

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

---

Школа Базовой инженерной подготовки

Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение

Отделение школы (НОЦ) Контроля и диагностики

---

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
Исследование влияния давления прессования на дефектное состояние ферритовой керамики.

УДК 620.178:666.65

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б40	Сунь Хуншуай		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
М.н.с. ПНИЛ ЭДиП	Петрова А.Б.			

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОСГН	Николаенко В.С.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Ларионова Е.В.	К.Х.Н		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Приборостроение	Мойзес Б.Б.	К.Т.Н		

Томск – 2018 г.

## Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
	<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять современные базовые и специальные естественнонаучные, математические и инженерные знания для выбор, отладки, настройки и аттестации средств приборостроения с использованием существующих и новых технологий, и учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения	Требования ФГОС (ОПК-1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10;. ОК-3,9; ПК-2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11.12, 13, 14, 15, 16,17, 18), Критерий 5 АИОР (п.1.1, 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P2	Участвовать в технологической подготовке производства, подбирать и внедрять необходимые средства приборостроения в производство, предварительно оценив экономическую эффективность техпроцессов; принимать организационно-управленческие решения на основе экономического анализа	Требования ФГОС (ОК-3, ОПК-7; ПК-8,9,10, 11, 12, 13-18) Критерий 5 АИОР (п.1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P3	Эксплуатировать и обслуживать современные средств измерения и контроля на производстве, обеспечивать поверку приборов и прочее метрологическое сопровождение всех процессов производства и эксплуатации средств измерения и контроля; осуществлять технический контроль производства, включая внедрение систем менеджмента качества	Требования ФГОС (ОК-9, ОПК-3; ППК-14, 15, 16). Критерий 5 АИОР (п.1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P4	Использовать творческий подход для разработки новых оригинальных идей проектирования и производства при решении конкретных задач приборостроительного производства, с использованием передовых технологий; критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы; использовать основы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности	Требования ФГОС (ОК-3,ОК-6, ОПК-2, 3,4, 5, 6, 7,8,9, ПК-1,2,9,14). Критерий 5 АИОР (п.1.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P5	Планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования по своему профилю с использованием новейших достижения науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта в области знаний, соответствующей выполняемой работе	Требования ФГОС (ОК-5, ОК-6 ОПК-2, 3,4,5,6; ПК-1,2,3,4). Критерий 5 АИОР (п.1.2, 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

P6	Использовать базовые знания в области проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для ведения комплексной инженерной деятельности; уметь делать экономическую оценку разрабатываемым приборам, консультировать по вопросам проектирования конкурентоспособной продукции	Требования ФГОС (ОК-3, ПК-6,8,14,17), Критерий 5 АИОР (п.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
	<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-7), Критерий 5 АИОР (п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P8	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, демонстрировать ответственность за результаты работы	Требования ФГОС (ОК-6, ПК-17), Критерий 5 АИОР (п.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-5, ОПК-2), Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P10	Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а так же различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду	Требования ФГОС (ОК-2, 4, 8, 9,10; ОПК-9) Критерий 5 АИОР (п.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P11	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-4), Критерий 5 АИОР (п.1.6, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

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

---

Школа \_\_\_\_\_  
Направление подготовки (специальность) \_\_\_\_\_  
Отделение школы (НОЦ) \_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
151Б40	Сунь Хуншуай

Тема работы:

Исследование влияния давления прессования на дефектное состояние ферритовой керамики.

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

*Объектом исследования является литий-титан-цинковая ферритовая керамика марки ЗСЧ18.*

*Предметом исследования является оценка влияния давления прессования на физические и магнитные характеристики ферритовых изделий*

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>– Изучить основные понятия относительно производства ферритовых изделий, классифицировать ферриты.</p> <p>– Ознакомиться с методиками подготовки образцов феррита.</p> <p>– Подготовить образцы ферритовых изделий марки ЗСЧ18 с различными уровнями давления прессования.</p> <p>– Провести оценку влияния давления прессования на физические и магнитные характеристики образцов ферритовых изделий.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация к работе, выполненная в MS PowerPoint</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Николаенко Валентин Сергеевич, старший преподаватель Отделения социально-гуманитарных наук</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Ларионова Екатерина Владимировна, доцент Отделения контроля и диагностики</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
М.н.с. ПНИЛ ЭДиП	Петрова Анна Борисовна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б40	Сунь Хуншуай		

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности

Направление подготовки (специальность) 12.03.01 Приборостроение

Уровень образования бакалавриат

Отделение контроля и диагностики

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа
---------------------

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

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	13 июня 2018
--	--------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
5.02.2018	<i>Аналитический литературный обзор по теме Главы 1: Ферриты и ферритовые изделия.</i>	
19.02.2018	<i>Аналитический литературный обзор по теме Главы 2: Технология производства ферритовых изделий.</i>	
5.03.2018	<i>Подготовка образцов для исследования.</i>	
19.03.2018	<i>Проведение исследований микроструктуры образцов с использованием сканирующей электронной микроскопии.</i>	
26.03.2018	<i>Определение плотности и пористости образцов методом гидростатического взвешивания.</i>	
9.04.2018	<i>Исследование температурных зависимостей начальной магнитной проницаемости образцов ферритовой керамики.</i>	
23.04.2018	<i>Выполнение раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».</i>	
7.05.2018	<i>Выполнение раздела «Социальная ответственность».</i>	
14.05.2018	<i>Обработка результатов исследования.</i>	
28.05.2018	<i>Оформление ВКР</i>	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Подпись	Дата
м.н.с.	А.Б. Петрова		

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Приборостроение	Б. Б. Мойзес	к.т.н., доц.		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 81 с., 23 рис., 20 табл., 28 источников.

Ключевые слова: ферриты, ферритовая керамика, сканирующая электронная микроскопия, средний размер зерен, гидростатическое взвешивание, начальная магнитная проницаемость, дефектность

Объектом исследования является LiTiZn ферритовая керамика марки ЗСЧ18, спрессованная при различных давлениях прессования.

Цель работы – исследование влияния давления прессования на физические и магнитные характеристики образцов LiTiZn ферритовой керамики, изготовленных и спеченных по классической керамической технологии в лабораторных условиях.

В процессе исследования проводились расчеты плотности и пористости ферритовой керамики, спрессованной при различных режимах давления. Был определен средний размер зерен образцов. Были проведены исследования температурных зависимостей начальной магнитной проницаемости исследуемых образцов.

В результате исследования было показано, что выбранные режимы давления прессования оказывают незначительное влияние на микроструктуру, плотность и пористость исследуемой керамики. Получены результаты, показывающие, что с увеличением давления прессования, происходит увеличение структурночувствительного показателя феноменологического выражения, применяемого для обработки графиков температурных зависимостей начальной магнитной проницаемости, может свидетельствовать о возрастании внутренних упругих напряжений в исследуемых образцах в зависимости от выбора режима прессования.

Степень внедрения: полученные в работе результаты будут использованы для разработки и апробации неразрушающего метода контроля и оценки уровня дефектности магнитомягкой ферритовой керамики.

## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 2409-2014. Огнеупоры. Метод определения кажущейся плотности, открытой и общей пористости, водопоглощения.

ГОСТ 21073.3-75 Металлы цветные. Определение величины зерна методом подсчета пересечений зерен.

ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

СН 245-71 Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.

СНиП 2.01.02-85 Противопожарные нормы.

СНиП 11-2-80 Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений.

В данной работе применялись следующие термины с соответствующими определениями:

**Ферритовые изделия** – это заготовки из ферритовой керамики или композитных материалов

**Магнитомягкие ферриты** – это класс магнитных материалов, используемый в качестве трансформаторных сердечников, главным образом для телевидения, телекоммуникационных компьютеров, медицинской и прочих промышленных электронных систем.

**Гидростатическое взвешивание** – метод измерения массы на единицу объема тела исследуемого объекта.

**Сканирующая электронная микроскопия** – метод исследования поверхности изделий при помощи электронного микроскопа, который создает изображения образца, сканируя поверхность сфокусированным пучком электронов.

**Метод секущих** – это метод, используемый для количественного определения размера зерен.



**Мостовой метод определения магнитных характеристик материала** – метод, основанный на измерении индуктивности электрической цепи с исследуемым ферромагнитным образцом.

**Начальная магнитная проницаемость** – предельное значение магнитной проницаемости при стремящемся к нулю значения напряженности магнитного поля.

## Оглавление

Введение	11
1 Ферриты и ферритовые изделия	13
1.1 Общие положения	13
1.2 Типы и виды ферритов	15
1.3 Область применения ферритов	17
2 Технология производства ферритовых изделий	21
2.1 Подготовка шихты	23
2.2 Прессование ферритовых изделий	24
2.3 Спекание ферритовых изделий	25
3 Исследование влияния давления прессования на физические и магнитные характеристики ферритовых изделий	27
3.1 Методика изготовления образцов LiTiZn ферритовой керамики	28
3.2 Исследование плотности и пористости образцов методом гидростатического взвешивания	31
3.3 Исследование микроструктуры образцов методом сканирующей электронной микроскопии	34
3.4 Исследование температурных зависимостей начальной магнитной проницаемости мостовым методом	38
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	47
5 Социальная ответственность	61
Заключение	75
Список публикаций студента	77
Список использованных источников	78

## Введение

В современной радиоэлектронике литий-титан-цинковые ферриты находят широкое применение для изготовления магнитных усилителей, катушек индуктивности, сердечников трансформаторов, роторов и статоров высокочастотных двигателей. Наибольшее распространение получили ферриты, синтезированные по керамической технологии из механической смеси оксидов или карбонатов. Процесс приготовления ферритов по керамической технологии включает в себя несколько стадий, которые оказывают значительное влияние на характеристики готового продукта. Одной из таких стадий является прессование изделий. Неправильно выбранный режим прессования может повлечь за собой критические последствия, такие как ухудшение характеристик изделий или их разрушение.

Таким образом, целью настоящей работы является исследование влияния давления прессования на физические и магнитные характеристики образцов  $\text{LiTiZn}$  ферритовой керамики, изготовленных и спеченных по классической керамической технологии в лабораторных условиях.

Для осуществления поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Провести анализ литературы.
2. Подготовить образцы ферритовой керамики с различными режимами прессования.
3. Определить структурные характеристики спрессованных при различных давлениях образцов, такие как плотность, пористость, средний размер зерен.
4. Исследовать влияние давления прессования на магнитные характеристики образцов.

Объектом исследования являются образцы  $\text{LiTiZn}$  ферритовой керамики марки ЗСЧ18, спрессованные при трех режимах прессования:  $P_1 =$

150 МПа,  $P_2 = 180$  МПа,  $P_3 = 240$  МПа. Время прессования для каждой из партий образцов составляет  $t_{\text{п}} = 3$  мин, каждая партия состояла из двух образцов.

Предметом исследования является изучение влияния давления прессования на микроструктуру, плотность, пористость и температурную зависимость начальной магнитной проницаемости образцов ферритовой керамики марки ЗСЧ18.

Настоящая выпускная квалификационная работа может быть интересна специалистам, занимающимся исследованиями и разработками в области технологии изготовления ферритов, а также предприятиям, занимающимся производством магнитных материалов и изделий из ферритовой керамики.

По результатам работы были подготовлены и опубликованы тезисы доклада «Исследование магнитной проницаемости ферритовой керамики мостовым методом» в сборнике материалов Международной научно-технической конференции «INTERMATIC-2017» 20 – 24 ноября 2017 г., г. Москва.

# 1 Ферриты и ферритовые изделия

## 1.1 Общие положения

Ферриты представляют собой керамические соединения, состоящие из смеси оксида железа и одного или нескольких других металлов, обладающих ферромагнитными свойствами, которые используются в высокочастотных электрических компонентах, таких как антенны, в СВЧ и радиотехнике [1]. Структуру феррита описывает формула  $MeO \cdot Fe_2O_3$ . В качестве металла могут выступать такие химические элементы как Mn, Li, Ni, Fe, Co, Zn, Cd и другие. Свое название феррит получает по данному химическому элементу, например магниевый феррит, его химическая формула будет представлена как  $MnFe_2O_4$ .

Ферритовые изделия – это заготовки из ферритовой керамики или композитных материалов. Такие изделия изготавливаются различной формы, такой как кольцо, трубка, чашка, пластина, стрержневая, Ш-образная, П-образная гантель [2].

На рисунке 1 представлен пример ферритовых изделий.



Рисунок 1 – Ферритовые изделия

История ферритов (магнитных оксидов) началась много столетий назад. Самые значительные месторождения ферритов были найдены в районе Магнезии в Малой Азии, поэтому название минерала стало магнетитом ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) [3].

Много позже, первое применение магнетита было навигацией, первым магнитным компасом[4].

В 1600 году Уильям Гилберт опубликовал «De Magnetete», первое научное исследование магнетизма [5]. В 1819 году Ханс Христиан Эрстед заметил, что электрический ток в проволоке воздействует на магнитную стрелу компаса [6]. С дальнейшими вкладами Фарадея, Максвелла, Герца и многих других появилась новая наука об электромагнетизме [7-9].

Естественный магнетит является слабым магнитотвердым ферритом. Магнитотвердые ферриты обладают магнетизмом, который является по существу постоянным. Со временем были созданы искусственные магнитотвердые ферриты с превосходными свойствами, но получение аналогичного магнитомягкого материала в лаборатории оказалось невозможным.

В 1930-х годах продолжалось исследование «мягких» ферритов, прежде всего в Японии и Нидерландах. Тем не менее, только в 1945 году Дж. Л. Снук из Phillips Research Laboratories в Нидерландах удалось создать магнитомягкий феррит для коммерческих применений [10]. Первоначально изготовленный в нескольких отдельных формах и размерах, в первую очередь для применений индукторов и антенн, магнитомягкий феррит распространился на бесчисленные размеры и формы для множества применений. Ферриты используются преимущественно в трех областях электроники: низкоуровневых приложений, применениях в электропитании и подавлении электромагнитной помехи.

Широта применения ферритов в электронных схемах продолжает расти. Широкий диапазон возможных геометрий, постоянное улучшение характеристик материалов и их относительная экономическая эффективность

делают ферритовые компоненты предпочтительными как для традиционных, так и для инновационных применений.

## 1.2 Типы и виды ферритов

В зависимости от кристаллической структуры ферриты подразделяются на следующие типы:

1. Шпинель, описывается химической формулой  $MFe_2O_4$ .
2. Гранат, описывается химической формулой  $Me_3Fe_5O_{12}$ .
3. Ортоферриты, описывается химической формулой  $MeFeO_3$ .
4. Гексаферриты, описывается химической формулой  $MeFe_{12}O_{19}$ .

К магнитным кристаллам со структурой шпинели относится класс халькогенидных шпинелей.

К магнитным кристаллам с гексагональной структурой относятся кристаллы типа магнетоплюмбита, манганита, двойные фториды переходных металлов.

В таблице 1 представлены типы ферритов

Тип феррита	Структура	Общая формула	Примеры
Шпинель	Кубическая	$APFe_2O_4$	$A^{II}=Cd, Co, Mg, Zn.$
Гранат	Кубическая	$Ln_3III Fe_5O_{12}$	$Ln^{III}=Y, Sm, Eu, Gd, Tb, Ho, Tm \text{ and } Lu$
Магнетоплюмбит	Гексагональная	$APFe_{12}O_{19}$	$A^{II}=BaF_{12}O_{19}$

Ферриты по видам подразделяются на две обширные группы – мягкие магнитные материалы, иногда называемые электромагнитами, не сохраняют свой магнетизм при удалении от магнитного поля; твердые магнитные материалы, иногда называемые постоянными магнитами, сохраняют свой магнетизм при удалении из магнитного поля. Кобальт является основным

элементом, используемым для получения магнитных свойств в твердых магнитных сплавах [11].

Магнитомягкие материалы характеризуются низкими потерями и высокой проницаемостью. Существует множество сплавов, используемых с различными комбинациями магнитных свойств, механических свойств и стоимости. Существует семь основных групп коммерчески важных материалов: железные и малоуглеродистые стали, сплавы железо-кремний, сплавы железо-алюминий-кремний, никель-железные сплавы, железо-кобальтовые сплавы, ферриты и аморфные сплавы.

Магнитомягкая керамика, также называемая керамическими магнитами, ферромагнитной керамикой и ферритами (мягкими), первоначально была изготовлена из оксида железа  $Fe_2O_3$  с одним или несколькими двухвалентными оксидами, такими как NiO, MgO или ZnO. Смесь прокаливается, измельчается до мелкого порошка, прессуется до формы и спекается. Более подробно процесс подготовки образцов из магнитомягкой керамики будет рассмотрен в Разделе 2. Керамические и интерметаллические типы магнитов имеют квадратную петлю гистерезиса и высокую устойчивость к размагничиванию и ценятся для магнитов для вычислительных машин, где требуется высокая остаточная деформация. Феррит с квадратной петлей для переключения на высокоскоростных компьютерах содержит 40%  $Fe_2O_3$ , 40% MnO и 20% CdO. Некоторые интерметаллические соединения, такие как цирконий-цинк,  $ZrZn_2$ , которые не являются магнитными при обычных температурах, становятся ферромагнитными со свойствами, сходными с ферритами при очень низких температурах, и полезны в компьютерах в связи с подповерхностными сверхпроводниками. Однако некоторые соединения противоположны этому, будучи магнитными при обычных температурах и немагнитными ниже точки перехода. Эта температура перехода или точка Кюри могут быть организованы путем смешивания, чтобы варьироваться от отрицательных температур до более  $100\text{ }^\circ\text{C}$ .



Магнитотвердая керамика (постоянные магниты или твердые магнитные материалы) сильно сопротивляется размагничиванию после намагничивания. Такие материалы используются, например, в двигателях, громкоговорителях, счетчиках и удерживающих устройствах и имеют коэффициенты  $H_c$  от нескольких сотен до тысяч эрстедов (от 10 до 100 кА/м). Основная часть коммерческих постоянных магнитов имеет керамический тип, за которым следуют альникос и кобальт-самарий, железо-неодим, железо-хромо-кобальтовый.

Твердые ферритовые магниты изготавливаются из оксида железа, оксида бария или стронция. Сырье смешивают вместе и предварительно спекают для получения магнитной фазы. Предварительно спеченная смесь затем размалывается. Полученный порошок компактируется вместе (мокрый или сухой) либо в магнитном поле, либо без магнитного поля, а в конце спекается. Обработка возможна только путем шлифования. Из-за низкой стоимости сырья магнитотвердые ферритовые магниты являются самым дешевым типом магнита. Магнитотвердые ферритовые магниты обладают очень хорошими электроизоляционными эффектами и трудно размагничиваются даже в сильных внешних магнитных полях. Интенсивность коррозии низкая, что делает их очень пригодными для жидких применений.

Недостатками являются высокая разрушаемость и низкая прочность на растяжение. Прочность и хрупкость твердых ферритов сходны с керамикой. Кроме того, температурное сопротивление ограничено.

### **1.3 Область применения ферритов**

Ферриты считаются лучшими магнитными материалами, чем чистые металлы из-за их высокого удельного сопротивления, низкой стоимости, упрощения производства и превосходных свойств намагничивания. Ферриты широко используются в радарх, аудио-видео и цифровой записи, ядрах

памяти компьютеров, спутниковой связи и микроволновых устройствах [12-14].

Ферриты имеют огромное применение от микроволн до радиочастот. Они используются для антенных сердечников в радиоприемниках, трансформаторе обратной связи в телевизионной трубке, широкополосный трансформатор, механический фильтр, ультразвуковой генератор, модераторы, фазовый сдвиг, изоляторы.

Магнитомягкий феррит – это класс магнитных материалов, используемый в качестве трансформаторных сердечников, главным образом для телевидения, телекоммуникационных компьютеров, медицинской и прочих промышленных электронных систем.

Магнитотвердые ферриты используются для постоянных магнитов в основном в динамиках, микромоторах.

Наиболее важными технологическими свойствами ферритов являются намагниченность насыщения ( $M_s$ ), коэрцитивная сила, ( $H_c$ ) начальная магнитная проницаемость ( $\mu_i$ ) и потери. В общем случае невозможно получить наилучшую комбинацию этих свойств для любых конкретных задач. Путем изменения состава или добавления добавок или путем изменения техники подготовки изделий, можно в значительной степени контролировать большинство параметров для любых конкретных задач.

В таблице 2 представлены возможные области применения магнитомягких и магнитотвердых ферритов.

Таблица 2 – Области применения ферритов

Область применения	Пример применения
Оптическая запись с высокой плотностью записи	Тонкие пленки шпинелевых ферритов могут использоваться как однократно считываемые носители, работающие с синими волнами. Фактически, поскольку эти нестехиометрические ферриты

	<p>метастабильны, их можно превратить в корундовые фазы при умеренных температурах лазерным пятном. Преобразованные области имеют разные оптические индексы от исходной ферритовой пленки, что делает возможным процесс считывания</p>
Магнитные датчики	<p>Используются для контроля температуры, в датчиках положения и вращения (бесконтактные переключатели)</p>
Магнитное экранирование	<p>Разработана радиолокационная абсорбирующая краска, содержащая феррит, позволяющая сделать самолет или подводную лодку невидимым для радиолокатора.</p>
Контроль загрязнения	<p>Существует несколько японских установок, которые используют осаждение ферритных прекурсоров для удаления загрязняющих веществ, таких как ртуть, из потоков отходов. Ферриты, полученные впоследствии, могут быть разделены магнитно вместе с загрязнителем.</p>
Ферритовые электроды	<p>Из-за высокой коррозионной стойкости ферриты с соответствующей проводимостью используются в качестве электрода в таких применениях, как хромирование.</p>
Телевизионная и радиотехника	<p>Устраняют сигналы от эфирного вещания, появляющиеся из-за проводов, соединяющих устройства</p>
Индукторы, импульсные и широкополосные трансформаторы	<p>Используются в частотно-избирательных схемах</p>
Фармакология	<p>Высвобождение активного вещества лекарства</p>

Как видно из Таблицы 1 ферриты используются в различных областях радиотехники, автоматики, телемеханики, фармацевтике.

Ферриты подразделяются также по маркам, каждая из которых имеет существенный разброс по параметрам. Такой разброс обуславливается как технологией изготовления, так и характеристиками шихты (исходной смеси порошков). Марки ферритов представляют собой набор чисел и букв, отражающих характеристику феррита. Первая цифра в обозначении феррита означает длину волны в сантиметрах, буквенное обозначение обозначает тип волн. Так, например, феррит с обозначением 2СЧ10 представляет собой феррит с длиной сверхвысокочастотной волны 2 см.

В данной работе будет рассмотрен широко используемый в СВЧ-технике и радиотехнике, магнитомягкий литий-цинковый феррит марки 3СЧ18. Химическая формула  $\text{Li}_{0.649}\text{Fe}_{1.598}\text{Ti}_{0.5}\text{Zn}_{0.2}\text{Mn}_{0.051}\text{Bi}_{0.002}\text{O}_4$ .

**Выводы по Главе 1.** Таким образом, в данном разделе проведен литературный обзор и рассмотрены основные вопросы, касающиеся ферритов, их классификации и областей применения.

## **2 Технология производства ферритовых изделий**

Ферритовые изделия изготавливаются с использованием технологических приемов, которые свойственны производству керамических изделий.

На сегодняшний день наиболее распространенными являются следующие технологические схемы, применяемые при производстве ферритовых изделий:

1. исходные вещества в виде окислов и солей металлов отмеряются в определенных пропорциях, которые должны соответствовать химическому составу изготавливаемого феррита, после чего механически смешиваются.

2. исходные соли металлов или гидраты окислов совместно соосаждаются.

3. исходные соли металла, соответствующие химическому составу изготавливаемого феррита, подвергаются термическому разложению [15].

На рисунке 2 представлены технологические схемы, которые применяются на производстве ферритовых изделий.

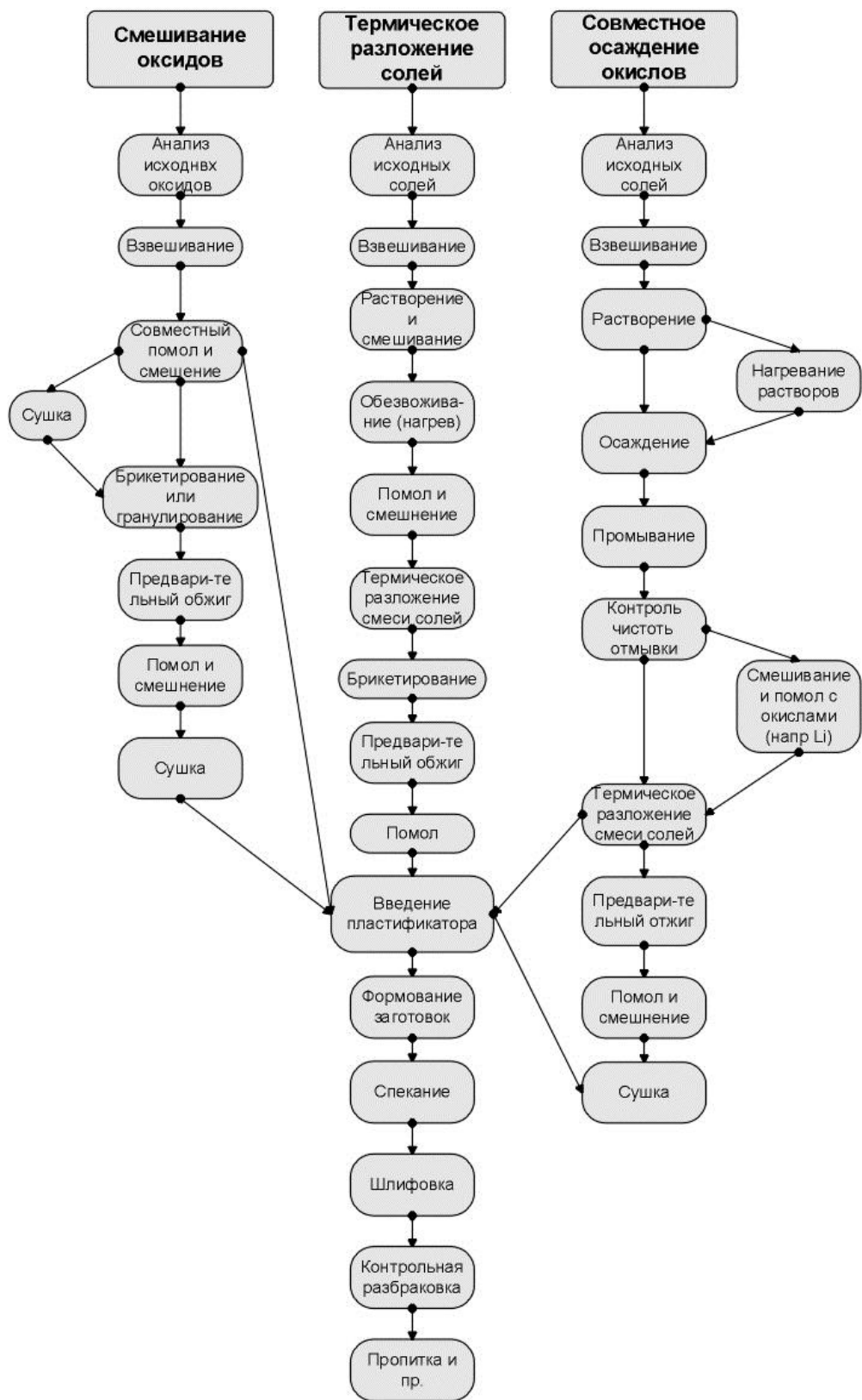


Рисунок 2 – Технологические схемы изготовления ферритовых изделий

Рассмотрим более подробно этапы подготовки ферритовых изделий по первому, наиболее распространенному и простому способу, также называемому классической керамической технологией изготовления изделий из ферритов.

## 2.1 Подготовка шихты

Первым этапом при изготовлении ферритов является процесс подготовки шихты (исходного сырья). Сырье феррита включает основное сырье и добавки.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{BaCO}_3$ ,  $\text{SrCO}_3$  и  $\text{CaCO}_3$  являются основным сырьем феррита.

На рисунке 3 представлены исходные компоненты для смешивания, аналитические весы для взвешивания и мельница для смешивания.



Рисунок 3 – Первый этап изготовления ферритовых изделий

Процесс взвешивания должен строго следовать формуле или не желаемые магнитные свойства не будут получены. После взвешивания сырье необходимо смешать в специализированном оборудовании, например в вибрационной мельнице. Однородность компонентов основывается на процессе смешивания.

После этого, полученные порошки брикетируются и подвергаются предварительному спеканию. Предварительное спекание полностью гарантирует твердофазную реакцию сырья. Большая часть сырья превращается в ферритовую фазу после предварительного спекания. Процесс предварительного спекания также улучшает деформацию, сжатие и плотность. Большинство ферритовых производителей сейчас покупают предварительно спеченный порошок.

После предварительного спекания, брикеты опять размалываются в вибрационной мельнице и отправляются на следующий этап – прессование.

## 2.2 Прессование ферритовых изделий

Следующим шагом является прессование компонентов. Прессование (формование или компактирование) производится на механическом, гидравлическом или изостатическом прессе.

На рисунке 4 представлен процесс прессования ферритовых изделий, включающий в себя оборудование для прессования – пресс и пресс-формы.

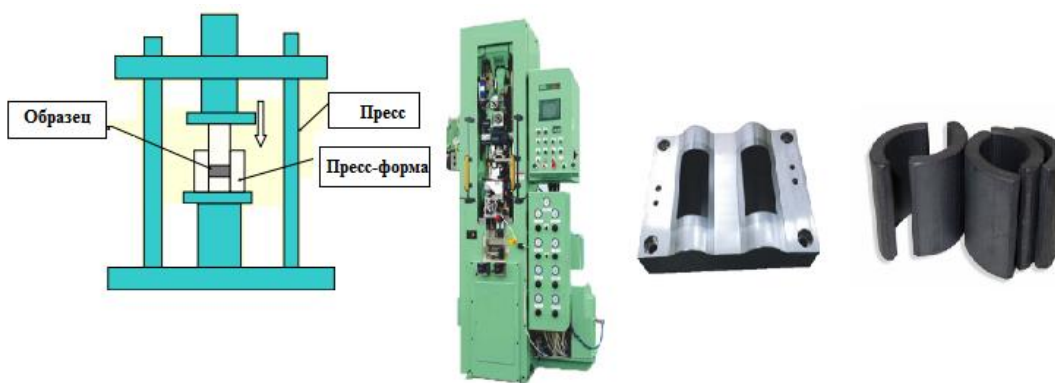


Рисунок 4 – Второй этап изготовления ферритовых изделий

Мощность пресса колеблется от 2 тонн до 100 тонн в зависимости от площади поперечного сечения компонента. Давление удерживается от 1 тонны до 1,5 тонны на квадратный сантиметр. Во время прессования



получается желаемая форма компонента. После чего спрессованные заготовки отправляются на 3 этап – спекание.

### **2.3 Спекание ферритовых изделий**

Спекание ферритовых изделий это очень важный шаг в производстве ферритов.

На этом этапе продукт достигает своих окончательных магнитных и механических свойств. Спекание ферритов требует контроля времени, температуры и атмосферы на каждой фазе цикла спекания. Спекание начинается с постепенного нагревания от комнатной температуры до примерно 800 °С, поскольку на этой стадии выгорают остатки влаги, связующих веществ и смазочных материалов. Атмосфера на этом этапе цикла спекания – воздух. Температуру дополнительно повышают до конечной температуры от 960 до 1375 °С, в зависимости от состава материала. Спекание никель-цинковых и литиево-титановых ферритов происходит при более низких температурах в диапазоне 950-1250° С. Эти материалы могут быть спечены в воздушной атмосфере. Во время спекания ферритовые части сжимаются (от 15 до 17%) до конечных размеров. Изменение механических размеров составляет порядка 2% от основных размеров детали.

Принципиальная схема спекания представлена на рисунке 5.

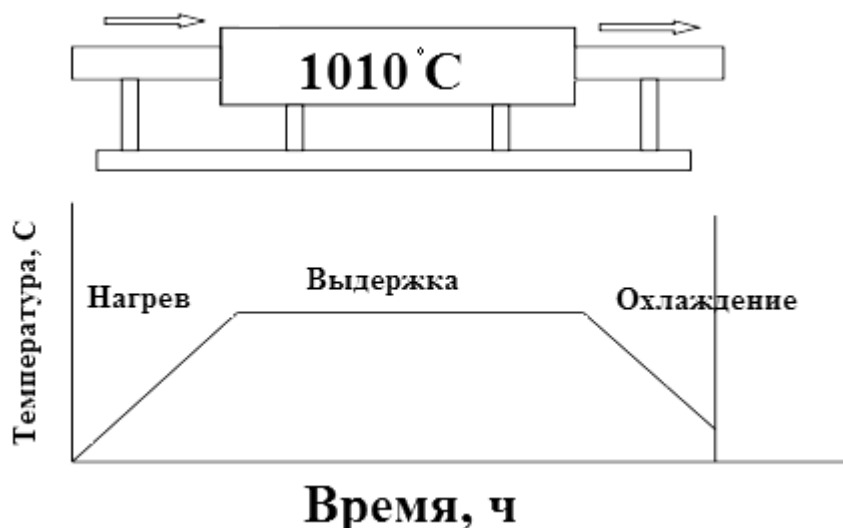


Рисунок 5 – Принципиальная схема спекания ферритовых изделий

Как и другие этапы, этап спекания также очень важен для ферритовых изделий. Так как, процесс спекания влияет на микроструктуру и дополнительно влияет на магнитные свойства феррита. Необоснованные и неправильно выбранные параметры спекания вызовут магнитные трещины, пузыри, поры и деформацию изделий.

После получения спеченных компактов ферритовых изделий, их отправляют на проверку их геометрических, физических и магнитных характеристик. В разделе 3 будут подробно описаны методики и результаты исследования физических и магнитных характеристик ферритовых изделий марки ЗСЧ18. Будет проведена оценка влияния давления прессования на физические и магнитных характеристики ферритовых изделий марки ЗСЧ18.

**Выводы по Главе 2:** Таким образом, в данном разделе были рассмотрены основные этапы технологического процесса, использующегося при производстве ферритовых изделий.

## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **4.1 Экономические цели и актуальность работы исследования**

Темой дипломной работы является «Исследование влияния давления прессования на дефектное состояние ферритовой керамики».

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо построить таблицу 1.1

Таблица 1.1

<b>Задача</b>		<b>Цель</b>
1.2. Потенциальные потребители результата исследования		Оценить коммерческий потенциал и перспективность разработки проекта
1.3. Календарный план выполнения научного исследования	1. Структура работ в рамках научного исследования 2. Разработка графика проведения научного исследования	Планировать этапы выполнения исследования
1.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	1. Материальные затраты НТИ 2. Расчет затрат на специальное оборудование 3. Амортизация основных фондов 4. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы 5. Отчисления во внебюджетные фонды 6. Накладные расходы	Рассчитать бюджет проекта

Разработка НИР производится группой квалифицированных работников, состоящей из двух человек – руководителя и студента.

#### **4.2 Оценка потенциальных потребителей результата исследования**

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Из выявленных критериев целесообразно выбрать два наиболее значимых для рынка. На основании этих критериев строится карта сегментирования рынка.

В нашем случае целевой рынок является машиностроительной промышленностью. Проведем сегментирование и строим карту сегментирования рынка. Сегментировать рынок технологии при изготовлению феррита можно по следующим критериям: уровень цены, направление применения (таблица 1.2).

В карте сегментирования показано, где наши на рынке технология керамика отрицательного теплового расширения уровень конкуренции низок. Как видно, для рынка медицинских инструментов и авиационные материалы, продукции с низкой ценой заняты низкой степенью конкуренции. Следовательно, продукция керамика отрицательного теплового расширения с низкой ценой, привлекают предприятия, занимающиеся медицинскими инструментами и авиационными материалами в будущем.

Таблица 1.2

Уровень цены	Направление применения			
	Медицинские инструменты	Оптические приборы	Авиационные материалы	Дисковод компьютера
Высокая	**	*	***	*
Средняя	***	**	**	*
Низкая	*	***	*	***

Степень конкуренции \*\*\* - более высокая степень, \*\* - высокая степень, \* - невысокая степень.

## 4.3 Календарный план выполнения научного исследования

### 4.3.1. Структура работ в рамках научного исследования

Составление этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка задания на ВКР	1	Составление и утверждение темы и задания ВКР	Петрова А.Б Сунь Хуншуай
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение теории по приготовлению феррита	Сунь Хуншуай
	3	Изучение методы приготовления феррита поиск материалов по теме	Сунь Хуншуай
	4	Выбор направления исследований	Петрова А.Б Сунь Хуншуай
	5	Календарное планирование работ по теме	Петрова А.Б Сунь Хуншуай
Проведение ВКР			
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение прессования и спекания	Петрова А.Б
	7	Подготовка спеченного образца 3СЧ18	Сунь Хуншуай
	8	введение пластификатора	Сунь Хуншуай
	9	приготовление пресс-порошка	Сунь Хуншуай
	10	Измерения пористости образца 3СЧ18	Сунь Хуншуай
	11	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими	Петрова А.Б Сунь Хуншуай
Выполнение отчета	12	Выполнение отчета	Сунь Хуншуай
Обобщение и оценка результатов	13	Формование ВКР	Сунь Хуншуай
	14	Проверка ВКР	Петрова А.Б Сунь Хуншуай

### 4.3.2 Разработка графика проведения научного исследования

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

$$t_{ож\ i} = 3/5 t_{\min\ i} + 2/5 t_{\max\ i}$$

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

$t_{\min\ i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max\ i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{р\ i}$ :

$$T_{р\ i} = t_{ож\ i} / Ч\ i$$

где  $T_{р\ i}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ож\ i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

Длительность каждого из этапов работ из рабочих дней:

$$T_{к\ i} = T_{р\ i} \cdot k_{\text{кал}}$$

где  $T_{к\ i}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{р\ i}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = T_{\text{кал}} / (T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}})$$

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

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

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


В 2018-ом году  $k_{\text{кал}} = 365 / (365 - 105 - 14) = 1,48$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{\text{ки}}$  необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения свести в таблицу 1.4. На основе таблице 1.4 строится календарный план таблице 1.5.

Таблица 1.4 – Временные показатели проведения научного исследования

Номер работы	Трудоемкость работ						Длительность работ в рабочих днях, $T_{\text{ри}}$		Длительность работ в календарных днях, $T_{\text{ки}}$	
	$t_{\text{мим}}$ , чел-дни		$t_{\text{мах}}$ , чел-дни		$t_{\text{ожі}}$ , чел-дни		Петрова А.Б	Сунь Хуншуй	Петрова А.Б	Сунь Хуншуй
	Петрова А.Б	Сунь Хуншуй	Петрова А.Б	Сунь Хуншуй	Петрова А.Б	Сунь Хуншуй				
1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
2	-	4	-	5	-	4	-	4	-	6
3	-	4	-	5	-	4	-	4	-	6
4	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
5	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
6	3	-	5	-	5	-	5	-	5	-
7	-	1	-	2	-	1	-	1	-	2
8	-	1	-	2	-	1	-	1	-	2
9	-	1	-	2	-	1	-	1	-	2
10	-	1	-	2	-	1	-	1	-	2
11	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
12	-	6	-	7	-	8	-	8	-	12
13	-	6	-	7	-	8	-	8	-	12
14	3	3	7	7	5	5	5	5	5	5

Таблица 1.5 – Календарный план-график  – Петрова А.Б (Руководитель)

 -Сунь Хуншуай ( Дипломник)

№	Вид работ	Исполнитель и	Ткi, кал.дн	Продолжительность выполнения работ																
				март			апрель			май										
				1	2	3	1	2	3	1	2	3								
1	Составление и утверждение темы и задания ВКР	Петрова А.Б Сунь Хуншуай	2																	
			2																	
2	Подбор и изучение теории по приготовлению феррита	Сунь Хуншуай	6																	
3	Изучение методы приготовления феррита поиск материалов по теме	Сунь Хуншуай	6																	
4	Выбор направления исследований	Петрова А.Б Сунь Хуншуай	2																	
			2																	
5	Календарное планирование работ по теме	Петрова А.Б Сунь Хуншуай	2																	
			2																	
6	Проведение прессования и спекания	Петрова А.Б	5																	
7	Подготовка спеченного образца ЗСЧ18	Сунь Хуншуай	2																	
8	введение пластификатора	Сунь Хуншуай	2																	
9	приготовление пресс-порошка	Сунь Хуншуай	2																	
10	Измерения пористости образца ЗСЧ18	Сунь Хуншуай	2																	
11	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими	Петрова А.Б Сунь Хуншуай	2																	
			2																	
12	Выполнение отчета	Сунь Хуншуай	6																	
13	Формование ВКР	Сунь Хуншуай	6																	
14	Проверка ВКР	Петрова А.Б Сунь Хуншуай	5																	



## 4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

### 4.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{\text{м}} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{\text{расх}i}$$

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

$N_{\text{расх}i}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$Ц_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы (5% от стоимости материалов)

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 1.6.

Таблица 1.6 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, З <sub>м</sub> , руб
Образец	г	3	50	158
Тетрадь	шт.	1	20	20
Картридж для принтера	шт	1	500	500
Спирт	мл.	10	0,12	13
Флеш-карта 16 GB	шт.	1	600	600
Бумага формата А4	экз.	1	250	250
Ручка шариковая	шт	2	80	160
итого				1701

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

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблице 1.7.

Таблица 1.7 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб
1	ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РУЧНОЙ ПРЕСС ПРГ-10	1	93360	93360
2	Прессовка P20	1	20000	20000
3	печь сопротивление электрическая СНОЛ	1	33180	33180
4	LCR-816 - RLC измеритель	1	41716	41716
5	сканирующий электронный микроскоп hitachi tm-3000	1	4140000	4140000
6	ЛАБОРАТОРНЫЕ АНАЛИТИЧЕСКИЕ ВЕСЫ SHIMADZU A UW-220D	1	211026	211026
Итого:				4539282

### 1.4.3 Амортизация основных фондов

Амортизация основных фондов – сумма амортизационных отчислений на полное восстановление основных производственных фондов, вычисленная исходя из их балансовой стоимости и утвержденных норм амортизации. Корректно при расчете затрат учитывать в году приобретения и в последующие годы только ту часть затрат, которая происходит от старения основных фондов в каждом году.

Срок полезного использования каждого вида оборудования:

- 1) Печь типа Снол, Прессовка – по четырём группе (оборудование испытательное): 10 лет.
- 2) Электронный микроскоп, гидравлический ручной пресс Прг-10– по двум группе (техника электронно- вычислительная): 5 лет.

Таблица 1.8 – Материальные Цены

Материалы и оборудование	Ед. изм	Срок службы, год	Кол-во. материала, ед	Цена за ед, руб
ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РУЧНОЙ ПРЕСС ПРГ-10	шт	5	1	93360
Прессовка P20	шт	10	1	20000
печь сопротивление электрическая СНОЛ	шт	5	1	33180
LCR-816 - RLC измеритель	шт	10	1	41716
сканирующий электронный микроскоп hitachi tm-3000	шт	10	1	4140000
Лабораторные аналитические весы shimadzu auw-220d	шт	10	1	211026

Рассчитаем амортизацию оборудования техники Иам.обор, по следующей формуле:

$$I_{\text{ам. обор}} = \left( \frac{T_{\text{исп. обор}}}{365} \right) \times K_{\text{обор}} \times N_a,$$

где  $T_{\text{исп. обор}}$  – время использования оборудование;

247 дней – количество дней в году;

$K_{\text{обор}}$  – стоимость оборудования;

$N_a$  – норма амортизации.

$$N_a = \frac{1}{T_{\text{с.с. обор.}}},$$

где  $T_{\text{с.с. обор.}}$  – срок службы оборудования

Иам. гидр. =  $(T_{\text{исп. обор}}/247) * K_{\text{исп. гидр.}} * N_a = (1/247) * 93360 * (1/5) =$   
76 руб.

Иам. пресс =  $(T_{\text{исп. обор}}/247) * K_{\text{исп. пресс}} * N_a = (1/247) * 20000 * (1/10) =$   
8 руб

Иам. печь =  $(T_{\text{исп. обор}}/247) * K_{\text{исп. печь}} * N_a = (1/247) * 33180 * (1/5) =$   
27 руб

Иам. изм. =  $(T_{\text{исп. обор}}/247) * K_{\text{исп. изм.}} * N_a = (1/247) * 41716 * (1/10) =$   
17 руб.

Иам. элек. микр =  $(T_{\text{исп. обор}}/247) * K_{\text{исп. элек. микр}} * N_a = (1/247) * 4140000 * (1/10) =$  1676 руб.

Иам. весь =  $(T_{\text{исп. обор}}/247) * K_{\text{исп. весь}} * N_a = (1/247) * 211026 * (1/10) =$   
85 руб

Считать исходя из календарного плана-графика количество часов загрузки оборудования:

$$I_{\text{ам. обор}} = 76 * 2 + 8 * 5 + 27 * 5 + 17 * 2 + 1676 * 2 + 85 * 2 = 3883 \text{ руб.}$$

#### 4.4.4 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и работников при изготовлении феррита, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Заработную плату:

$$Ззп = Зосн + Здоп$$

где Зосн – основная заработная плата;

Здоп – дополнительная заработная плата (15 % от Зосн)

Основная заработная плата (Зосн) руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p$$

где Зосн – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 48 раб. дней  $M=10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 1.9).

Таблица 1.9 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Значение, чел.-дн.
Календарное число дней	365
Количество нерабочих дней	118
Потери рабочего времени	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	247

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{м} = З_{тс} \cdot k_{р}$$

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

$k_{р}$  – районный коэффициент, равный 1,3;

$k_{т}$  – тарифный коэффициент, учитывается по единой.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 1.10.

Таблица 1.10 – Расчёт основной заработной платы руководителя.

Исполнители	Разряд	кт	$Z_{тс}$ , руб	кр	$Z_{м}$ , руб	$Z_{дн}$ , руб.	Тр, раб. дн	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	1	1	26400	1,3	34320	1445	18	26010

Расчет основной заработной платы руководителя сводится в таблице 1.11.

Таблица 1.11 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Трудоемкость, чел.- дн	Зарплата, платя, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Составление темы	2	1445	2890
2	Выбор направления исследований	2	1445	2890
3	Календарное планирование работ	2	1445	2890
4	Проведение	5	1445	7225

	прессования и спекания			
5	Сопоставление результатов	2	1445	2880
6	Проверка ВКР	5	1445	7225
Итого:				26010

#### **4.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)**

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot Z_{\text{осн}}$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, равен 30,2%.

Отчисления во внебюджетные фонды:

$$Z_{\text{внеб}} = 0,302 \cdot 26010 = 7855 \text{ руб.}$$

#### **4.4.6 Расчет затрат на научные и производственные командировки**

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

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 - 5) \cdot k_{\text{нр}}$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы. можно взять в размере 16%

$$\text{Знакл} = (1339+26010+7855+771)*0,16 = 5756 \text{ руб.}$$

#### **4.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта**

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по варианту руководителя приведен в таблице 1.12.

Таблица 1.12 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НИИ	<b>1701</b>	Пункт 4.1
2. Амортизация основных фондов	<b>3883</b>	Пункт 4.3
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	<b>26010</b>	Пункт 4.4
4. Отчисления во внебюджетные фонды	<b>7855</b>	Пункт 4.5
5. Накладные расходы	<b>5756</b>	Пункт 4.6
Бюджет затрат НИИ		45205руб.

**Выводы:** в экономическом разделе выпускной квалификационной работе подробно приведен «портрет» потребителя. Было проведено планирование и составлены графики научно технического исследования. Всего требуется 66 рабочих дней на реализацию научно технического исследования. Составлена смета затрат на научно техническое исследование. Величина затрат на реализацию НИИ составила 45205 рублей.



## 5 Социальная ответственность

В данном разделе рассмотрена безопасность и экологичность технологического процесса исследования структуры и свойств литий-титан-цинковой керамики. Для осуществления этого технологического процесса применяется следующее оборудование: энерго напряжённая планетарная шаровая мельница «Активатор 2SL», гидравлический пресс, высокотемпературная печь сопротивления, набор сит, прибор для измерения микротвёрдости и модуля упругости Nano Indenter G 200. Технологический процесс исследования включает в себя следующие виды работ: работу с ручным инструментом, настройку работы оборудования, работу с оборудованием.

При работе возникает ряд вредных и опасных производственных факторов. Опасные факторы, возникающие при данном технологическом процессе:

- Поражение электрическим током, при работе оборудования;
- Получение механических травм, при механической обработке, просеве, прессовании;
- Получение ожогов при работе с печным оборудованием. Наряду с опасными факторами можно выделить вредные факторы, которые приводят к нарушению нормального режима работы. К вредным факторам относятся:
  - Отклонение параметров микроклимата в лабораториях;
  - Недостаточная освещённость в рабочей зоне;
  - Недостаток свежего воздуха при работе с токсическими веществами.

При проектировании лаборатории необходимо уделить внимание и охране окружающей среды. Также необходимо учитывать возможность чрезвычайных ситуаций. Так как лаборатория находится в городе Томске, наиболее типичной ЧС является мороз. Так же, в связи с неспокойной ситуацией в мире, одной из возможных ЧС может быть диверсия.

## 5.1. Техногенная безопасность

### 5.1.1 Анализ вредных факторов производственной среды

#### 5.1.1.1 Метеоусловия

Большое значение для охраны здоровья и труда человека имеет качество воздуха в производственных помещениях, в частности в рабочих зонах. Рабочей зоной называется пространство, высотой до 2-х метров над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или временного пребывания работающих (более 2-х часов непрерывно).

Техпроцесс исследования структуры и свойств керамики, полученной консолидацией наноразмерных порошков оксидов циркония и алюминия относится к категории работ легкой тяжести 1Б с энергозатратами 121-150 ккал/час, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и некоторым физическим напряжением.

Для удаления вредных веществ из воздуха рабочей зоны используется общеобменная вентиляция.

Очистка от вредных примесей в воздухе, осуществляется с помощью фильтров, установленных в вентиляции.

Значения перечисленных параметров непосредственно к проектируемому участку приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Метеорологические условия для рабочей зоны в лабораториях.

Период года	Категория работ	Температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		Опт.	Доп.	Опт.	Доп.	Опт.	Доп.
Теплый	Легкая, 1Б	22-24	20-28	60-40	15-75	0,1	0,1-0,3
Холодный, переходный,	Легкая, 1Б	21-23	19-24	60-40	15-75	0,1	0,1-0,2

Температура в рабочей зоне поддерживается отоплением в холодный период года и вентиляцией в теплый период.

Периодический контроль содержания в воздухе рабочей зоны вредных веществ осуществляется силами лаборатории или санитарно-гигиенической станции.

Другой немаловажной задачей на производстве является создание наилучших условий для видения. Эту задачу можно решить только осветительной системой. В нормах рекомендуется освещённость участков, содержащих нужное оборудование, должна быть не менее 200 лк.

### **5.1.1.2 Вредные вещества**

В лаборатории используются вещества, которые оказывают вредное влияние на организм человека. Санитарными нормами установлены предельно - допустимые концентрации вредных примесей в воздухе. Одно из веществ - бензин (нефтяной, малосернистый, в пересчете на углерод), его ПДК = 5 мг/м<sup>3</sup>, класс опасности - 4; Растворитель древесно-спиртовой марки А (ацетоноэфирный) (по ацетону), его ПДК = 0,12 мг/м<sup>3</sup>, класс опасности - 4. Также образуется пыль, её ПДК = 6.0 мг/м<sup>3</sup>, класс опасности - 4.

Контролем содержания вредных примесей в воздухе и на рабочих местах занимается санитарная лаборатория.

### **5.1.1.3 Производственный шум**

Вентиляция производственных помещений предназначена для уменьшения запыленности, задымленности и очистки воздуха от вредных выделений производства, а также для сохранности оборудования. Она служит одним из главных средств оздоровления условий труда, повышения производительности и предотвращения опасности профессиональных заболеваний. Система вентиляции обеспечивает снижение содержания в

воздухе помещения пыли, газов до концентрации не превышающей ПДК. Проветривание помещения проводят, открывая форточки. Проветривание помещений в холодный период года допускается не более однократного в час, при этом нужно следить, чтобы не было снижения температуры внутри помещения ниже допустимой. Воздухообмен в помещении можно значительно сократить, если улавливать вредные вещества в местах их выделения, не допуская их распространения по помещению. Для этого используют приточно-вытяжную вентиляцию. Кратность воздухообмена не ниже 3.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума - это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

#### **5.1.1.4 Освещенность**

##### Расчет искусственного освещения

Правильно спроектированное и выполненное освещение на предприятиях машиностроительной промышленности, обеспечивает возможность нормальной производственной деятельности.

Задачи расчета искусственного освещения является определение числа светильников, их типа, мощности источников света.

##### Выбор источников света

К числу источников света массового применения относятся лампы накаливания, лампы ДРЛ (дуговые ртутные люминесцентные), газоразрядные лампы.

Лампы накаливания применяются там, где производятся грубые работы или осуществляется общий надзор за эксплуатацией оборудования. Они удобны в эксплуатации, не требуют дополнительных устройств для включения в цепь, просты в изготовлении, но им присущи существенные недостатки: низкая световая отдача (7-20 лм/Вт), малый срок службы. Поэтому для освещения лабораторий применяют люминесцентные лампы, обладающие более высокой световой отдачей и длительным сроком службы. Характеристики люминесцентных ламп представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Характеристики люминесцентных ламп

Мощность, Вт	Напряжение сети, В	Напряжение на лампе, В	Ток лампы, А	Световой поток, лм				
				ЛДЦ	ЛД	ЛХБ	ЛБ	ЛТБ
15	127	54	0,33	600	700	800	835	820
20	127	57	0,37	850	1000	1020	1200	1100
30	220	104	0,36	1500	1800	1940	2180	2020
40	220	109	0,43	2200	2600	3100	3200	3150
80	220	102	0,67	3800 -	4300 -	5200 -	5400	5200 -
125	220	120	1,25				6500	

### Выбор системы освещения

Применение на рабочих местах одного местного освещения не допускается. Общее же равномерное освещение применяется для тех помещений, где работа производится по всей площади, и нет необходимости в лучшем освещении отдельных участков.

Система общего локализованного освещения применяется тогда, когда в производственном помещении есть участки, на которых проводятся работы с высоким зрительным напряжением.

Система комбинированного освещения применяется в помещении, где выполняются точные зрительные работы; в случае необходимости 85

определённого, изменяемого в процессе работы направления света, а так же в помещениях с не высокой плотностью распределения рабочих мест.

## **5.1.2 Анализ опасных факторов производственной среды.**

### **5.1.2.1 Факторы электрической природы**

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

Это отключение соответствующей части электрической установки специально обученными людьми. Пострадавшему следует оказать посильную доврачебную помощь.

#### Средства коллективной защиты:

Основные изолирующие электрозащитные средства для электроустановок напряжением до 1000 В:

- изолирующие штанги;
- изолирующие клещи;
- указатели напряжения;
- электроизмерительные клещи;
- диэлектрические перчатки;
- инструмент с изолирующими ручками.

Дополнительные изолирующие электрозащитные средства для электроустановок напряжением до 1000 В:

- диэлектрические галоши;
- диэлектрические ковры и изолирующие подставки; -изолирующие колпаки, покрытия, накладки;
- лестницы приставные, стремянки изолирующие стеклопластиковые.

#### Средства индивидуальной защиты:

- защитные пластиковые каски;
- защитные очки;

- щиты ограждения;
- различные респираторы и противогазы;
- рукавицы;
- предохранительные пояса и страховочные канаты;
- комплекты для защиты работающего от электрической дуги.

Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых или углекислотных огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу (рисунки 22, 23).



Рисунок 22 – План эвакуации из лаборатории

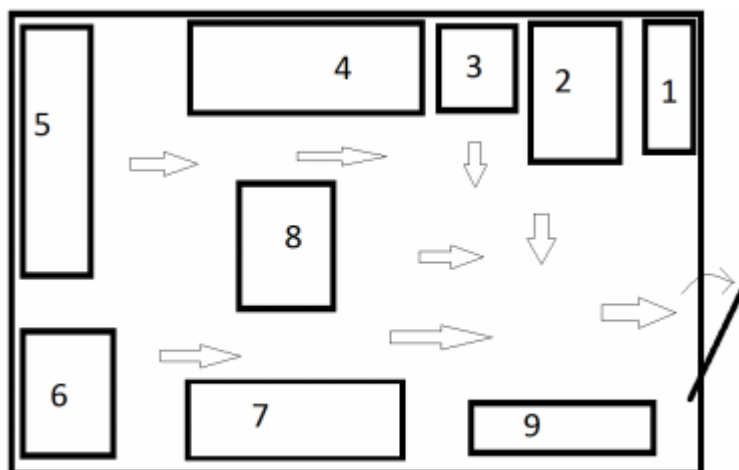


Рисунок 23 – План эвакуации в лаборатории

1 – раковина, 2 – планетарная мельница, 3 – персональный компьютер, 4 – рабочий стол, 5 – место для хранения, 6 – недействующее оборудование, 7 – вибросито, 8 – рабочий стол, 9 – стеллаж

## 5.2 Региональная безопасность

### 5.2.1 Защита атмосферы

В настоящий момент в нормативно-правовой базе РФ отсутствуют утвержденные Госсанэпиднадзором санитарные нормы и показатели, требования и правила безопасности при производстве различных видов порошковых материалов, соблюдение которых обеспечило бы промышленную безопасность и охрану труда. На работе в лаборатории работникам следует придерживаться ряда определенных правил безопасности, что позволит избежать контакта с частицами.

В основе данных правил лежат два положения:

- агломераты частиц достигают размеров в десятки или сотни микрометров, поэтому их поведение подобно микрометровым пылевидным частицам;

Технический контроль на производстве осуществляется с помощью устройств, предотвращающих попадание дисперсных частиц в воздух



рабочей зоны, а также забирающих эти частицы из воздуха рабочей зоны. 88 Методы контроля должны иметь чувствительность не ниже нижней границы диапазона (~5 мкм).

Удерживание или предотвращение попадания наночастиц в воздух должно является основным методом на производстве. Для предотвращения попадания наночастиц, размеры которых находятся у нижней границы диапазона нужно использовать устройства, работающие с газами (вакуумно-плотные сосуды).

Применение систем местной вытяжной вентиляции с использование встроенных вентиляторов вытяжных шкафов. Эффективность улавливания должна быть достаточно высокой.

### **5.2.2 Защита гидросферы**

Работы в лаборатории проходят с использованием сухих порошков без жидких примесей. Утилизация отходов путем слива в канализацию не проводят. В случае попадания наночастиц в воду, его концентрация будет незначительна и не повлияет на здоровье человека.

### **5.2.3 Защита литосферы**

Попадая в литосферу, порошковые материалы могут менять микробиологическую и ферментативную активность почв, активно вступая во взаимодействие с живыми организмами, обитающими в этой среде.

Основными положениями по защите литосферы являются:

– утилизация одноразовых средств индивидуальной защиты должна проходить в специальные герметичные контейнеры;

– попадание наночастиц в почву может происходить при помощи воздуха и воды, поэтому следует учитывать меры безопасности из пунктов по защите литосферы и гидросферы.

### **5.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности**

Одним из факторов комфортности рабочей среды является организация рабочего места.

Рабочее место – это часть помещения предприятия (организации), имеющая площадь и объем, достаточный для размещения инженера и необходимого оборудования (рабочего стола, стула, контрольно-измерительных приборов, станков, а также справочных и рабочих материалов, инструментов, вычислительной техники и т.д.).

Рабочее место должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78 [24]:

1) Рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающее способностью накапливать статическое электричество;

2) Рабочий стул должен иметь дизайн, исключаящий онемение тела из-за нарушения кровообращения при продолжительной работе на рабочем месте;

3) Рабочее место должно соответствовать техническим требованиям и санитарным нормам.

В соответствии с СН-245-71 в помещении должен быть организован воздухообмен [25]. Это осуществляется с помощью вентиляции.

Для улучшения воздухообмена в помещении необходимо выполнить следующие технические и санитарно-гигиенические требования:

1) Общий объем притока воздуха в помещении должен соответствовать объему вытяжки;

2) Правильное размещение приточной и вытяжной вентиляции.

Расчет необходимого воздухообмена ведется по следующим факторам: по количеству работающих, влаговыделению, теплоизбыткам, поступлению в воздух рабочей зоны вредных газов, паров и пыли.

Исходя из того, что три последних фактора не оказывают существенного влияния на микроклимат лаборатории, то расчет воздухообмена проводится исходя из количества работающих:

$$L = n \times L_0 ,$$

где  $n$  – число работников;

$L_0$  – расход воздуха на одного работающего, принимаемый в зависимости от объема помещения на одного работающего.

При выполнении интерьера, обычно выбирают не более трех основных цветов небольшой насыщенности. Окраска оборудования и приборов, в основном, имеет светлые цвета с высококонтрастными органами управления и надписями к ним.

#### **5.4 Особенности законодательного регулирования проектных решений**

Согласно в условиях непрерывного производства нет возможности использовать режим рабочего времени по пяти– или шестидневной рабочей неделе. По этой причине применяются графики сменности, обеспечивающие непрерывное обслуживание производственного процесса, работу персонала сменами постоянной продолжительности, регулярные выходные дни для каждой бригады, постоянный состав бригад и переход из одной смены в другую после дня отдыха по графику. На объекте применяется четырехбригадный график сменности. При этом ежесуточно работают три бригады, каждая в своей смене, а одна бригада отдыхает. При составлении графиков сменности учитывается положение ст. 110 ТК [26] о предоставлении работникам еженедельного непрерывного отдыха продолжительностью не менее 42 часов.

К таким органам относятся:

- Федеральная инспекция труда;

- Государственная экспертиза условий труда Федеральная служба по труду и занятости населения (Минтруда России Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Госгортехнадзор, Госэнергонадзор, Госатомнадзор России)).

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Госсанэпиднадзор России) и др.

Так же в стране функционирует Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, положение о которой утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации, в соответствии с которым, система объединяет органы управления, силы и средства.

## **5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

В лаборатории ПНИЛ ЭДиП ИШ ФВП наиболее вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера. ЧС техногенного характера — это ситуации, которые возникают в результате производственных аварий и катастроф на объектах, транспортных магистралях и продуктопроводах; пожаров, взрывов на объектах; загрязнения местности и атмосферы сильнодействующими ядовитыми веществами (СДЯВ), отравляющими веществами (ОВ), биологически (бактериологически) опасными и радиоактивными веществами. Аварии и катастрофы на объектах характеризуются внезапным обрушением зданий, сооружений, авариями на энергетических сетях (ТЭЦ, АЭС, ЛЭП и др.), авариями в коммунальном жизнеобеспечении, авариями на очистных сооружениях, технологических линиях и т. д.

На случай возникновения чрезвычайной ситуации (землетрясение, наводнение, пожары, химическое либо радиоактивное заражение и т.п.) должен быть предусмотрен следующий комплекс мероприятий:

- 1) рассредоточение и эвакуация;

- 2) укрытие людей в защитных сооружениях;
- 3) обеспечение индивидуальными средствами защиты;
- 4) организация медицинской помощи пострадавшим.

В чрезвычайной обстановке особенно важное значение имеют сроки эвакуации людей за пределы зон возможного поражения или разрушений. В наиболее короткие сроки эвакуацию можно провести комбинированным способом, который заключается в том, что при его применении массовый вывод населения пешим порядком сочетается с вывозом некоторых категорий населения (пенсионеры, инвалиды, больные и т.д.) всеми видами имеющегося транспорта.

Распределение и эвакуация населения комбинированным способом осуществляется по территориально-производственному принципу. Это значит, что вывод населения организуется через предприятия, учреждения, учебные заведения и домоуправление по месту жительства.

Ведение спасательных работ в районах производственных аварий существенно различаются в зависимости от размеров и опасности аварий и катастроф. Однако, ряд требований к организации спасательных работ является общим.

Работы надо начинать немедленно, чтобы не дать возможности аварии разрастись до катастрофических размеров. Очень важно обеспечить общественный порядок, что даст возможность свободному прибытию формирований гражданской обороны (ГО) к месту аварий. Формирования охраны общественного порядка должны приступить к работе в первую очередь.

Очень важны действия аварийно технических формирований, которые немедленно должны отключить еще не поврежденные энергетические и коммунально-технические сети для локализации аварии.

Спасательные формирования ГО должны как можно быстрее приступить к работам по спасению людей, действуя совместно с формированиями ГО медицинской службы.

При недостатке сил своего объекта для спасательных работ распоряжением старшего начальника могут привлекаться территориальные формирования ГО и другие силы. Чем организованней, быстрее сработают все подразделения различных служб, тем меньше материального ущерба и человеческих жизней унесет авария.

Неотъемлемой частью комплекса защитных мероприятий на рабочем месте является мероприятия, направленные на обеспечение противопожарной безопасности. Используемый технологический процесс в условиях лаборатории ПНИЛ ЭДиП согласно СНиП 11-2-80 относится к категории Д, так как использует негорючие вещества в холодном состоянии [27]. В данном случае источником возгорания может оказаться неисправность и неправильная эксплуатация электроустановок.

Существует 5 степеней огнестойкости зданий, сооружений. Помещение лаборатории можно отнести к первой степени огнестойкости.

Предусмотренные средства пожаротушения (согласно требованиям противопожарной безопасности СНиП 2.01.02-85): огнетушитель ручной углекислотный ОУ-5, пожарный кран с рукавом и ящик с песком (в коридоре) [28]. Кроме того, каждое помещение оборудовано системой противопожарной сигнализации.

Основными мероприятиями, обеспечивающими успешную эвакуацию людей и имущества из горящего здания, являются:

- 1) составление планов эвакуации;
- 2) назначение лица, ответственного за эвакуацию, которое должно следить за исправностью дверных проемов, окон, проходов и лестниц;
- 3) ознакомление работающих в лаборатории сотрудников с планом эвакуации, который должен висеть на видном месте.

## Заключение

Таким образом, в рамках настоящей работы, было исследовано влияния давления прессования на физические и магнитные характеристики образцов LiTiZn ферритовой керамики, изготовленных и спеченных по классической керамической технологии в лабораторных условиях.

В настоящей работе были выполнены следующие задачи:

1. Проведен анализ литературы по ферритам и технологии их изготовления.

2. Подготовлены образцы ферритовой керамики с различными режимами прессования:  $P_1 = 150$  МПа,  $P_2 = 180$  МПа,  $P_3 = 240$  МПа.

3. Определены такие параметры как, плотность, пористость и средний размер зерен спрессованных при различных давлениях образцов.

4. Исследовано влияние давления прессования на температурные зависимости начальной магнитной проницаемости исследуемых образцов.

Полученные результаты показали, что выбранные режимы давления прессования оказывают незначительное влияние на микроструктуру, плотность и пористость исследуемой LiTiZn ферритовой керамики марки ЗСЧ18.

Также, в работе показано, что с увеличением давления прессования происходит увеличение структурночувствительного показателя феноменологического выражения, что может свидетельствовать о возрастании внутренних упругих напряжений в исследуемых образцах.

Полученные в настоящей работе результаты в дальнейшем могут быть использованы для усовершенствования и апробации метода контроля и оценки дефектности изделий из ферритовой керамики, основанного на анализе температурных зависимостей начальной магнитной проницаемости.

По результатам работы были подготовлены и опубликованы тезисы доклада «Исследование магнитной проницаемости ферритовой керамики мостовым методом» в сборнике материалов Международной научно-

технической конференции «INTERMATIC-2017» 20 – 24 ноября 2017 г., г.  
Москва.



## Список публикаций студента

1. Сунь Хуншуай. Исследование магнитной проницаемости ферритовой керамики мостовым методом [Электронный ресурс] / Сунь Хуншуай, А.Б. Петрова, А.В. Малышев // Материалы и технологии (INTERMATIC 2017): материалы Международной научно-технической конференции «INTERMATIC – 2017», 20–24 ноября 2017 г., Москва / Моск. технол. ун-т; под ред. академика РАН А.С. Сигова.– М.: МИРЭА, 2017. – [С. 521-523]. – Заглавие с титульного экрана. – Свободный доступ из сети Интернет. Режим доступа: <http://conf.mirea.ru/CD2017/pdf/p2/71.pdf> .

## Список использованных источников

1. Академик [Электронный ресурс] / Ферриты. Электрон. текстовые дан. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/es/60304/%D1%84%D0%B5%D1%80%D1%80%D0%B8%D1%82%D1%8B>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус. (дата обращения 08. 04. 2018)

2. Чип и Дип [Электронный ресурс] / Ферриты, магниты. Электрон. текстовые дан. URL: <https://www.chipdip.ru/catalog/ferrites-magnets>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус. (дата обращения 08. 04. 2018).

3. Fair-Rite Products Corp [Электронный ресурс] / History of Ferrite. Электрон. текстовые дан. URL: <https://www.fair-rite.com/about-us/company-history/history-of-ferrite/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.англ. (дата обращения 10. 04. 2018).

4. Wikipedia [Электронный ресурс] / Lodestone. Электрон. текстовые дан. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Lodestone>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.англ. (дата обращения 10. 04. 2018).

5. Википедия [Электронный ресурс] / Гильберт Уильям. Электрон. текстовые дан. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%B1%D0%B5%D1%80%D1%82,%D0%A3%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D1%8F%D0%BC>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус. (дата обращения 12. 04. 2018).

6. Википедия [Электронный ресурс] / Эрстед Ханс Кристиан. Электрон. текстовые дан. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D1%80%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%B4,%D0%A5%D0%B0%D0%BD%D1%81\\_%D0%9A%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%B0%D0%BD](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D1%80%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%B4,%D0%A5%D0%B0%D0%BD%D1%81_%D0%9A%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%B0%D0%BD), свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус. (дата обращения 14. 04. 2018).

7. Википедия [Электронный ресурс] / Майкл Фарадей. Электрон. текстовые дан. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%B5%D0%B9,%D0%9C%D0%B0%D0%B>

9%D0%BA%D0%BB, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус. (дата обращения 14. 04. 2018).

8. Википедия [Электронный ресурс] / Максвелл Джеймс Клерк. Электрон. текстовые дан. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%BA%D1%81%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D0%BB,%D0%94%D0%B6%D0%B5%D0%B9%D0%BC%D1%81\\_%D0%9A%D0%BB%D0%B5%D1%80%D0%BA](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%BA%D1%81%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D0%BB,%D0%94%D0%B6%D0%B5%D0%B9%D0%BC%D1%81_%D0%9A%D0%BB%D0%B5%D1%80%D0%BA), свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус. (дата обращения 15. 04. 2018).

9. Википедия [Электронный ресурс] / Герц, Генрих Рудольф. Электрон. текстовые дан. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D1%80%D1%86,%D0%93%D0%B5%D0%BD%D1%80%D0%B8%D1%85\\_%D0%A0%D1%83%D0%B4%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%84](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D1%80%D1%86,%D0%93%D0%B5%D0%BD%D1%80%D0%B8%D1%85_%D0%A0%D1%83%D0%B4%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%84), свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус. (дата обращения 15. 04. 2018).

10. Смит Я. Ферриты: Физические свойства и практические применения : пер. с англ. / Я. Смит, Х. Вейн . – М. : Изд-во иностранной литературы, 1962 . – 504 с.

11. S. Tyagi, H. Baskey, R. C. Agarwala Development of Hard/Soft Ferrite Nanocomposite for Enhanced Microwave Absorption. *Ceramics International*, 2014, Vol. 37, pp. 375–384.

12. S. R. Murthy, B. Ramaiah Elastic behavior of polycrystalline MnZn ferrites. *Journal of Materials Science Letters*, 2000, Vol. 19, pp. 703–706.

13. M. Ajmal, A. Maqsood AC conductivity, density related and magnetic properties of  $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$  ferrites with the variation of zinc concentration, *Materials Letters*, 2008, Vol. 62, pp. 2077–2080.

14. C. Fernandes. et al. Tailored Design of  $CoxMn_{1-x}Fe_2O_4$  Nanoferrites: A New Route for Dual Control of Size and Magnetic Properties, *Journal of Materials Chemistry*, 2014, Vol. 2, pp. 5818–5828.

15. Бабич Э.А. Технология производства ферритовых изделий. / Э.А. Бабич, Л.М. Летюк, В.А. Нифонтов. – М.: Высшая школа, 1978. – 224 с.

16. T.A. Epifantseva, V.G. Kayuk, M.B. Shtern, I.D. Martyukhin, A.Yu. Koval, O.V. Mikhailov Effect of warm pressing on the mechanical properties and structure of green compacts of heterogeneous copper-based powder, *Powder Metallurgy and Metal Ceramics*, 2010, Vol. 49, pp. 116–123.
17. J.M. Montes, F.G. Cuevas, J. Cintas, Y. Torres Powder compaction law for cold die pressing, *Granular Matter*, 2010, Vol. 12, pp. 617–627.
18. ГОСТ 2409-2014. Огнеупоры. Метод определения кажущейся плотности, открытой и общей пористости, водопоглощения [Текст]. – Введ. 2015–09–01. – М.: Стандартинформ, 2014 – 8 с.
19. L. Frank., M. Novorka, S. Mikmeková, E. Mikmeková, I. Müllerová, Z. Pokorná Scanning Electron Microscopy with Samples in an Electric Field, *Materials*, 2012, Vol. 5, pp. 2731–2756.
20. ГОСТ 21073.3-75 Металлы цветные. Определение величины зерна методом подсчета пересечений зерен [Текст]. – Введ. 1975–08–15. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1975 – 2 с.
21. Шабардин Р. С. Разработка технологии радиационно-термического спекания литий-титановой ферритовой керамики : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Р. С. Шабардин ; Томский политехнический университет ; науч. рук. А. П. Суржиков. – Томск, 2004. – 21 с. : ил.
22. L. Neel, Energie magnetocristalline d'ur macrocristal subdivise on crystallites guadretiques, *C. r. Acad. Sci.*, 1963, Vol. 257, p. 2917.
23. A.B. Petrova [et al] *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, 289, (2018).
- 24 ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования [Текст]. – Введ. 1979–01–11. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001 – 9 с.
25. СН 245-71 Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий [Текст]. – Введ. 1972–05–10. – М.: Стройиздат, 1972 – 20 с.

26. Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 № 197-ФЗ (принят ГД ФС РФ 21.12.2001) (ред. от 30.06.2003).

27. СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы/Госстрой СССР. – М.: АПП ЦИТП, 1991 - 13 с.

28. СНиП 11-2-80. Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений. Госстрой СССР. — М.: Стройпздат, 1981 – 14 с