определение трудоемкости выполнения работ.....	37
4.4 Бюджет научного исследования .....	43
4.4.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	43
4.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ.....	44
4.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы .....	45
4.4.4 Дополнительная заработная плата .....	46
4.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды.....	46
4.4.6 Расчет затрат на электроэнергию .....	47



4.4.7 Расчет затрат на научные и производственные командировки и накладные расходы .....	47
4.4.8 Формирование бюджета затрат НТИ.....	48
4.5 Ресурсоэффективность .....	48
4.6 Выводы по главе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	51
<b>ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....</b>	<b>532</b>
5.1. Вредные факторы проектируемой производственной среды.....	53
5.1.2. Производственный шум .....	53
5.1.3. Промышленная санитария .....	54
5.1.4. Микроклимат.....	55
5.1.5. Расчет искусственной освещенности.....	56
5.2. Электробезопасность .....	60
5.3. Пожаровзрывобезопасность.....	62
5.4. Охрана окружающей среды .....	65
5.4.1. Защита в чрезвычайных ситуациях.....	66
5.4.2. Правовые вопросы обеспечения безопасности.....	67
5.5 Заключение .....	68
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>69</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....</b>	<b>70</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Одними из распространенных типов металл-ионных аккумуляторов являются литий-ионные аккумуляторы [1]. Однако литий не является распространенным элементом, и растущая стоимость ограничивает его широкое применение в больших масштабах. В этой связи актуальными являются исследования по разработке альтернативных накопители энергии на основе натрия. Так натрий является более распространенным элементом, чем литий, а также во многих аспектах обладает сходными с литием физико-химическими свойствами. Одним из наиболее интересных материалов для исследований является  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ , который относится к классу соединений типа NASICON (Na Super Ion Conductor) и обладает рядом уникальных свойств, таких как высокая стабильность в широком диапазоне температур, хорошая электропроводность и механическая прочность [2]. Однако, чтобы использовать эти свойства в практике, необходимо разработать эффективные методы синтеза  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$  и провести детальное исследование его структурных свойств. Таким образом, разработка новых катодных материалов на основе сложных фосфатов является актуальными направлениями исследований.

Целью данной работы являлось синтез и исследование свойств  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ . Для достижения цели были поставлены следующие задачи: 1. Синтез образцов  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ . 2. Исследование структурно-фазового состояния  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$  в зависимости от соотношения V:лимонная кислота. 3. Изучение электрохимических свойств  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$  в зависимости от соотношения V:лимонная кислота.

## **1 Металл-ионные аккумуляторы**

Металл-ионные аккумуляторы являются широко распространенными типами аккумуляторов, которые используются в различных устройствах, таких как мобильные телефоны, ноутбуки, электромобили и т. д. Эти аккумуляторы работают путем перемещения металлических ионов между двумя электродами, что позволяет хранить и отдавать электрическую энергию [3]. В этой главе будут рассмотрены различные типы металл-ионных аккумуляторов, их устройство и особенности работы.

### **1.1 Типы металл-ионных аккумуляторов**

Существует несколько типов металл-ионных аккумуляторов, включая литий-ионные, никель-металл-гидридные, никель-кадмиевые и свинцово-кислотные аккумуляторы [3]. Литий-ионные аккумуляторы являются наиболее распространенными типами металл-ионных аккумуляторов благодаря их высокой энергоемкости и эффективности зарядки. Они используют литиевые ионы в качестве носителей заряда и содержат графитовый анод и катод, изготовленный из оксида лития, кобальта, никеля и марганца [4].

Никель-металл-гидридные аккумуляторы также широко используются в мобильных устройствах и электромобилях. Они используют гидридные сплавы в качестве материала для анода и никель-оксид-гидридные соединения для катода [5]. Эти аккумуляторы обладают более высокой энергетической плотностью по сравнению с никель-кадмиевыми аккумуляторами, которые имеют токсичный кадмий в качестве материала для анода.

Свинцово-кислотные аккумуляторы также известны как автомобильные аккумуляторы и используются для запуска двигателей автомобилей. Они имеют свинцовую сетку в качестве анода и свинцовую диоксидную пасту в качестве катода [6]. Однако, свинцовые аккумуляторы содержат токсичные вещества, такие как свинец и кислоту, поэтому эти аккумуляторы не рекомендуется использовать в закрытых помещениях.

## 1.2 Устройство металл-ионных аккумуляторов

Металл-ионные аккумуляторы состоят из двух электродов - анода и катода, которые разделены электролитом [7]. Анодом является электрод, на который ионы двигаются во время зарядки аккумулятора, а катодом является электрод, на который ионы двигаются во время разрядки аккумулятора. Электролит служит для перемещения ионов между анодом и катодом.

Литий-ионные аккумуляторы содержат графитовый анод и катод, изготовленный из оксида лития, кобальта, никеля и марганца. Электролитом служит смесь органических растворителей и литиевой соли. При зарядке аккумулятора литиевые ионы перемещаются из катода в анод, где они встраиваются в графитовую структуру. При разрядке аккумулятора литиевые ионы двигаются в обратном направлении, из анода в катод, где они реагируют с оксидом лития, кобальта, никеля и марганца, освобождая электрическую энергию [8].

Никель-металл-гидридные аккумуляторы содержат гидридные сплавы в качестве материала для анода и никель-оксид-гидридные соединения для катода. Электролитом служит калиевый гидроксид в водном растворе. При зарядке аккумулятора водородные ионы перемещаются к аноду, где они реагируют с гидридным сплавом, образуя воду и освобождая электрическую энергию. При разрядке аккумулятора никель-оксид-гидридные соединения реагируют с водородными ионами, образуя воду и перемещаясь к катоду [9].

Свинцово-кислотные аккумуляторы содержат свинцовый анод, свинцово-диоксидный катод и серную кислоту в качестве электролита. При зарядке аккумулятора свинцовые ионы перемещаются из катода в анод, где они встраиваются в свинцовую сетку. При разрядке аккумулятора свинцовые ионы двигаются в обратном направлении, из анода в катод, где они реагируют с диоксидом свинца и серной кислотой, образуя воду и освобождая электрическую энергию [10].

### 1.3 Электродные материалы

Анодные материалы играют важную роль в процессе хранения и производства электроэнергии. Выбор оптимального анодного материала зависит от многих факторов, таких как тип аккумулятора, электрические характеристики, температурный режим и другие. В данной тексте мы рассмотрим некоторые типы анодных материалов, их свойства и применение.

Один из наиболее распространенных анодных материалов - графит [11]. Графит обладает высокой электропроводностью, химической стабильностью и способностью встраиваться в ионную сетку при зарядке аккумулятора. Графит используется в большинстве литий-ионных аккумуляторах, а также в некоторых других типах аккумуляторов. Графитный анод может работать при температурах до 60°C [12].

Другой распространенный анодный материал - кремний [13]. Кремний имеет высокую емкость, что означает, что большее количество энергии может быть сохранено в батарее с кремниевым анодом. Кроме того, кремний обладает высокой степенью стабильности при зарядке и разрядке аккумулятора. Кремниевые аноды находят применение в литий-ионных аккумуляторах и других типах аккумуляторов. Однако, кремниевый анод может иметь проблемы со стабильностью при высоких токах и высоких температурах [14].

Еще одним типом анодного материала является металлический литий [15]. Металлический литий обладает высокой энергетической плотностью и способностью быстро заряжаться и разряжаться, что делает его привлекательным для применения в литий-ионных аккумуляторах. Однако, металлический литий имеет высокую реактивность, что означает, что его применение ограничено некоторыми технологическими сложностями, такими как утечки электролита и коррозия металлических частей аккумулятора [16].

Некоторые исследователи изучают возможность использования других материалов для создания анодов. Например, группа ученых предложила использовать углеродные нанотрубки в качестве анодных материалов [17].

Углеродные нанотрубки обладают высокой поверхностной площадью, что позволяет им иметь высокую емкость и электропроводность. Кроме того, углеродные нанотрубки могут иметь различные геометрические формы, что позволяет их оптимизировать под конкретный тип аккумулятора. Однако, использование углеродных нанотрубок также имеет свои ограничения, такие как высокая цена производства и сложности синтеза [18].

Еще одним интересным материалом для создания анодов является нитрид титана [19]. Нитрид титана обладает высокой электропроводностью и способностью встраиваться в ионную сетку при зарядке аккумулятора. Кроме того, нитрид титана не имеет проблем с побочными реакциями при зарядке и разрядке, что делает его более стабильным, чем некоторые другие материалы. Однако, нитрид титана может иметь проблемы со стабильностью при длительном использовании при высоких температурах [20].

В целом, выбор оптимального анодного материала зависит от многих факторов, таких как тип аккумулятора, электрические характеристики, температурный режим и другие. Каждый тип материала имеет свои преимущества и ограничения, и оптимальный выбор материала должен быть основан на комплексном анализе этих факторов. Дальнейшее исследование анодных материалов может привести к созданию новых типов аккумуляторов с улучшенными характеристиками и более широкими областями применения.

## **1.4 Электролит**

Металл-ионные аккумуляторы широко применяются в различных областях, включая электромобили, портативные электронные устройства и сетевое хранение энергии. Одной из ключевых компонент аккумулятора является электролит - вещество, способное проводить ионы металла между анодом и катодом. В этой статье мы рассмотрим различные типы электролитов, используемых в металл-ионных аккумуляторах, и их характеристики.

## Органические электролиты

Одним из наиболее распространенных типов электролитов, используемых в металл-ионных аккумуляторах, являются органические электролиты. Они обычно представляют собой смеси органических растворителей, в которых диссоциируются соли металлов [21]. Органические электролиты обладают низкой вязкостью, хорошей проводимостью и стабильностью при высоких температурах. Они также обеспечивают хорошую сольватацию ионов металла, что способствует эффективной диффузии ионов между электродами.

Примером органического электролита, широко применяемого в литий-ионных аккумуляторах, является смесь карбонатных растворителей с литийными солями, такими как LiPF<sub>6</sub> [22]. Этот тип электролита обеспечивает высокую эффективность и стабильность работы аккумулятора.

## Полимерные электролиты

Полимерные электролиты представляют собой полимерные материалы, способные проводить ионы металла. Они обладают высокой механической прочностью, гибкостью и хорошей химической стабильностью [23]. Полимерные электролиты часто используются в аккумуляторах на основе лития и других металлов, таких как аккумулятор никеля-кадмия. Они представляют собой альтернативу органическим электролитам и обладают рядом преимуществ, включая высокую безопасность, низкую токсичность и возможность создания гибких и тонких аккумуляторных элементов.

Полимерные электролиты могут быть разделены на две основные категории: твердые полимерные электролиты (СПЭ) и полимерно-жидкостные электролиты (ПЖЭ). Твердые полимерные электролиты представляют собой полимерные матрицы, в которых диссоциируются соли металлов, образуя ионные каналы для проводимости ионов [24]. Они обладают высокой механической прочностью и хорошей химической стабильностью, но могут иметь более низкую проводимость по сравнению с органическими электролитами.

Полимерно-жидкостные электролиты состоят из полимера и жидкого растворителя, в котором диссоциируются соли металлов [25]. Они обладают более высокой проводимостью по сравнению с СПЭ, благодаря наличию жидкой фазы, но могут быть менее стабильными и требовать дополнительных мер по предотвращению утечек электролита.

#### Керамические электролиты

Керамические электролиты представляют собой твердые материалы, обладающие высокой ионной проводимостью. Они широко используются в аккумуляторах с высокой энергетической плотностью, таких как литий-серный аккумулятор и твердотельные аккумуляторы на основе лития [26]. Керамические электролиты могут быть основаны на оксидах, сульфидах или фосфидах металлов и предлагают высокую стабильность химического состава и широкий диапазон рабочих температур.

Металл-ионные аккумуляторы используют различные типы электролитов в зависимости от требуемых характеристик и приложений. Органические электролиты, такие как смеси органических растворителей с солями металлов, обладают хорошей проводимостью и стабильностью. Полимерные электролиты предлагают преимущества в виде высокой безопасности и гибкости, а керамические электролиты обладают высокой ионной проводимостью и химической стабильностью.

Дальнейшее исследование в области электролитов для металл-ионных аккумуляторов будет направлено на разработку новых материалов с улучшенной проводимостью, стабильностью и безопасностью. Это позволит создавать более эффективные и надежные аккумуляторные системы для различных применений, включая электромобили, электронику и хранение энергии.



## 2 Материал и методы исследований

### 2.1 Синтез образцов $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$

Карбонат натрия ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), метаванадат аммония ( $\text{NH}_4\text{VO}_3$ ), дигидрогенфосфат аммония ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ), аммиак ( $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ , 28 % - 30 %) и моногидрат лимонной кислоты ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7\text{-H}_2\text{O}$ ) были приобретены у компании Sigma-Aldrich и все были  $\geq 99\%$  чистыми. Безводный этанол, использованный для процесса измельчения, был приобретен у Beijing Chemical Reagent Company, а безводный этанол ( $\geq 99,5\%$ ), использованный для тестирования, был приобретен у Aladdin Biochemical Technology Co. Проводящие добавки (супер P) для процесса подготовки электродов были приобретены у Shanghai Huipu Industrial Chemicals Co. Связующим веществом является поливинилиденфторид (PVDF), Solvay 5130, приобретенный у компании Solvay. Растворителем для связующего был 1-метил-2-пирролидон ( $> 99,5\%$ , Sigma-Aldrich). Электродом сравнения в собранной кнопочной ячейке является металлический натрий, приобретенный у Sigma-Aldrich, чистота  $\geq 99,8\%$ . Состав электролита - 1 М  $\text{NaClO}_4$ , растворенный в смеси растворителей EC/PC (1:1 по объему) с 5 % FEC в качестве добавки к электролиту, приобретенной у Dodo Reagents. Мембрана представляла собой стекловолокно типа GF/C, приобретенное у компании Whatman. Для всех испытаний, проводимых не на месте, электродные материалы промывались диметилкарбонатом (DMC, приобретенным у компании Sigma Aldrich).

Композиты  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3/\text{C}$  были синтезированы простым золь-гель методом.

Сначала был приготовлен 0,2 М раствор лимонной кислоты.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{VO}_3$  и  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  были взвешены в молярном соотношении 3:4:6 и последовательно добавлены в раствор лимонной кислоты. Смесь перемешивали на магнитной мешалке и по каплям добавляли аммиак до достижения  $\text{pH} = 9$ . Смесь нагревали и перемешивали при  $70\text{ }^\circ\text{C}$ , пока вся

деионизированная вода не испарилась, в результате чего образовался рыхлый и пористый гелевый прекурсор.

Затем прекурсоры были высушены в печи при 120 °C в течение 12 часов и измельчены в порошок. Прекурсор помещали в корундовый тигель и нагревали до 350 °C в защищенной азотом трубчатой печи при скорости нагрева 2 °C/мин в течение 5 часов, охлаждали естественным образом и затем удаляли. Наконец, порошок прессуют в хлопья под давлением 20 МПа, снова помещают в корундовый тигель, нагревают до 800 °C в защищенной от азота трубчатой печи при скорости нагрева 2 °C/мин в течение 12 часов, охлаждают естественным образом и затем удаляют. Хлопья измельчили в порошок, и полученный черный порошок стал целевым композитом  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3/\text{C}$  [27].

## **2.2 Характеристика электродных материалов**

### **2.2.1 Рентгеноструктурный анализ**

Рентгеноструктурный анализ проводился на дифрактометре STOE STADI/P из Гамбурга, Германия. Использовался источник дифракции - монохроматическое рентгеновское излучение  $\text{Mo K}\alpha$ , с диапазоном сканирования от 5° до 40°.

### **2.2.2 Исследование морфологии и микроструктуры**

Морфологию и микроструктуру образцов исследовали методами, используя сканирующий электронный микроскоп с полевой эмиссией (SU8020, производство компании Hitachi, Япония). Для определения микроструктуры был применен трансмиссионный электронный микроскоп модели Tecnai G2 (производство компании FEI, Нидерланды).

## **2.3 Испытание электрохимических свойств**

Для тестирования электрохимических свойств материала проводились тесты при постоянном токе зарядки и разрядки на полу-элементе, собранном вышеописанным способом. Тесты проводились на испытательном оборудовании LAND в г. Ухань.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
150Б91	Пан Шуци

<b>Школа</b>	<b>ИЯТШ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОЭФ</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	03.03.02 «Физика»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Затраты на сырьё, материалы, комплектующие изделия, специальное оборудование, основную и дополнительную заработную платы исполнителей, отчисления на социальные нужды, накладные расходы</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>1. Налоговый кодекс Российской Федерации 2. ФЗ №212 от 24.07.2009 в ред. от 19.12.2016</i>

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Определение потенциальных потребителей результатов исследования, анализ конкурентных технических решений.</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Сравнительный анализ интегральных показателей эффективности, формирование бюджета НИИ</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Расчет уравнений эффективности НИИ. Расчет уравнений сравнительной эффективности НИИ.</i>

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Оценка конкурентоспособности НИ;
2. SWOT- анализ;
3. Диаграмма Ганта;
4. Бюджет затрат научно-технического исследования
5. Основные показатели эффективности НИ

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
доцент	Верховская Марина Витальевна	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
150Б91	Пан Шуци		

## **ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

Темой настоящей ВКР является исследование свойств, методов получения и применение NASICON  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ . В рамках работы рассматриваются как основные характеристики этого материала, так и его потенциал для различных применений.

Для успешного проведения научного исследования и его последующей коммерциализации необходимо оценить коммерческую ценность работы. Помимо превосходства свойств и методов получения над предыдущими разработками, необходимо также понимать коммерческую привлекательность данного материала.

Целью выполнения финансово-экономической части выпускной квалификационной работы является формирование навыков оценки результата научной работы и поиска источников финансирования для проведения научного исследования. В рамках данного раздела предусматривается решение следующих задач:

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

### **4.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Потенциальными потребителями исследуемого материала  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$  (натриевый ванадийфосфат) являются производители аккумуляторов, которые заинтересованы в высокой энергетической плотности, стабильности циклов и низкой стоимости. Возможные сегменты пользователей и рынков для  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$  включают:

Производители литий-ионных аккумуляторов: Литий-ионные аккумуляторы являются самыми распространенными типами аккумуляторов

сегодня.  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$  может использоваться в качестве положительного электрода для создания высокопроизводительных и безопасных аккумуляторов. Потенциальными пользователями могут быть производители электромобилей, производители портативных устройств и производители энергохранилищ.

Разработчики систем энергохранения: С развитием возобновляемых источников энергии, системы энергохранения становятся все более востребованными.  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$  может использоваться для создания эффективных систем хранения энергии, которые способны сгладить пиковую нагрузку и обеспечить стабильное энергоснабжение. Разработчики и поставщики систем энергохранения могут заинтересоваться этим материалом.

Исследовательские и развивающие компании: Компании, занимающиеся исследованиями и разработками в области энергетики, могут заинтересоваться  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$  в качестве перспективного материала для новых энергетических приложений и устройств.

Сегментация рынка позволит определить конкретные группы потребителей, которые могут проявить интерес к исследуемому материалу и его возможным применениям в различных отраслях. Карта сегментирования рынка по модификации поверхностей представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Карта сегментирования рынка услуг в области АТ

		Вид услуги				
		3D печать	Разработка новых энергетически х материалов		Исследование закономерностей поведения изделий в экстренных ситуациях	
Сфера услуг	хранилище энергии					
	автомобильная промышленность					
	Новая энергетическая батарея					
	Машина сделана					

	ЗАО «Хуанэн/Huaneng»		ПАО «CATL»		ПАО «Джили/Geely Автомобиль»
--	-------------------------	--	------------	--	---------------------------------

В качестве конкурентных компаний были рассмотрены: ЗАО «Хуанэн», ПАО «CATL», ПАО «Джили Автомобиль».

CATL занимается производством и исследованиями новых энергетических аккумуляторов, Huaneng занимается производством машин и наукой о хранении энергии, Geely Automobile производит автомобили и автомобильные аккумуляторы.

Согласно диаграмме сегментации рынка АТ, можно обеспечить результаты исследований путем сотрудничества с компаниями, занимающимися производством автомобилей и разработкой новых аккумуляторов, поскольку конкуренция не является жесткой.

## **4.2 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.**

### **4.2.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

Продуктом для анализа является  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$  (тринатриевый дифосфат ванадия), который представляет собой керамический композит, созданный на основе прекерамической бумаги и обладающий свойствами, характерными как для металлов, так и для керамических материалов.

Целевым рынком для данного продукта являются предприятия высокотехнологичной электроники и конструкторские компании. Детальный анализ конструктивного исполнения является необходимым, поскольку каждый тип конструктивного исполнения имеет свои преимущества и недостатки. Для проведения такого анализа используется оценочная карта.

Оценочная карта предполагает экспертную оценку по техническим характеристикам и экономическим показателям по 5-балльной шкале, где 1 - наиболее низкая оценка, а 5 - наиболее высокая. Общий вес всех показателей в сумме должен составлять 1.

Целесообразно проводить анализ с использованием оценочной карты, для чего были выбраны два конкурентных продукта. Расчет показателя конкурентоспособности будет производиться с помощью следующей формулы:

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

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

Таблица 4.2 – Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б <sub>Ф</sub>	Б <sub>К1</sub>	К <sub>КФ</sub>	К <sub>К1</sub>
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Повышение производительности труда пользователя	0.1	4	4	0.4	0.4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0.05	4	3	0.2	0.15
3. Помехоустойчивость	0.05	4	2	0.2	0.1
4. Энергоэкономичность	0.05	4	4	0.2	0.2
5. Надежность	0.1	4	3	0.4	0.3
6. Уровень шума	0.05	3	3	0.15	0.15
7. Безопасность	0.01	5	5	0.05	0.05
8. Потребность в ресурсах памяти	0.1	4	4	0.4	0.4
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0.1	5	3	0.5	0.3
10. Простота эксплуатации	0.05	4	4	0.2	0.2

11. Качество интеллектуального интерфейса	0.05	4	4	0.2	0.2
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0.01	5	5	0.05	0.05
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность продукта	0.05	4	3	0.2	0.15
2. Уровень проникновения на рынок	0.02	5	5	0.1	0.1
3. Цена	0.03	4	4	0.12	0.12
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0.03	4	4	0.12	0.12
5. Послепродажное обслуживание	0.01	4	4	0.04	0.04
6. Финансирование научной разработки	0.08	4	5	0.32	0.4
7. Срок выхода на рынок	0.05	4	4	0.2	0.2
8. Наличие сертификации разработки	0.01	4	4	0.04	0.04
Итого	1	83	77	4.09	3.67

Исходя из данных таблицы 4.2, конкурентоспособность разработки научного исследования механических свойств изделий из  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$  составила 4.09, против 3.67 исследования механических свойств изделий из другого материала  $\text{Na}_2\text{FePO}_4\text{F}$ . Полученные данные свидетельствуют о превосходстве научно-технической разработки на основе  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$  по критериям: удобство в эксплуатации, помехоустойчивость, надежность, функциональная мощность и конкурентоспособность продукта.

Более того, исследование механических свойств изделий из  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$  предоставляет более обширный объем информации об экспериментальных данных по сравнению с конкурирующей разработкой. Методика исследования механических свойств изделий на основе  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$  имеет более широкие возможности применения в промышленности.



#### 4.2.2 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта.

Сильные стороны – это факторы, которые характеризуют конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Указывают на отличительное преимущество проекта или ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции.

Слабые стороны – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей.

Возможности включают в себя предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию.

Угроза – это любая нежелательная ситуация, тенденция или изменение в условиях окружающей среды проекта, которая имеет разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем.

SWOT-анализ можно осуществить и представить в виде интерактивной матрицы работы, таблица 4.3, а также результирующих таблиц возможностей и угроз НИР, таблицы 4.4.

Каждый фактор таблицы 3 помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» / «-».

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	+	0
	B2	+	+	+	-
	B3	-	-	-	0

Таблица 4.4 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны проекта:</p> <p>C1. Актуальность.</p> <p>C2. Применение современного оборудования.</p> <p>C3. Квалифицированный персонал.</p> <p>C4. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p>	<p>Слабые стороны проекта:</p> <p>Сл1. Высокая стоимость.</p> <p>Сл2. Малый круг потребителей.</p> <p>Сл3. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой.</p> <p>Сл4. Отсутствие прототипа научной разработки.</p>
<p>Возможности:</p> <p>B1. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p>B2. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях.</p> <p>B3. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»:</p> <p>1. Обеспечение условий для создания кадров в области создания пористых структур для медицинского применения.</p> <p>2. Появление дополнительного спроса и финансирования, обеспеченных актуальностью тематики.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»:</p> <p>1. Необходимо финансирование на модернизацию, что возможно реализовать в условиях вуза.</p> <p>2. Расширение круга потребителей путем модернизации системы.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства.</p> <p>У3. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»:</p> <p>1. Благодаря возможностям системы своевременному финансированию продвижение на рынок может стать успешным.</p> <p>2. Повышение конкурентоспособности после модернизации разработки.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»:</p> <p>1. Относительно высокая стоимость, и ограниченный круг потребителей может вызвать низкий спрос со стороны заказчиков.</p>

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта. Приведённый анализ показал, что технология, находясь на этапе разработки, имеет хорошие шансы на коммерциализацию, с учетом проявляемого интереса партнеров и удачных исследований. При этом если переход разработки в стадию коммерциализации затянется, то возможна потеря спроса на готовую технологию.

### 4.3 Планирование научно-технического исследования

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведено распределение исполнителей по видам работ. Планирование комплекса предполагаемых работ осуществлялось в следующем порядке:

- разработка задания;
- теоретические исследования;
- составление порядка эксперимента, выбор технических режимов;
- изготовление исследуемых образцов;
- изготовление подготовка исследуемых образцов к исследованиям;
- экспериментальные исследования;
- оценка результатов экспериментов;
- оформление отчёта по ВКР;
- подготовка к защите ВКР.

Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Распределение исполнителей и этапы выполняемых работ

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, лаборант (дипломник)

	3	Проведение патентных исследований	Руководитель, лаборант
	4	Выбор направления исследований	Руководитель, лаборант
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, лаборант
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Руководитель, лаборант
	7	Составление порядка эксперимента, выбор технических режимов	Руководитель, лаборант, сотрудник-техник
	8	Изготовление исследуемых образцов	Инженер
	9	Подготовка исследуемых образцов к проведению экспериментов	Инженер
	10	Проведение экспериментов	Руководитель, лаборант, сотрудник-техник
	11	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями и подготовка к участию в конференции	Руководитель, лаборант
Обобщение и оценка результатов	12	Оценка эффективности полученных результатов и участие в конференции	Руководитель, лаборант
	13	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, лаборант

Данная таблица отображает вклад каждого участника исследовательской работы. Наибольшая часть работы приходится на лаборанта (дипломника).

### 4.3.1 Определение трудоемкости выполнения работ

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

С целью определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используем следующую формулу:

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

где  $t_{ож}$  – ожидаемая трудоёмкость выполнения работы, чел.дн.;  $t_{\min}$  – минимально возможная трудоёмкость выполнения работы, чел.дн.;  $t_{\max}$  – максимально возможная трудоёмкость выполнения работы, чел.-дн. Оценка трудоемкости выполнения научного исследования для научного руководителя:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot 43 + 2 \cdot 91}{5} = 622 \text{ чел.-дн.}$$

Трудоёмкость выполнения научного исследования для сотрудника – техника:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot 6 + 2 \cdot 18}{5} = 108 \text{ чел.-дн.}$$

Трудоёмкость выполнения научного исследования для лаборанта:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot 61 + 2 \cdot 129}{5} = 882 \text{ чел.-дн.}$$

Далее определим продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями, по следующей формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i} \quad (4.3)$$

где  $T_{di}$  – продолжительность одного этапа работы, раб.дн.;  $t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;  $Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Произведем длительно работ в рабочих днях.

Расчёт продолжительности работы выполнения научного исследования для научного руководителя:

$$T_{РД} = \frac{t_{о.ж.}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д} = \frac{622 \text{ чел.-дн}}{1} \cdot 1 = 622 \text{ рабдни}$$

Продолжительность работы выполнения научного исследования для сотрудника-техника:

$$T_{РД} = \frac{108 \text{ чел.-дн}}{1} \cdot 1 = 108 \text{ рабдни}$$

Продолжительность работы выполнения научного исследования для лаборанта:

$$T_{РД} = \frac{882 \text{ чел.-дн}}{1} \cdot 1 = 882 \text{ рабдни}$$

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:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \tag{4.4}$$

где  $T_{КД}$  – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;  $T_{К}$  – коэффициент календарности, определяющийся выражением 4.4.

$$T_{К} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \tag{4.5}$$

где  $T_{кал}$  – количество календарных дней в году;  $T_{ВД}$  – количество выходных дней в году;  $T_{ПД}$  – количество праздничных дней.

Рассчитаем коэффициент календарности по формуле 4.4:

$$T_{К} = \frac{365}{365 - 66} = 1.22$$

Построим таблицу по результатам расчётов, в которой укажем трудоёмкости работ, название работы, а также укажем длительность работ в рабочих и календарных днях, таблица 4.6.

Таблица 4.6 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Длит. работ в раб. дни Т <sub>рД</sub>			Длит. работ в кален. дни Т <sub>кД</sub>		
	t <sub>min</sub> , чел.-дн			t <sub>max</sub> , чел.-дн			t <sub>ож</sub> , чел.-дн			НР	СТ	ЛАБ	НР	СТ	ЛАБ
	НР	СТ	ЛАБ	НР	СТ	ЛАБ	НР	СТ	ЛАБ						
Составление и утверждение технического задания	2	-	-	4	-	-	2.8	-	-	2.8	-	-	3.4	-	-
Подбор и изучение материалов по теме	10	-	10	21	-	30	14.4	-	18	14.4	-	18	17.6	-	21.96
Проведение патентных исследований	5	-	7	8	-	15	6.2	-	10.2	6.2	-	10.2	7.6	-	12.4
Выбор направления исследований	3	-	5	4	-	7	3.4	-	5.8	3.4	-	5.8	4.2	-	7.1
Календарное планирование работ по теме	2	-	3	3	-	4	2.4	-	3.4	2.4	-	3.4	2.9	-	4.2
Проведение теоретических расчетов и обоснований	4	-	7	6	-	10	4.8	-	8.2	4.8	-	8.2	5.9	-	10
Составление порядка эксперимента, выбор технических режимов	1	1	2	3	3	4	1.8	1.8	2.8	1.8	1.8	2.8	2.2	2.2	3.4
Изготовление исследуемых образцов	-	-	2	-	-	3	-	-	2.4	-	-	2.4	-	-	2.9
Подготовка образцов к проведению экспериментов	-	-	7	-	-	12	-	-	9	-	-	9	-	-	11
Проведение экспериментов	5	5	5	15	15	15	9	9	9	9	9	9	11	11	11
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями; подготовка к конференции*	5	-	7	10	-	12	7	-	9	7	-	9	8.5	-	11
Оценка эффективности полученных результатов; участие в конференции**	3	-	3	10	-	10	5.8	-	5.8	5.8	-	5.8	7.1	-	7.1
Определение целесообразности проведения ОКР	3	-	3	7	-	7	4.6	-	4.6	4.6	-	4.6	5.6	-	5.6
Итого	43	6	61	91	18	129	62.2	10.8	88.2	62.2	10.8	88.2	75.9	13.2	107.6

На основе таблицы 4.6, построим календарный план-график. График построим для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта, с разбивкой по месяцам и декадам за

период времени дипломирования. Отметим области в зависимости от исполнителей, ответственных за конкретную работу, таблица 7.


Таблица 4.7 – Календарный план-график (график Ганта) проведения НИОКР


№ работ	Вид работ	Исполнители	Т <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ																
				январь			февраль			март			апрель			май			июнь	
				3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2		
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы	4.88	■																
2	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель	25.6		■	■	■	■	■											
		Лаборант (дипломник)	36.6		■	■	■	■	■	■										
3	Проведение патентных исследований	Руководитель	9.8						■	■										
		Лаборант (дипломник)	18.3						■		■									
4	Выбор направления исследований	Руководитель	4.9							■		■								
		Лаборант (дипломник)	8.5								■		■							
5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	3.7							■										
		Лаборант (дипломник)	4.9									■								
6	Проведение теоретических	Руководитель	7.3										■							
		Лаборант (дипломник)	12.2											■		■				




	расчетов и обоснований																			
7	Составление порядка эксперимента, выбор технических режимов	Руководитель	3.7																	
		Лаборант (дипломник)	4.9																	
		Сотрудник-техник	3.7																	
8	Изготовление исследуемых образцов	Лаборант (дипломник)	3.7																	
9	Построение 3Д моделей	Лаборант (дипломник)	14.6																	
10	Проведение экспериментов	Руководитель	18.3																	
		Лаборант (дипломник)	18.3																	
		Сотрудник-техник	18.3																	
11	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями;*	Руководитель	12.2																	
		Лаборант (дипломник)	14.6																	
12	Оценка эффективности полученных результатов;**	Руководитель	12.2																	
		Лаборант (дипломник)	12.2																	
13		Руководитель	8.5																	

	Определение целесообразности проведения ОКР	Лаборант (дипломник)	8.5															
--	---	-------------------------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 - Руководитель темы

 - Лаборант (дипломник)

 - Инженер-техник

Таким образом, в ходе данного этапа работы были определены длительности и обозначены сроки выполнения всех запланированных видов работ. Была построена диаграмма Ганта, наглядно демонстрирующая этапы выполнения проекта участниками.

В результате выполнения подраздела был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей, а также рассчитано количество дней, в течение которых работал каждый из исполнителей.

#### 4.4 Бюджет научного исследования

##### 4.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

В данном разделе составлен полный бюджет научных исследований. Расходы научных исследований состоят из материальных затрат, расходов на специальные оборудования, основной и дополнительной заработной платы, социальные отчисления и накладные расходы.

В статью расходов входят затраты на приобретение материалов, комплектующих изделий, необходимых для выполнения работ по данному научному исследованию. В таблице 4.8 приведены расходы по данной статье.

Таблица 4.8 – Сырье, материалы, комплектующие изделия

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Синтетическое сырье NVP	кг	1	7000	7000
Канцелярские товары	шт.			1500
Спирт	100 мл	2	45	90
Абразивная бумага для шлифовки	Диаметр 300 мм	20	50	1000
Халат	М	1	500	500
Набор лабораторных инструментов	Малый	1	1000	1000
Чашка Петри	80x17	1	400	400
Всего за материалы				11490
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				574.5
Итого по статье				12064,5

По полученным данным, наибольшие расходы приходятся на порошок для печати образцов.

#### 4.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В рамках выполнения исследования использовалось имеющееся в собственности оборудование, и закупка дополнительного специального оборудования не производилась. В таком случае затраты на специальное оборудование отсутствуют. Однако в ходе эксплуатации оборудования средства были затрачены в соответствии с амортизационными отчислениями. Расчет амортизации производится на находящееся в использовании оборудование. В итоговую стоимость проекта входят отчисления на амортизацию за время использования оборудования в статье накладных расходов.

$$H_A = \frac{1}{n} = 0,1, \quad (4.6)$$

где  $n$  – срок полезного использования в количестве лет

Амортизация:

$$A_M = \sum \frac{I \cdot H_A}{12} = 19507 \text{ руб/лет}$$

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

Таблица 4.9 – Амортизационные расходы

№	Наименование оборудования	Ст-ть, руб.	Срок полезного исп., лет	$H_A$ , %	Время исп., мес.	Амортизационные расходы, руб
2	Дифрактометр Shimadzu XRD-7000	740000	7	14	1	8757
3	Микротвердомер KB30S	145000	10	10	2	2417
4	Оптический микроскоп Quanta 200 3D	500000	10	10	2	8333
Итого:						19507

#### 4.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

Основная заработная плата работников вычисляется по формуле:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} \quad (4.7)$$

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

Основная заработная плата одного работника:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} \quad (4.8)$$

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

Среднедневная заработная плата рассчитывалась по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} \quad (4.9)$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб;  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года;  $F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

В таблице 4.10 представлен годовой баланс рабочего времени для 6-дневной рабочей недели, в таблице 4.11 представлен расчет основной заработной платы.

Таблица 4.10 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Сотрудник-техник
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 4.11 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Оклад, руб/мес	Среднедневная ставка, руб/раб. день	Затраты времени, раб. дни	Фонд, з/платы, руб
Научный руководитель	26116	1077.8	62.2	67039.16
Сотрудник-техник	17058	538.9	10.8	7820.12
Лаборант (дипломник)	-	-	88.2	-
Итого				75859.28

По данным таблицы 4.11 получены данные по затратам на заработную плату сотрудников за весь период ВКР.

#### 4.4.4 Дополнительная заработная плата

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (4.10)$$

где,  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0.12-0.15).

Дополнительная заработная плата руководителя:

$$Z_{доп} = 0.13 \cdot 67039.12 = 8715.09 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата сотрудника-техника:

$$Z_{доп} = 0.13 \cdot 7820.12 = 956.62 \text{ руб.}$$

Суммарная дополнительная заработная плата равна 9871,71 рубль.

#### 4.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды

Данные расходы включают обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников. Ставка отчислений во внебюджетные фонды для учреждений, осуществляющих

научную и образовательную деятельность, на 2021 год составляет 30% (ПФ – 22%, ФФОМС – 5.1%, ФСС – 2.9%)

Отчисления во внебюджетные фонды:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot Z_{осн} = 69915 \cdot 0.3 \approx 20974.5 \text{ руб} \quad (4.11)$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды ( $k_{внеб} = 0,3$ ).

#### 4.4.6 Расчет затрат на электроэнергию

Потребляемая мощность анализатора составляет 7 кВт/час. Длительность еженедельной работы на комплексной технологической установке составляет 2 часа. Стоимость электроэнергии в Томске составляет 5.748 рубля за 1 кВт/час. Стоимость электропотребления за 5 месяцев рассчитывается по формуле:

$$C_{эл.об} = P_{об} \cdot Ц_{э} \cdot t_{об} \quad (4.12)$$

где  $P_{об}$  – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;  $Ц_{э}$  – тариф на 1 кВт·час;  $t_{об}$  – время работы оборудования, час.

Затраты на электроэнергию для технологических целей приведены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы оборудования	Потребляемая мощность $P_{об}$ , кВт	Затраты $C_{эл.об.}$ , руб.
Персональный компьютер	646	0.3	1113,96
Комплексная технологическая установка	40	7	1609,44
Итого			2723,4

#### 4.4.7 Расчет затрат на научные и производственные командировки и накладные расходы

Затраты на научные и производственные командировки исполнителей определяются в соответствии с планом выполнения темы и с учетом действующих норм командировочных расходов различного вида и

транспортных тарифов, а также организационных взносов на конференции. Расчеты по данному пункту представлены в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Расчеты на научные и производственные командировки

Наименование мероприятия	Оплата, руб
Конференция «Перспективы развития фундаментальных наук XVIII)	1500
Итого: 1500 руб.	

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

Накладные расходы определяются:

$$Z_{накл} = \frac{\sum ст\ а\ т\ ей\ 1}{7} \cdot k = 3143,45 \text{ рубля}$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы ( $k = 0,16$ ).

#### 4.4.8 Формирование бюджета затрат НИИ

Расчет бюджета затрат в результате проведения НИИ представлен в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Бюджет затрат

Наименование статьи	Сумма, руб
Материальные затраты	10489,5
Затраты на специальное оборудование для научных работ	19507
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	72859,28
Затраты по доп. заработной плате исполнителей темы	9471,71
Отчисления во внебюджетные фонды	20974,5
Затраты на электроэнергию	2723,4
Затраты на научные производственные командировки	1500
Накладные расходы	3143,45
Бюджет затрат	140668,42

#### 4.5 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:

$$I_{\text{ФИНР}}^{\text{ИСП}} = \frac{\Phi_{Pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.13)$$

где  $\Phi_{Pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;  $\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

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

$$I_{Pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (4.14)$$

В таблице 4.13 представлена сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта. Данный проект сравнивается с методикой качественного анализа материалов, заложенной в программе как базовая.

Таблица 4.13 – Сравнительная оценка характеристик

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Данный проект	Базовая методика качественного анализа материалов
Способствует росту производительности труда	0.25	5	5
Соответствует требованиям потребителей	0.15	4	4
Энергосбережение	0.2	4	3
Надежность	0.2	4	4
Материалоемкость	0.2	5	4

Интегральный показатель ресурсоэффективности	4.45	4.25
--	------	------

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

Пример расчёта интегрального показателя ресурсоэффективности:

$$I_p = 0.25 \cdot 5 + 0.15 \cdot 4 + 0.2 \cdot 4 + 0.2 \cdot 4 + 0.2 \cdot 5 = 4.45$$

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

$$I_{исп} = \frac{I_{Pi}}{I_{финр}}, \quad (4.15)$$

Сравнительная эффективность проекта определяется по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_{CP} = \frac{I_{д.п.}}{I_{исп}}, \quad (4.16)$$

В таблице 4.14 представлена сравнительная эффективность данного проекта с базовой методикой качественного анализа материалов.

Таблица 4.14 – Сравнительная эффективность

Показатели	Данный проект	Базовая методика качественного анализа материалов
Интегральный финансовый показатель	1	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности	4.45	4.25
Интегральный показатель эффективности	4.45	4.25
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1.05	0.95

Анализируя данные таблицы 4.14, разработанная методика эффективнее стандартной. Традиционная оценка экономической эффективности полученных результатов невозможны, т.к. они носят чисто научный характер.

#### **4.6 Выводы по главе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»**

В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент» был выполнен анализ конкурентоспособности. Проведён SWOT-анализ проекта, в ходе которого были выявлены потенциальные внутренние и внешние сильные и слабые стороны, возможности и угрозы. Из анализа выяснили, что потенциальных сильных сторон у проекта больше, чем слабостей, что свидетельствует о перспективности исследования. Сильными сторонами можно назвать то, что технология является экономичной, энергоэффективной и экологичной, имеет маленький срок готовых результатов при проведении научного исследования и имеет квалифицированный персонал. К слабым сторонам можно отнести отсутствие прототипа научной разработки, Недостаток финансовых средств, большой срок поставок материалов и комплектующих, используемых при проведении научного исследования.

При планировании научно-исследовательской работы был произведен подсчет бюджета исследования по материальным затратам (12064,5 руб.), затратам на специальное оборудование для научной работы (19507 руб.), затратам по основной заработной плате исполнителей тем (72859,28 руб.), затратам по дополнительной заработной плате (9471,71 руб.), затратам на научные и производственные командировки (1500 руб.), отчислениям во внебюджетные фонды (20974,5), затратам на электроэнергию (2723,4 руб.) и накладным расходам (3143,45 руб.). Всего бюджет составил 48906,96 руб.

Проведена оценка результатов ресурсоэффективности, которая составила 4,45 из 5, что говорит о хорошей эффективности реализации технического проекта.

Проведение такого рода оценки коммерческой ценности необходимо, чтобы оценить состояние и перспективы проводимых научных исследований.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
150Б91	Пан Шуци

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

Тема ВКР:

Синтез и исследование свойств NASICON Na <sub>3</sub> V <sub>2</sub> (P <sub>04</sub> ) <sub>3</sub>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</li> </ul>	<p><i>Объект исследования: Натриево-ионный аккумулятор</i>  <i>Область применения: Автомобиль, Промышленность по хранению энергии и т.д.</i>  <i>Рабочая зона: Цилинский университет, КНР</i>  <i>Размеры помещения: 10м x 5 м x 3 м.</i>  <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: рентгеновский, сканирующий электронный микроскоп, просвечивающий электронный микроскоп.</i>  <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: Электрохимический тестер</i></p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>Специальные: должностная инструкция работника.  Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 02.12.2019).  ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования (дата введения: 01.01.1979).  ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования (дата введения: 01.01.1979).</p>
<p><b>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</li> </ul>	<p><i>Вредные производственные факторы:</i> шум на рабочем месте, 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> противошумные наушники, вентиляция, кондиционирование воздуха, перчатки, респираторы.</p>
<p><b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</b></p>	<p><i>Воздействие на селитебную зону:</i> отсутствует.  <i>Воздействие на литосферу:</i> твердые отходы, использованный материал универсального индикатора рН.  <i>Воздействие на гидросферу:</i> отсутствует  <i>Воздействие на атмосферу:</i> отсутствует.</p>
<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</b></p>	<p><i>Возможные ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения:</i> авария, взрыв, загрязнение атмосферы отравляющими веществами.  <i>Наиболее типичная ЧС:</i> пожар в помещении.</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Профессор ООД ШБИП	Сечин А.И.	д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
150Б91	Пан Шуци		

## **Глава 5. Социальная ответственность**

В связи с различными чрезвычайными ситуациями, происходящими на предприятии, соответственно очень важным является обеспечение безопасности рабочих мест на предприятии, и предотвращение возможных опасных ситуаций.

Для выполнения выпускной квалификационной работы по теме Свойства, методы получения и применение NASICON  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ , В соответствии с этим данная глава предполагает рассмотрение правил безопасной работы при выполнении основных этапов Синтеза, а также их последующего испытания. Рассмотрены условия работы с установкой, выделены опасные и вредные производственные факторы, а также существующие средства и методы защиты, описаны организационные и технические мероприятия, проводимые перед началом работы.

### **5.1. Вредные факторы проектируемой производственной среды**

При проведении работ на установке возможно воздействие вредных факторов таких, как [29]:

- 1) Производственный шум.
- 2) Микроклимат.
- 3) Освещенность.

#### **5.1.2. Производственный шум**

Для синтеза  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$  требуется магнитная мешалка и трубчатая печь, создающие производственный шум. Воздействие шума в первую очередь влияет на органы слуха, нервную и сердечно-сосудистую системы [30]. В соответствии с ГОСТ 12.1.003-83 допустимый уровень шума при

сосредоточенной умственной работе составляет 75 дБА. Зоны с уровнем звука или эквивалентным уровнем звука выше 80 дБА обозначены знаками безопасности по ГОСТ 12.4.026 [31]. Рекомендуется использовать следующие средства коллективной защиты: акустические экраны, выгородки, объемные поглотители звука, виброизолирующие опоры; средства индивидуальной защиты: специальные наушники, вкладыши в ушную раковину, противошумные каски.

В качестве материалов для шумозащитных экранов применяют минеральную вату, композитные материалы, пластмассы, поликарбонаты, древесина, металлы, кирпичную кладку, бетон.

### **5.1.3. Промышленная санитария**

В данной дипломной работе проводилась работа по имплантации  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$  в кнопочную ячейку.

По ГОСТу 12.1.007-76 ССБТ существует определенная классификация по степени воздействия на организм вредные вещества подразделяют на четыре класса опасности:

- 1-й - вещества чрезвычайно опасные;
- 2-й - вещества высокоопасные;
- 3-й - вещества умеренно опасные;
- 4-й - вещества малоопасные.

Необходимо использовать индивидуальные средства защиты (перчатки, очки, защитный рабочий халат).

#### 5.1.4. Микроклимат

При работе установки включены охлаждающие системы и одновременно с этим процессом происходит, нагрев вакуумной камеры, что приводит к изменению микроклимата в помещении. Параметрами, характеризующими микроклимат, являются [32]:

1. температура воздуха;
2. относительная влажность воздуха;
3. скорость движения воздуха.

Выполняемые работы относятся к Іб категории работ. К данной категории относятся работы с интенсивностью энергозатрат 121–150 ккал/ч (140–174 Вт), производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением.

Температура наружных поверхностей технологического оборудования, ограждающих устройств, с которыми соприкасается в процессе труда человек, не превышает 45 °С.

Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

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

Для создания оптимальных метеорологических условий применяется кондиционер, который поддерживает оптимальные параметры микроклимата

автоматически, независимо от меняющихся условий. В холодное время года для поддержания в помещении оптимальной температуры воздуха применяется отопление.

### **5.1.5. Расчет искусственной освещенности**

Согласно СНиП 23-05-95 в лаборатории, где происходит периодическое наблюдение за ходом производственного процесса при постоянном нахождении людей в помещении освещенность при системе общего освещения не должна быть ниже 150 Лк.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

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.

Для защиты от слепящей яркости видимого излучения (факел плазмы в камере с катализатором) применяют защитные очки, щитки, шлемы. Очки на должны ограничивать поле зрения, должны быть легкими, не раздражать кожу, хорошо прилегать к лицу и не покрываться влагой.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения  $A = 5,7$  м, ширина  $B = 4,3$  м, высота =  $3,7$  м. Высота рабочей поверхности над полом  $h_p = 1,0$  м. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 150 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения:



$$S = A \times B,$$

где  $A$  – длина, м;

$B$  – ширина, м.

$$S = 5,7 \times 4,3 = 24,51 \text{ м}^2$$

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами, без штор  $\rho_c=50\%$ , свежепобеленного потолка  $\rho_{IT}=70\%$ . Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен  $K_3 = 1,5$ . Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп  $Z= 1,1$ .

Выбираем лампу дневного света OSRAM DULUX L 32W/840 2G11, световой поток которой равен  $\Phi_{лц} = 2900$  Лм.

Выбираем светильники ССП-158 32Вт 4000К IP65 LLT 4690612008950. Этот светильник имеет одну лампу мощностью 32 Вт, длина светильника равна 1150 мм, ширина – 60 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина  $\lambda$ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем  $\lambda=1,1$ , расстояние светильников от перекрытия (свес)  $h_c = 0,3$  м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p,$$

где  $h_n$  – высота светильника над полом, высота подвеса,

$h_p$  – высота рабочей поверхности над полом.

Высота светильника над полом, высота подвеса:

$$h_n = H - h_c = 3700 - 300 = 3400$$

Высота рабочей поверхности над полом:  $h_{rp} = 800$ .

Расчетная высота, высота светильника над рабочей поверхностью:

$$h = h_n - h_{np} = 3400 - 800 = 2600 = 2,6 \text{ м}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,1 \cdot 2,6 = 2,86 \text{ м}$$

Число рядов светильников в помещении:

$$Nb = \frac{B}{L} = \frac{4,3}{2,86} = 1,5 \approx 2$$

Число светильников в ряду:

$$Na = \frac{A}{L} = \frac{5,7}{2,86} = 1,99 \approx 2$$

Общее число светильников:

$$N = Na \cdot Nb = 2 \cdot 2 = 4$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$l = \frac{L}{3} = \frac{2,86}{3} = 0,953 \text{ м}$$

Размещаем светильники в два ряда. На рисунке изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

Однако необходимо провести дополнительные расчеты:

$$4300 = L_2 + \frac{2}{3}L_3 + 2 \cdot 1150$$

$$L_2 = \frac{(4300 - 2300) \cdot 3}{5} = 1200$$

$$l = \frac{L_2}{3} = \frac{1200}{3} = 400$$

Аналогичные расчеты проводим для длины комнаты:

$$5700 = L_1 + \frac{2}{3}L_1 + 2 \cdot 60$$

$$L = \frac{(5700 - 120) \cdot 3}{5} = 3348$$

$$l = \frac{L_1}{3} = \frac{3348}{3} = 1116$$

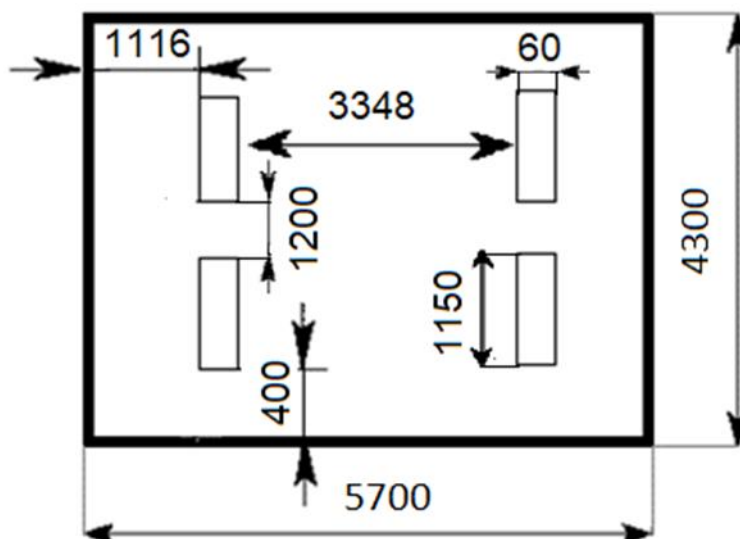


Рисунок 5.1 – Схема размещения светильников в помещении

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{5,7 \cdot 4,3}{2,6 \cdot (5,7 + 4,3)} = 0,94$$

Для коэффициентов отражения берутся приблизительные значения:

= 50% и потолка = 30%. Значения коэффициента использования светового потока светильников с люминесцентными лампами примем равным 53 %.

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\Pi} = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{150 \cdot 5,7 \cdot 4,3 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{4 \cdot 0,53} = 2861,42 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{2900 - 2861,42}{2900} \cdot 100\% = 1,3\%.$$

Таким образом:  $-10\% \leq 1,3\% \leq 20\%$  , необходимый световой поток светильника не выходит за пределы требуемого диапазона.

## 5.2. Электробезопасность

Неисправность проводки установки может стать причиной поражения электрическим током. Прохождение тока может вызывать у человека раздражение и повреждение различных органов. Пороговый не отпускающий ток составляет 50 Гц (6–16мА). Защита от воздействия электрического тока осуществляется путем проведения организационных, инженерно-технических и лечебно-профилактических мероприятий [33].

Электробезопасность должна обеспечиваться конструкцией электроустановок, техническими способами и средствами защиты. Электроустановки и их части выполнены таким образом, чтобы работающие не подвергались опасным и вредным воздействиям электрического тока и электромагнитных полей, и соответствовать требованиям электробезопасности.

Согласно [34] используемое помещение относится к классу с повышенной опасностью, так как в данном помещении возможно одновременное прикосновения человека к имеющей соединение с землей металлоконструкцией здания с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования с другой стороны. Граничные значения напряжений, при повышении которых требуется выполнение защиты от косвенного прикосновения для помещений с повышенной опасностью составляет  $>25$  В переменного тока и  $>60$  В постоянного тока [35].

Для предотвращения поражения электрическим током следует проводить следующие мероприятия:

1. содержать оборудование в работоспособном состоянии и эксплуатировать его в соответствии с нормативно-техническими документами;
2. своевременно проводить техническое обслуживание;
3. соблюдать технику безопасности при работе с оборудованием;
4. проводить инструктаж для работников.

В качестве мероприятий по обеспечению безопасности работы с электрооборудованием могут быть использованы:

1. изоляция токоведущих частей;
2. малое напряжение в электрических цепях;
3. защитное заземление, зануление, защитное отключение;
4. применение разделяющих трансформаторов;
5. использование оболочек и блокировок для предотвращения возможности случайного прикосновения к токоведущим частям и ошибочных действий или операций;
6. защитные средства и предохранительные приспособления.

Безопасным для организма человека можно считать переменный ток силой не выше 0,05 А ток силой более 0,05 - 0,1 А опасен и может вызвать смертельный исход.

Безопасным напряжением для человека считается напряжение 42 В в нормальных условиях и 12 В в условиях повышенной опасности (сырость, высокая температура, металлические полы и др.).

Величина измерения сопротивления заземления - Ом и оно должно быть минимально низким по значению. Идеальным случаем считается, если величина будет нулевая, это означает при пропускании "вредных" электротоков какое-либо сопротивление отсутствует, что гарантирует полное поглощение их землей. Так как достигнуть идеала практически невозможно,

то вся электроника и электрооборудование создаются на основе некоторых нормированных величин сопротивления заземления равно 60, 30, 15, 10, 8, 4, 2, 1 и 0,5 Ом. Исходя из ПУЭ 1.7.101, требуется не более чем 2, 4 и 8 Ом сопротивление заземления для источника тока (генератора или трансформатора).

### 5.3. Пожаровзрывобезопасность

Используемое помещение относится к категории Б по пожарной и взрывопожарной опасности, так в данном помещении расположены горючие легковоспламеняемые материалы, также баллоны с газами. Помещение, в котором находится установка, оснащено аварийными выходами, обеспечено средствами пожаротушения, сигнализацией оповещения пожара. План эвакуации представлен на рисунке 5.2.

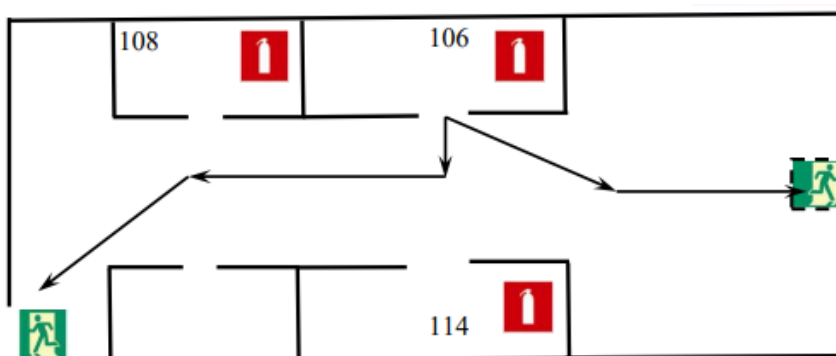


Рисунок 5.2 – План эвакуации рабочих помещений

Работники допускаются к работе только после прохождения инструктажа о мерах пожарной безопасности, во всех помещениях вывешены таблички с указанием номера телефона вызова пожарной охраны и таблички с направлением пути эвакуации и план эвакуации.

В лаборатории расположены огнетушители порошковые ОП-4(з)-АВСЕ-02 (предназначен для тушения твердых, жидких и газообразных веществ и электроустановок до 1000 вольт) [35, 32].

Причинами возникновения пожара могут быть:

1. Нарушение правил эксплуатации электрического оборудования;
2. Курение в неустановленных местах;
3. Перегрузка электрических сетей;
4. Нарушение правил пожарной безопасности;
5. Неправильное хранение возгорающих веществ.

При работе на установке используются баллоны с аргоном и азотом. Эксплуатация баллонов связана с рядом опасных факторов. Наполненный сжатым газом баллон обладает большой энергией, и если в нем образуется отверстие, то газ истекает из него с критической скоростью.

Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, находящихся под высоким давлением описаны. В целях безопасности, выполнены общие правила эксплуатации баллонов:

1. Баллоны установлены вертикально и надежно закреплены в таком положении металлическим хомутом, а также защищены от падения на них сверху каких-либо предметов.

2. Баллоны с газом, устанавливаемые в помещении находятся от радиаторов отопления и других отопительных приборов на расстоянии не менее 1 метра и от печей и других источников тепла с открытым огнем не менее 5 метров. При невозможности выдержать необходимое расстояние, необходимо применять защитные экраны, предохраняющие баллоны от местного разогрева, располагая баллон не ближе 0.1 м от экрана. Установленные баллоны также необходимо предохранять от действия солнечных лучей [32].

3. Выпуск газов из баллона производится через редуктор, предназначенный исключительно для данного газа и окрашенный в соответствующий цвет.

Таблица 5.2 – Типы огнетушителей и их назначение

Тип	Жидкостные	Порошковые	Углекислотные	Аэрозольные	Воздушно-пенные
<b>Огнетушители</b>	ОВ-1(3) ОВ-8	ОП-5 ОП-8 ОП-2	ОУ-5 ОУ-3 ОУ-10	ВВПА-500 ВВПА-400	ОВП-4 ОВП-8 ОВП-40 (ОВП-50)
<b>Описание</b>	Огнетушащее средство представлено водой и водными растворами и химически активных веществ. Также используются поверхностно активные вещества.	Порошки общего и спец. назначения. Основа порошка – минеральные соли. Добавляют также вещества для предотвращения увлажнения и комкования порошка.	Горящее вещество углекислота. При распылении она расширяется в 400 раз, образуя газ. При этом температура понижается до -70 градусов Цельсия.	Горящее вещество представляет собой галоидированные углеводороды, которые образуют при распылении бромистый этил, хладон.	Огнетушащее вещество – пена, которая образуется во время химической или механической реакции водных растворов.
<b>Область применения</b>	Используются только при плюсовых температурах. Назначены для тушения горящих твердых веществ	Наиболее универсальны используются во всех типах пожаров.	При тушении пожаров в помещении, где нежелательно использовать воду.	Хорошо тушат твердые вещества, электрические установки под напряжением. Исключены щелочи и вещества, содержащие кислород.	Предназначены для тушения средних пожаров. Не рекомендуется использовать при тушении веществ, поддерживающих горение без кислорода
<b>Класс пожара</b>	А, В	А,В,С,Е	В,С	В,С,Е	А,В,С



## 5.4. Охрана окружающей среды

В настоящее время одним из важных вопросов в любой сфере деятельности является вопрос экологичности. Экологичность отхода представляет собой способность отхода не оказывать отрицательного воздействия на окружающую среду за пределами допустимых значений.

В настоящий момент ведутся активные работы по переработке отходов, их утилизации или обеспечения повторного использования. Переработка является процессом деятельности, направленным на изменение физического, химического состояния отхода для дальнейшего обращения с отходами.

В данной работе отходами являются металлические порошки, полученные вследствие чистки камеры и других компонентов установки.

Утилизация металлических отходов состоит из нескольких технологических операций, включающих в себя:

- демонтаж конструкций и сбор металлических отходов;
- магнитная сепарация – способ отделения магнитных материалов от немагнитных. Основан на использовании различия магнитных свойств (магнитной восприимчивости, остаточной индукции, коэрцитивной силы и др.) компонентов механической смеси в неоднородном поле постоянных магнитов или электромагнитов;
- транспортировку отходов на перерабатывающее предприятие (ООО "Интерпром", ООО «ЭКОМЕДСЕРВИС», ООО "ПТК "Мегалион" и т.д.);
- проверка металлических отходов (в т.ч. дозиметрическая). Суть проверки исключить возможность приема и продажи металлического лома, который имеет радиоактивное загрязнение

или локальные источники, организации (физические и юридические лица).

#### **5.4.1. Защита в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. ЧС бывают техногенные и природные. Техногенные ЧС вызваны производственной деятельностью человека, в то время как природные ЧС возникают по причине природных явлений и процессов. Так, к техногенным чрезвычайным ситуациям относятся пожары и взрывы на производстве, аварии с выбросом химически опасных или радиоактивных веществ и т.д. Природные ЧС могут возникнуть ввиду наводнения, заморозка, урагана и т.д. Рассмотрим две наиболее типичных чрезвычайных ситуации, которые могут произойти на предприятии.

Первый случай: остановка производства в результате сильных морозов.

Меры по предупреждению ЧС:

1. Повышение устойчивости системы электроснабжения. В первую очередь целесообразно заменить воздушные линии электропередач на кабельные (подземные) сети, использовать резервные сети для запитки потребителей, предусмотреть автономные резервные источники электропитания объекта (передвижные электрогенераторы).

2. Использование запасных автономных источников теплоснабжения, заглубления теплотрасс.

3. Обеспечение устойчивости систем водоснабжения (устройство дублирования водопитания, кольцевание системы, заглубление водопроводов,

обустройство резервных емкостей и водохранилищ, очистка воды от вредных веществ и т.п.).

4. Обеспечение устойчивости системы водоотведения. Повышение устойчивости системы канализации достигается созданием резервной сети труб, по которым может отводиться загрязненная вода при аварии основной сети. Насосы, используемые для перекачки загрязненной воды, комплектуются надежными источниками электропитания.

Второй случай: диверсия. Для обеспечения безопасности работника, предотвращения хищений и проникновения посторонних лиц на предприятие следует использовать ряд мер безопасности:

1. Организовать контрольно-пропускной пункт.
2. Установить системы видеонаблюдения в производственных цехах, а также на всех входах и выходах из здания.
3. Установить оповещающие системы безопасности при несанкционированном проникновении на предприятие в нерабочее время.

#### **5.4.2. Правовые вопросы обеспечения безопасности**

К работе на установке «Радуга-спектр» допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющие медицинских противопоказаний, прошедшие обучение безопасности труда и инструктаж на рабочем месте. К самостоятельной работе допускаются работники после специального обучения и проверки знаний, норм и правил работы с электроустановками, приобретенных навыков и безопасных способов выполнения работы на установке, имеющие не менее III группы по электробезопасности.

Повторная проверка знаний норм и правил электробезопасности проводится с работниками не реже 1 раза в 12 месяцев, повторный инструктаж на рабочем месте – не реже 1 раза в 3 месяца. Проведение всех видов инструктажа должно оформляться в журнале регистрации инструктажа установленного образца, с обязательными подписями получившего и

проводившего инструктаж, с указанием даты проведения инструктажа, наименования и номеров инструкции на виды работ, по которым проводится инструктаж.

В данной главе рассмотрены условия работы с установкой, выделены опасные и вредные производственные факторы, а также существующие средства и методы защиты, описаны организационные и технические мероприятия, проводимые перед началом работы. Проведен расчет освещенности помещения, который удовлетворяет требуемым нормам общего равномерного освещения.

## **5.5 Заключение**

Данное исследование направлено на изучение влияния содержания углерода и температуры спекания на характеристики материала NVP. Результаты исследования показывают, что недостаточное содержание углерода при диссоциации лимонной кислоты снижает электронную проводимость и, следовательно, влияет на характеристики материала. Высокое содержание углерода, напротив, снижает активность углерода в аноде и, тем самым, уменьшает практическую емкость материала. Рентгеновский анализ показал, что высокая температура спекания приводит к образованию примесей. Регулировка содержания углерода и температуры спекания позволяет получить материал NVP с выдающимися электрохимическими характеристиками. Это имеет важное значение для удовлетворения потребностей промышленности и коммерческих приложений в высокопроизводительных положительных электродах, а также для продвижения устойчивого развития возобновляемых источников энергии.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данной работы проведен синтез и исследование свойств  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$  в зависимости от соотношения V:лимонная кислота. Установлено, что средний размер частиц составляет приблизительно 1 мкм. При соотношении V:лимонная кислота = 1:1 расстояние между полосами  $d=0.44$  нм соответствует плоскости (110). Содержание углерода составляет 8,4% массы. При соотношении V:лимонная кислота = 2:1 расстояние между полосами  $d=0.28$  нм соответствует плоскости (116). Содержание углерода составляет 3,4% массы.

При соотношении V:лимонная кислота = 1:1 начальная емкость заряда для электрода  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3/\text{C}$  составляет примерно 102,29 мА·ч/г, емкость разряда - 91,76 мА·ч/г, начальный кулоновский КПД - 89,7%. При соотношении V:лимонная кислота = 2:1 начальная емкость заряда для электрода  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3/\text{C}$  составляет примерно 114,5 мА·ч/г, емкость разряда - 100,2 мА·ч/г, начальный кулоновский КПД - 87,5%.

Установлено, что при соотношении V:лимонная кислота = 2:1 электрод  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3/\text{C}$  имеет более высокую стабильность циклической работы и производительность, чем электрод с соотношением V:лимонная кислота = 1:1, что, возможно, обусловлено открытой структурой NASICON и углеродным покрытием.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] Arora P., Zhang Z. Battery separators //Chemical reviews. – 2004. – Т. 104. – №. 10. – P. 4419-4462.
- [2] Bruce P. G., Scrosati B., Tarascon J. M. Nanomaterials for rechargeable lithium batteries //Angewandte Chemie International Edition. – 2008. – Т. 47. – №. 16. – P. 2930-2946.
- [3] Goodenough J. B., Kim Y. Challenges for rechargeable Li batteries //Chemistry of materials. – 2010. – Т. 22. – №. 3. – P. 587-603.
- [4] Dahn J. R., Khare E. V. Understanding solid electrolyte interphase (SEI) to improve performance of Li-ion batteries // Journal of Power Sources. – 195(13). – P. 3645-3657.
- [5] Xu K. Nonaqueous liquid electrolytes for lithium-based rechargeable batteries //Chemical reviews. – 2004. – Т. 104. – №. 10. – P. 4303-4418.
- [6] Tarascon J. M., Armand M. Issues and challenges facing rechargeable lithium batteries //Nature. – 2001. – Т. 414. – №. 6861. – P. 359-367.
- [7] Braun J. Maintaining security and trust in large scale public key infrastructures. – 2015.
- [8] Frateur I., Raskin J. P. Recycling of lead-acid batteries: a review // Journal of Power Sources. – 2012. – 208. – P. 1-12.
- [9] Xiao Y., Hassan M. A., Wang X. A review of graphite anodes for lithium-ion batteries // Journal of Materials Science. – 2015. – 50. – P. 4650-4665.
- [10] Winter M., Besenhard J. O. Electrochemical lithiation of graphite // Solid State Ionics. – 1994. – 69. – P. 205-212.
- [11] Aurbach D., Lu Z., Schechter A., Gofer Y. Lithium-ion batteries: advanced materials, technologies, and applications, Wiley-VCH, 2009.
- [12] Mizushima K., Jones P. C., Wiseman P. J., Goodenough, J. B.  $\text{Li}_x\text{CoO}_2$  ( $0 < x < 1$ ): A new cathode material for batteries of high energy density //Materials Research Bulletin. – 1980. – Т. 15. – №. 6. – C. 783-789.

- [13] Tarascon J. M., Armand M. Issues and challenges facing rechargeable lithium batteries //nature. – 2001. – T. 414. – №. 6861. – C. 359-367.
- [14] Whittingham M. S. Lithium batteries and cathode materials //Chemical reviews. – 2004. – T. 104. – №. 10. – C. 4271-4302.
- [15] Kong J., Xia Y. Y., Ding Y. Coaxial electrospun carbon nanotubes@carbon nanofibers as high-performance anode materials for lithium-ion batteries // Advanced Materials. – 2011. – 23. – P. 5641-5645.
- [16] Jo E., Park J. H., Park J., Hwang J., Chung K. Y., Nam K. W., Chang, W. Different thermal degradation mechanisms: Role of aluminum in Ni-rich layered cathode materials //Nano Energy. – 2020. – T. 78. – C. 105367.
- [17] Komaba S., Ishikawa T., Yabuuchi N., Murata W., Ito A., Ozeki T. Synthesis and electrochemical properties of TiN as an anode material for rechargeable lithium batteries // Journal of Power Sources. – 2006. – 162. – P. 674-677.
- [18] Wang M., Komaba S., Tamura N., Yabuuchi N., Ozeki, T. The thermal stability of TiN and TiP<sub>2</sub> as anode materials for lithium-ion batteries // Journal of Power Sources. – 2011. – 196. – P. 3617-3621.
- [19] Wang Dongxue. (2019). Functional Design and Properties of NASICON Structured Electrode Materials. (Doctoral dissertation, Jilin University).
- [20] Komaba S., Nakayama T., Ogata A., Shimizu T., Take, C., Takada S., Nakai I. Electrochemically reversible sodium intercalation of layered NaNi<sub>0.5</sub>Mn<sub>0.5</sub>O<sub>2</sub> and NaCrO<sub>2</sub> //Ecs Transactions. – 2009. – T. 16. – №. 42. – C. 43.
- [21] Armand M., Tarascon J. M. Building better batteries //nature. – 2008. – T. 451. – №. 7179. – C. 652-657.
- [22] Kalhoff J, Eshetu GG, Bresser D, et al. Safer electrolytes for lithium - ion batteries: state of the art and perspectives[J]. ChemSusChem. – 2015. – 8(13) . – P.2154-2175.

- [23] Zhang H., Li C., Ge M., Li Z. Polymer electrolytes for lithium-ion batteries: advancements and perspectives // *Electrochimica Acta*. – 2016. – 213. – P. 879-891.
- [24] Bruce P. G., Scrosati B., Tarascon J. M. Nanomaterials for rechargeable lithium batteries // *Angewandte Chemie International Edition*. – 2008. – Т. 47. – №. 16. – С. 2930-2946.
- [25] Croce F., Appetecchi G. B., Persi L., Scrosati B. Nanocomposite polymer electrolytes for lithium batteries // *Nature*. – 1998. – Т. 394. – №. 6692. – С. 456-458.
- [26] Goodenough J. B., Kim Y. Challenges for rechargeable Li batteries // *Chemistry of materials*. – 2010. – Т. 22. – №. 3. – С. 587-603.
- [27] Berthelot R., Carlier D., Delmas C. Electrochemical investigation of the  $P2-Na_xCoO_2$  phase diagram // *Nature materials*. – 2011. – Т. 10. – №. 1. – С. 74-80.
- [28] Kawabe Y., Yabuuchi N., Kajiyama M., Fukuhara, N., Inamasu T., Okuyama R., Komaba S. Synthesis and electrode performance of carbon coated  $Na_2FePO_4F$  for rechargeable Na batteries // *Electrochemistry Communications*. – 2011. – Т. 13. – №. 11. – С. 1225-1228.
- [29] Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 28.12.2013).
- [30] СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Минздрав России. – Москва. – 1996.
- [31] СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Минздрав России. – Москва. – 1997.
- [32] ГОСТ12.1.002-84. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах. Издательство стандартов. – Москва. – 1984.
- [33] ГОСТ 12.1.006-84. Система стандартов безопасности труда. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах



и требования к проведению контроля. Издательство стандартов. – Москва. – 1984.

[34] ПУЭ-7 Правила устройства электроустановок 2009 г.

[35] ГОСТ 12.1.045-84. Система стандартов безопасности труда. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. Издательство стандартов. – Москва.- 1984. 106.

[36] Федеральный закон Российской Федерации от 21.12.1994 N 69-ФЗ (ред. от 12.03.2014) "О пожарной безопасности".

[37] Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

[38] ПБ 03-576-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».

[39] ГОСТ 12.2.085-2002 «Сосуды, работающие под давлением. Клапаны предохранительные. Требования безопасности».