

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

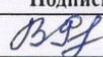
Институт Физики Высоких Технологий
Направление подготовки Химическая технология
Кафедра технология силикатов и наноматериалов

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

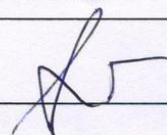
Тема работы
Исследование процесса окисления компактного нитрида алюминия

УДК 669.71.094.3-92

Студент

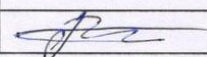
Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г21	Фомин Вадим Юрьевич		01.06.16

Руководитель

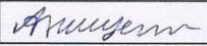
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дитц Александр Андреевич	К.Т.Н.		02.06.16

КОНСУЛЬТАНТЫ:

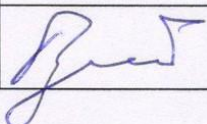
По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Верховская М.В.	К.Э.Н.		02.06.2016г.

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	К.Т.Н.		02.06.2016

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТСН	Погребенков Валерий Матвеевич	Д.Т.Н.		07.06.16

Томск – 2016 г.

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

Институт Физики Высоких Технологий

Направление подготовки (специальность) 18.03.01 - Химическая технология

Кафедра Технологии Силикатов и Наноматериалов

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(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
4Г21	Фомину Вадиму Юрьевичу

Тема работы:

Исследование процесса окисления компактного нитрида алюминия

Утверждена приказом директора (дата, номер)

23.03.2016, 2267/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

08.06.2016

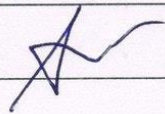
ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	1. Наименование объекта исследования 2. Вид сырья изделия 3. Требования к продукту 4. Особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; 5. Экономический анализ.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки и техники в рассматриваемой области; 2. Постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; 3. Содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; 4. Обсуждение результатов выполненной работы; 5. Наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; 6. Заключение по работе
Перечень графического материала	Презентация в MS PowerPoint

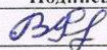
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Литературный обзор; Методы исследования; Экспериментальная часть	Дитц Александр Андреевич
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Верховская Марина Витальевна
Социальная ответственность	Анищенко Юлия Владимировна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	23.03.2016
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дитц Александр Андреевич	к.т.н.		23.03.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г21	Фомин Вадим Юрьевич		23.03.2016

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ
ПО ООП 18.03.01 (240100) ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-1, 2, 3, 19, 20), Критерий 5 АИОР (п. 1.1)
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач	Требования ФГОС (ПК-7, 11, 17, 18, ОК-8), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2)
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии	Требования ФГОС (ПК-1, 5, 8, 9, ОК-2, 3), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2)
P4	Разрабатывать технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии	Требования ФГОС (ПК-11, 26, 27, 28), Критерий 5 АИОР (п. 1.3)
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий	Требования ФГОС (ПК-4, 21, 22, 23, 24, 25, ОК-4, 6), Критерий 5 АИОР (п. 1.4)
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-6, 10, 12, 13, 14, 15, 16 ОК-6, 13, 15), Критерий 5 АИОР (п. 1.5)
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-5, 9, 10, 11), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5)
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1, 2, 7, 8, 12), Критерий 5 АИОР (2.6)
P9	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-14), Критерий 5 АИОР (п. 2.2)
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-3, 4), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3)

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

Институт Физики Высоких Технологий

Направление подготовки (специальность) 18.03.01 «Химическая технология»

Уровень образования Бакалавриат

Кафедра Технологии Силикатов и Наноматериалов

Период выполнения осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

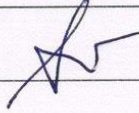
(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

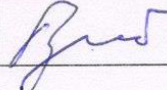
Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
08.06.2016	Основная часть	70
15.04.2016	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
25.05.2016	Социальная ответственность	15

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дитц Александр Андреевич	К.Т.Н.		23.03.16

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Погребенков Валерий Матвеевич	Д.Т.Н.		25.03.16

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 90 страниц, 15 рисунков, 20 таблиц, 16 литературных источников.

Целью данной работы явилась исследование процесса окисления компактного нитрида алюминия.

Ключевые слова: керамика, нитрид алюминия, подложки из нитрида алюминия, окисление, содержание кислорода, пористость.

В первой части работы приведены сведения о строении, физических и химических свойствах и окислении нитрида алюминия.

Во второй части описаны методы, с помощью которых проводилось исследование свойств окисленных подложек из нитрида алюминия.

В третьей части содержатся результаты исследований изотермического окисления подложек из нитрида алюминия.

В четвертой главе рассматриваются вопросы оценки коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований, планирование научно-исследовательских работ, определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

В пятой главе рассматриваются вопросы техногенной безопасности, охраны окружающей среды и техники безопасности, возникающих при выполнении экспериментальной части работы, а также разработка мер по их устранению.

Оглавление

Введение.....	9
Глава 1. Литературный обзор.....	10
1.1 Нитрид алюминия	10
1.1.1 Строение	10
1.1.2 Физические свойства	10
1.1.3 Химические свойства	21
1.2. Окисление нитрида алюминия	22
2. Методы анализа и материалы	24
2.1. Цели и задачи	24
2.2. Методы исследований	24
2.2.1. Рентгенофазовый анализ (XKD).....	24
2.2.2. РЭМ (SEM)	25
2.2.3. Синхронный термический анализ (STA).....	26
2.3. Материалы	27
2.3.1. Компактный (спеченный) нитрид алюминия	27
Глава 3 Экспериментальная часть.....	30
3.1. Подготовка образцов.	30
3.2. Проведение изотермического окисления.	30
3.3. Влияние длительности окисления на толщину оксидного слоя.	30
3.4. Влияние температуры на окисление нитрида алюминия.	30
Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	33
4.1 Анализ конкурентных технических решений	33
4.2. Планирование научно-исследовательских работ	35
4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования.....	35
4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ.....	37
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	37
4.2.4. Бюджет научно-технического исследования	44
4.3. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	49
Глава 5. Социальная ответственность.....	52
5.1. Производственная безопасность	52

5.1.1. Анализ вредных факторов производственной среды.....	53
5.1.2 Анализ опасных факторов производственной среды.....	56
5.2. Экологическая безопасность.....	58
5.2.1. Защита селитебной зоны	58
5.2.2. Защита атмосферы	58
5.2.3. Защита гидросферы	59
5.2.4. Защита литосферы	59
5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	59
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	60
Список публикаций студента.....	62

Введение

Нитридная керамика является высокоперспективным материалом для применения в различных областях от производства машин и инструмента до микроэлектроники. Нитридная керамика характеризуется стабильностью диэлектрических свойств, высокой механической прочностью, термостойкостью, химической стойкостью в различных средах.

Большой потенциал для практического применения в микроэлектронике имеет керамика на основе нитрида алюминия (AlN). Керамика на основе нитрида алюминия обладает уникальным сочетанием физических и электрических характеристик:

- 1) Высокая теплопроводность
- 2) Хорошие электроизоляционные свойства
- 3) Умеренный коэффициент теплового расширения
- 4) Фотоэлектрические свойства
- 5) Работоспособность в широком диапазоне температур

Такими свойствами обусловлена высокая перспектива применения нитрида алюминия в микроэлектронике для подложек и корпусов мощных электронных схем, изолирующих прокладок в системах отвода тепла конструкционных узлов, подложек для термоэлектрических преобразователей на основе элементов Пельтье и светодиодов и т.д.

Керамика на основе нитрида алюминия призвана заменить керамику из оксида бериллия (BeO), поскольку исходные порошки BeO крайне токсичны и оказывают вредное действие как на организм человека (канцерогенное действие), так и на окружающую среду. Порошки оксида бериллия и керамика на его основе в России не производятся.

Глава 1. Литературный обзор

1.1 Нитрид алюминия

1.1.1 Строение

Нитрид алюминия – материал с ковалентными связями, имеющий гексагональную кристаллическую структуру. В структуре нитрида алюминия каждый атом алюминия окружен четырьмя атомами азота, расположенными в вершинах правильного тетраэдра. Образование ковалентной связи в этом соединении возможно по следующему механизму. Один из электронов атома азота переходит к атому алюминия с образованием электронных конфигураций $Al^- 3s^2 3p^2$ и $N^+ 2s^2 2p^2$. Однако с учетом тетраэдрической координации атомов можно полагать, что конфигурации части атомов алюминия и азота имеют вид $ns^1 np^3$. Это связано с $s \rightarrow p$ переходами $3s^2 3p^2 \rightarrow 3s^1 3p^3$ и $2s^2 2p^2 \rightarrow 2s^1 2p^3$. Вместе с этим в нитриде алюминия проявляется и ионная химическая связь. Её возникновение связано с переходом электронов от части атомов алюминия к атомам азота с образованием конфигураций $3s^0 3p^0$ для алюминия и $2s^2 2p^6$ для азота [1].

Кристаллическая структура нитрида алюминия с предпочтительной ориентацией определяет свойства пленок AlN. Плоскость, параллельная поверхности подложки, является плотноупакованной базисной плоскостью, содержащей либо все атомы алюминия, либо азота, и, наоборот, для пленок нитрида алюминия с ориентацией (100) и (110) ось с является параллельной плоскости поверхности и неплотно упакованным плоскостям, состоящим из одинакового количества атомов алюминия и азота [2].

1.1.2 Физические свойства

Пригодность различных видов керамики для службы в тех или иных условиях предопределяется совокупность ее свойств. Так как отдельные виды керамики предназначены для службы в определённых отличных от других условиях, то и каждая из этих разновидностей характеризуется совокупностью своих специфических свойств. С другой стороны, пригодность для службы

одного вида керамики не может быть оценена каким-либо одним общим свойством. Например, наиболее простой вид керамики – рядовой (строительный) кирпич обладает определённым рядом свойств, такими как пористость, прочность, морозостойкость, точность формы и размеров и т.д. Чем сложнее область службы какой-либо разновидности керамики, тем более сложен и многочислен комплекс предъявляемых требований [3].

Важнейшие свойства, которыми должны обладать различные виды керамики, можно подразделить на следующие группы:

1) Микроструктура

На любые свойства всех видов керамических материалов решающее влияние оказывает их строение. Под строением подразумевается взаимное сочетание и распределение кристаллических, стекловидной и газовой (поры) фаз, их физико-химическая природа и количественное соотношение. Особенности строения керамики оценивают путем исследования его микроструктуры и текстуры. Микроструктура устанавливает природу кристаллических фаз, характер строения и сочетания со стекловидной фазой и порами. Текстура определяет объем пор, их размеры, строение, форму и взаимное расположение в изделии.

Под фазовым составом подразумевают природу и характер строения кристаллических фаз, и их сочетание в количественном соотношении со стекловидной и аморфной фазами. Так, например, для обеспечения требуемой плотности и прочности тонкой и санитарно-технической керамики необходимо образование значительных количеств малопористой стекловидной фазы (определенной вязкости), равномерно распределенной между кристаллическими фазами. Эти же требования необходимы и для ряда простейших видов радиокерамики и электроизоляционных изделий. Для керамических материалов, работающих при повышенных температурах, весьма важным является обеспечение минимального количества стекловидной фазы определенного химического состава. Одновременно необходимо образование заданных минералов с определенным размером кристаллов. Для

регулирования и контролирования этой особенности строения керамики используют современные методы физико-химических исследований [3].

2) Пористость и проницаемость

Всякий керамический материал представляет собой сочетание твердого вещества (кристаллического и стекловидного) с пустотами – порами. Объем пор, их размеры и характер распределения оказывают решающее влияние на ряд свойств изделий. Например, от величины и характера пористости зависит прочность керамики; объем пор, заполняемых водой, определяет морозостойкость строительного кирпича; шлакоустойчивость огнеупорной футеровки печей определяется пропитываемостью огнеупорных материалов расплавленными шлаками (т.е. жидкостью определенной вязкости), которая зависит от количества, характера распределения и размера пор.

Несмотря на разнообразие форм и очертаний пор, имеющих в керамике, их подразделяют на несколько основных групп:

А) Закрытые - недоступные для проникания в них жидкости и газообразных продуктов;

Б) Тупиковые поры - заполняемые жидкостью или газом, но не влияющие на проницаемость керамики

В) Каналообразующие поры - открытые с обоих концов поры, создающие поровые каналы.

Проницаемость керамики, имеющая важное практическое значение, обуславливается каналообразующими порами при наличии на их открытых концах перепада давления.

Указанные особенности пористости керамических материалов принято характеризовать рядом показателей:

1) Истинная плотность – г/см^3 , т.е. масса 1 см^3 материала, исключая поры

2) Кажущаяся плотность – г/см^3 , т.е. масса 1 см^3 материала, включая поры

3) Истинная пористость $P_{и}$ - суммарный объем всех пор, открытых и закрытых, выраженный в % к общему объему материала.

4) Кажущаяся пористость $P_{к}$ - объем пор, заполняемых водой при кипячении, выраженный в % к общему объему материала.

5) Водопоглощение – весовое количество воды, заполняющей поры материала при кипячении, выраженное в % к весу сухого материала.

6) Удельная поверхность пористого тела – площадь внутренних поверхностей пор, приходящихся на единицу объема материала.

7) Проницаемость керамики оценивается коэффициентом проницаемости, который показывает, какое количество газа или жидкости протекает в единицу времени через единицу площади и толщины образца при определенном перепаде давлений [3].

3) Механическая прочность

Для керамических материалов при обычной температуре характерно хрупкое разрушение, которое обычно наступает после небольшой упругой деформации. Она может завершаться возникновением незначительной по величине неупругой деформации. Этим керамика резко отлична от металлов, для которых характерна значительная величина пластической деформации. Упругая деформация обуславливается увеличением расстояний между атомами с ростом приложенных к образцу усилий и находится в непосредственной связи с энергией кристаллической решетки. Величина упругой деформации до предела пропорциональности в соответствии с законом Гука прямо пропорциональна величине напряжения:

$$\epsilon = 1/E * \sigma, \quad (1.1)$$

где ϵ – величина относительного удлинения, σ – максимальное растягивающее напряжение, E – модуль Юнга или упругости, причем $1/E$ является коэффициентом пропорциональности.

Величина модуля E , для наиболее плотносспекшейся керамики из окислов Al, Mg, Be и SiC лежит в пределах $4-3 \cdot 10^6$ кГ/см², для промышленных огнеупоров $2-3 \cdot 10^6$ кГ/см².

Теоретическая прочность кристаллических тел, подсчитанная по величине их межатомных связей, примерно равна $1-10 \cdot 10^5$ кГ/см² или около 1/10 величины модуля упругости E . Однако величина реальной прочности керамических материалов значительно ниже и колеблется в широких пределах – от 10^2 до 10^4 кГ/см². Такое снижение прочности обуславливается наличием в них значительного количества дефектов кристаллической решетки, таких как примеси, дислокации, границы зерен, пустоты, включения других фаз и т.д. Кроме того, на поверхности керамических материалов образуется некоторое количество микротрещин т.н. трещин Гриффитса, которые являются концентраторами напряжений и при наложении нагрузки растут и ведут полному разрушению материала. Трещины Гриффитса возникают в процессе образования керамического материала. В тех случаях, когда в значительной мере удастся избежать образования дефектов решетки и поверхностных трещин, например, при получении нитевидных кристаллов, прочность керамики приближается к теоретической. Окружающая газовая среда, загрязнение поверхности тела и другие факторы вызывают быстрое возникновение поверхностных микротрещин и падение прочности [3].

4) Теплофизические свойства

Теплопроводность керамических материалов устанавливает то количество тепла, которое проходит через материал при определенном градиенте температур. В керамических материалах тепло переносится за счет упругих колебаний атомов в узлах кристаллической решетки. Другой вид механизма теплопередачи – движение электронов – для керамики не характерен.

По фононной теории теплопроводности тепловые колебательные движения квантуются и, подобно световым фотонам, именуется фононами. Величину теплопроводности оценивают величиной свободного пробега фонона. При низких температурах длина пробега фонона значительна, что связана с гармоничностью колебаний решетки. При повышении температур выше так называемой температуры Дебая (характеристической температуры,

для керамики, обычно находящейся при 500-1000 °C), средняя длина пробега уменьшается обратно пропорционально абсолютной температуре. Скорость распространения волн становится постоянной, и поэтому величина теплопроводности снижается.

На величину теплопроводности при низких («до дебаевских») температурах большое влияние оказывают особенности строения кристаллической решетки, которые вызывают ангармоничность колебаний и рассеивание фононов. Уменьшение длины свободного пробега фононов и теплопроводности при этих температурах наблюдается для кристаллов с более сложной решеткой (муллит), с высокой анизотропностью (кварц). Также это происходит при образовании твердых растворов с сильно разупорядоченной решеткой, особенно в присутствии примесей.

Керамические материалы, так же как слагающие их кристаллы и стекло, при нагревании расширяются. Расширение — это обратимо, и при охлаждении материал приобретает свой первоначальный объем. Это изменение объема с температурой обусловлено увеличением расстояний между атомами при росте амплитуды их колебаний. Величина термического расширения отдельных кристаллов и стекол различна и зависит в общем от их строения, от прочности химических связей. В изотропных кристаллических веществах, например, с кубической решеткой, термическое расширение по всем осям одинаково. В анизотропных кристаллах термическое расширение по отдельным осям симметрии различно. С повышением температуры — это различие, как правило, уменьшается.

В пористых телах коэффициент термического расширения обычно не зависит от величины пористости. Однако образование трещин по границам кристаллов может изменять величину коэффициента расширения. В многофазовой керамике суммарный коэффициент термического расширения обычно не может быть подсчитан по аддитивности. Вместе с тем большие объемные изменения отдельных фаз, особенно связанных с их полиморфизмом, отражаются на ходе кривой термического расширения.

Возникающие в отдельных случаях в керамическом материале большие термические напряжения и связанное с ними образование микротрещин может изменить величину коэффициента термического расширения [3].

5) Термические свойства

По способности противостоять воздействию высоких температур керамические материалы характеризуются рядом термических свойств, к которым могут быть отнесены огнеупорность, постоянство объема при высоких температурах и термическая стойкость.

По огнеупорности или температуре плавления все керамические материалы можно подразделить на четыре группы:

- 1) Легкоплавкие, расплавляющиеся при температуре ниже 1300 °С
- 2) Тугоплавкие, расплавляющиеся при температуре ниже 1580 °С
- 3) Огнеупорные с огнеупорностью в пределах 1580 - 2000 °С
- 4) Высокоогнеупорные материалы с огнеупорностью выше 2000 °С

Керамические материалы при достаточно высокой температуре размягчаются и растекаются в виде жидкости той или иной вязкости. Поэтому огнеупорностью называют способность материала противостоять, не расплавляясь, воздействию высоких температур.

Постоянство объема при высоких температурах характерно только для огнеупорных материалов, призванных длительно работать при высоких температурах. Продолжительная служба керамики при высоких температурах вызывает дальнейшее изменение фазового состава, перекристаллизацию и дополнительное спекание. Под влиянием этих изменений уменьшается или увеличивается объем изделий, т.е. происходит их дополнительная усадка или расширение. Таким образом, дополнительной линейной усадкой или ростом керамических изделий называют необратимые изменения их линейных размеров в результате повторного длительного нагрева при высоких температурах.

В результате большой дополнительной усадки огнеупорных изделий могут раскрываться швы кладки. Это снижает плотность, шлакоустойчивость

и термическую стойкость футеровки, вызывает оседание сводов и стен и приводит к преждевременному разрыву. Особенно отрицательно сказывается усадка огнеупоров в сводах печей. Большая дополнительная усадка может вызвать провисание и обвал сводов, несмотря на достаточную строительную прочность огнеупорного материала, из которого он выложен.

Дополнительная усадка или увеличение объема огнеупорных изделий в службе вызывается неполнотой завершения этих процессов в обжиге. Наибольшее постоянство объема огнеупорных материалов получают при достаточно высокой температуре и длительности их обжига. Поэтому некоторые огнеупорные изделия рекомендуют обжигать при температурах, соответствующих условиям их последующей службы. Однако чрезмерно высокая температура обжига огнеупоров также нецелесообразна. Она может вызвать остеклование и деформацию материала, что уменьшает термическую стойкость изделия и значительно увеличивает брак по форме и размерам.

Способность керамических изделий противостоять, не разрушаясь, колебаниям температуры при нагревании или охлаждении называют термической стойкостью. Этим свойством в той или иной степени должны обладать все керамические материалы, и в первую очередь те, которые призваны служить при резко сменяющихся температурах.

В основе явлений, вызывающих термическое разрушение, лежат процессы, связанные с возникновением в материале упругих и остаточных пластических деформаций. Колебания температуры вызывают образование трещин, располагающихся параллельно обогреваемой поверхности. С течением времени по этим трещинам образуются разрывы, обогреваемая часть изделий отрывается и обрушивается. Разрушение при колебаниях температуры керамики других видов обычно проявляется в виде трещин. В плотноспекшейся керамике образуются сквозные трещины, которые возникают и распространяются мгновенно. Уплотнение обогреваемой поверхности огнеупорного кирпича из-за спекания и дополнительной усадки усиливает скалываемость. Причиной скалывания являются напряжения,

возникающее в керамическом изделии вследствие температурных перепадов при нагреве или охлаждении. Величина температурного градиента между элементарными слоями изделия, расположенными параллельно обогреваемой или охлажденной поверхности, зависит главным образом от условий нагрева и охлаждения, а также от коэффициента температуропроводности α , характеризующего скорость распространения температуры в материале. Следовательно, при одинаковых условиях нагрева и охлаждения чем больше теплопроводность материала, тем меньше будут перепады температур в нем [3].

6) Химические свойства

Химическая стойкость – это способность керамического материала противостоять растворяющему или разрушающему действию жидкого, твердого или газообразного вещества. Подразумевается, что в результате растворения или взаимодействия с твердым или газообразным веществом поверхностные слои керамики растворяются или стекают в виде жидкости или механически разрушаются.

Шлаки, образующиеся в процессе плавки металла, окислы, образующиеся в результате нагревания слитков при горячей обработке металла, зола и шлак сжигаемого или газифицируемого топлива, различные материалы, получающиеся при обжиге, спекании и расплавлении при высоких температурах, соприкасаясь с огнеупорным материалом футеровки, вступают с ним в химическое взаимодействие. Пыль и пары этих материалов, подвергающихся различной термической обработке, оседают на огнеупорной футеровке и также химически с ней взаимодействуют. В результате на ее поверхности образуются продукты этого взаимодействия, обычно имеющие значительно более низкие температуры плавления. Эти продукты в зависимости от их вязкости и условий работы печи или топки либо стекают по стенам и сводам, либо выносятся с продуктами производства. В вакуумных печах испаряющийся материал керамических конструкций в виде паров или продуктов диссоциации уносится через вакуумный насос. Интенсивность

такого разрушения керамической футеровки зависит прежде всего от химической природы огнеупора и взаимодействующего с ним шлакующего материала, а также температуры. Непрерывность этих процессов и их интенсивность определяют скорость разрушения огнеупорной футеровки [3].

7) Электрофизические свойства

Для всех видов технической керамики, а также для ряда видов электроизоляционной и огнеупорной керамики электрофизические свойства определяют возможность ее использования в тех или иных областях. К таким важнейшим электрофизическим свойствам относятся:

А) Электропроводность

Керамические диэлектрики характеризуются в основном ионным строением кристаллической решетки. При наложении электрического напряжения на диэлектрик в нем появляется ток проводимости. Проводимость обусловлена направленным движением носителей зарядов под воздействием внешнего поля. Носителями тока в керамике могут быть электроны, ионы, дырки или те и другие.

Исходя из различных видов носителей зарядов в керамике можно выделить следующие механизмы электропроводности:

1) Катионная – подвижными носителями являются положительно заряженные катионы. Они выделяются у катода, нейтрализуясь, образуют атомы вещества. К материалам с катионной проводимостью относятся стеатитовая, муллитовая керамика.

2) Анионная – подвижными являются отрицательные ионы. Керамика на основе ZrO_2 с различными стабилизирующими окислами имеет этот тип проводимости.

3) Анионно-катионная – подвижными являются и положительные, и отрицательные ионы. Они выделяются у катода и анода и нейтрализуются.

4) Электронная - носителями заряда являются электроны. Такая проводимость характерна для полупроводников.

Б) Диэлектрические потери

Диэлектрические потери обуславливаются рядом физических процессов, протекающих в диэлектрике при наложении на него электрического поля, а именно поляризацией диэлектрика; сквозной электропроводностью; процессами; наличием полупроводящей фазы, газовых включений, влаги и т.д.

Диэлектрические потери за счет сквозной электропроводности приобретают существенное значение при высоких температурах. Степень рассеивания энергии в этом случае пропорциональна проводимости при работе на переменном токе. Так как проводимость диэлектрика растет экспоненциально с температурой, то следует ожидать, что и диэлектрические потери за счет проводимости будут изменяться.

Диэлектрические потери за счет наличия полупроводящей фазы, газовых включений, влаги обусловлены увеличением сквозной проводимости диэлектрика. Особенно велики потери при наличии влаги или загрязненной поверхности. Потери в этом случае происходят за счет поверхностной проводимости диэлектрика и зависят от влажности воздуха, состояния поверхности диэлектрика и т.д. И наконец, потери за счет наличия пор. При наличии закрытой пористости и достаточно высоких напряженностей электрического поля имеет место ионизация газовых включений, что в свою очередь увеличивает диэлектрические потери.

В) Электрическая прочность

Электрической прочностью керамики называют ее способность противостоять пробивному действию приложенного электрического поля и выражается она пробивным напряжением в киловольтах, деленным на толщину диэлектрика в сантиметрах или миллиметрах.

Электрический пробой керамических изоляционных материалов под действием приложенного поля может происходить различными путями. Различают пробой твердых диэлектриков четырех видов:

А) Электрический пробой однородных диэлектриков

Б) Электрический пробой неоднородных диэлектриков

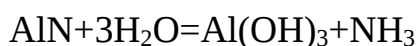
В) Тепловой

Г) Химический

Электрический пробой по своей природе является чисто электронным процессом, когда из немногих начальных электронов создается электронная лавина. Чистый электронный пробой характерен для монокристаллов, т.е. однородных диэлектриков, а электрокерамика, всегда содержащая газовые включения, разрушается в электрическом поле вследствие других форм пробоя. Электрический пробой керамических диэлектриков характеризуется быстрым развитием, он протекает за время менее 10^{-7} - 10^{-8} сек [3].

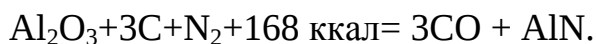
1.1.3 Химические свойства

С азотом порошкообразный алюминий соединяется выше $800\text{ }^{\circ}\text{C}$, причем реакция сопровождается довольно значительным выделением тепла (76 ккал/моль AlN). Нитрид алюминия представляет собой белый порошок, не изменяющийся при нагревании до $1800\text{ }^{\circ}\text{C}$, а выше этой температуры начинает распадаться на элементы. Под давлением азота в 4 ат нитрид алюминия плавится при $2200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Получать его удобно нагреванием $(\text{NH}_4)_3\text{AlF}_6$ до $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ в токе аммиака. Химическая стойкость нитрида алюминия сильно зависит от компактности образца. В виде рыхлого порошка он медленно разлагается под водой по уравнению:



Напротив, кристаллический нитрид алюминия практически не поддается действию кипящих сильных кислот и лишь медленно разлагается горячими растворами щелочей. Кристаллы его обладают высокой твердостью и довольно хорошей теплопроводностью, а по электрическим свойствам приближаются к полупроводникам. Интересно, что нагревание алюминия выше $1750\text{ }^{\circ}\text{C}$ в атмосфере N_2 с примесью CO приводит к образованию не белого, а голубого нитрида алюминия. Присутствие следов кремния сообщает AlN способность к фосфоресценции. При нагревании смеси Li_3N и AlN образуется сероватый двойной нитрид Li_3NAlN_2 .

В техническом масштабе нитрид алюминия может быть получен накаливанием до 1700 °С смеси окиси алюминия и угля в атмосфере азота по реакции:



При пропускании над нитридом алюминия перегретого водяного пара выделяется аммиак, а окись алюминия восстанавливается. На этом был основан один из предложенных, но не привившихся в практике способов синтеза аммиака [4].

1.2. Окисление нитрида алюминия

Окисление порошка нитрида алюминия на воздухе начинается при температуре 1200 °С. Параболический характер изотерм окисления указывает на образование плотной окисной пленки и диффузионный характер процесса. Скорость окисления зависит от давления кислорода - приблизительно пропорциональна давлению газа-окислителя. Все указывает на то, что скорость окисления нитрида алюминия зависит от миграции ионов алюминия из нитрида через пленку окисла к поверхности раздела окисел – газ.

Пористость существенно влияет на скорость окисления нитрида алюминия. Так, при окислении спеченного нитрида алюминия при 1200 °С за 1 ч в окись алюминия превращается 11% нитрида, а при окислении горячепрессованного образца при 1400 °С в течение 30 ч в окись перешло только 1% нитрида [5].

С помощью термодинамического расчета равновесий в системе нитрид алюминия – кислород установлено, что наиболее вероятными реакциями взаимодействия нитрида алюминия с кислородом будут те, в продуктах которых образуется Al_2O_3 и низший окисел азота N_2O , а также Al_2O_3 , свободный азот и окислы NO и NO_2 . Термодинамическая возможность протекания их уменьшается с ростом температуры. При температурах выше 1000 °С реакции образования фазы Al_2O_3 и окислов азота более возможные, чем образование окисла Al_2O_3 и свободного азота. С термодинамической точки

зрения невозможными являются реакции взаимодействия нитрида алюминия с кислородом, продукты которых содержат низшие и газообразные окислы алюминия Al_2O и AlO , а также азот и его окислы.

Парциальное давление кислорода заметно влияет на термодинамическую возможность протекания различных реакций взаимодействия нитрида алюминия с кислородом. С уменьшением давлением кислорода термодинамическая возможность протекания реакции уменьшается. Так, наиболее вероятная реакция взаимодействия нитрида алюминия с кислородом при давлении 10^{-5} торр становится невозможной в области температур 2000 К, а реакция, идущая с образованием Al_2O_3 и NO_2 , невозможна при температурах, превышающих 1500 К [5].

При окислении горячепрессованных образцов нитрида алюминия в интервале температур 400 – 1200 °С кинетические кривые указывают на прирост массы, хотя в действительности происходит также улетучивание газообразных азота и его окислов.

Нитрид алюминия характеризуется довольно высоким сопротивлением окислению вплоть до 1200 °С. До температуры 800 °С он незначительно окисляется, и с ростом температуры скорость процесса увеличивается. Характер изотерм окисления при 1000 °С и 1200 °С свидетельствует об образовании защитной окисной пленки.

В области низких температур и на начальной стадии процесса при более высоких температурах появляется пленка из Al_2O_3 в основном по границе зерен. В этом случае скорость процесса определяется химическим взаимодействием кислорода и нитридной матрицы. Однако с увеличением времени окисления и температуры по мере образования непрерывной защитной окисной пленки из Al_2O_3 процесс приобретает диффузионный характер [5].

2. Методы анализа и материалы

2.1. Цели и задачи

Цель данной работы является провести исследование процесса окисления алюмонитридной керамики для создания переходного слоя при металлизации.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

1. Провести литературный обзор способов окисления AlN.
2. Исследовать свойства керамики.
3. Исследовать процесс изотермического окисления керамики AlN.
4. Оценить возможность создания переходного слоя для металлизации.

2.2. Методы исследований

2.2.1. Рентгенофазовый анализ (XKD)

При изучении кристаллических веществ с помощью рентгеноструктурного анализа имеется возможность решать следующие задачи:

- 1) Определение химического и фазового состава вещества
- 2) Определение типа и формы элементарной ячейки кристаллов
- 3) Параметры числа атомов, приходящихся на одну ячейку
- 4) Расположение атомов в ячейке
- 5) Определение ориентации монокристалла

В лабораторной практике рентгенофазовый анализ применяется для идентификации различных фаз в их смеси на основе анализа дифракционной картины, даваемой исследуемым образцом [6]. Определение вещества в смеси проводится по набору его межплоскостных расстояний (d) и относительным интенсивностям (I) соответствующих линий на рентгенограмме. Для этого, согласно закону Брэгга — Вульфа, необходимо определение углов отражения θ . Когерентно рассеянные рентгеновские лучи интерферируют между собой,

при этом дифракционной решеткой для рентгеновского излучения служит кристаллическая решетка, поскольку межплоскостные расстояния в кристалле сравнимы с длиной волны излучения.

Основным методом фазового анализа является метод порошка, который получил широкое распространение из-за его простоты и универсальности. Достоинством данного метода является более высокая точность значений интенсивности [6].

Рентгенофазовый анализ проводили методом «порошка» на дифрактометре «ДРОН-3М» на монохроматизированном $\text{CuK}\alpha$ -излучении. Идентификацию фаз проводили с помощью данных о межплоскостных расстояниях в картотеке JCPDS-ICDD и программе «Crystallographica» с базой данных PDF-2.

2.2.2. РЭМ (SEM)

Растровая электронная микроскопия предназначена для исследования поверхности образцов материалов. Метод растровой электронной микроскопии использует энергетическое и пространственное распределение электронов, эмитированных из приповерхностного слоя материала образца под воздействием сфокусированного электронного пучка.

Для создания изображения структуры поверхности в растровом электронном микроскопе регистрируются отраженные электроны первичного пучка и вторичные электроны. Основой растрового электронного микроскопа является оптическая колонна, которая состоит из источника электронов (термоэмиссионного или автоэмиссионного), системы ускорения, блока конденсорных линз, отклоняющей системы, зондоформирующей линзы, столика управления образцом (допускает перемещение по всем трем осям), детектора вторичных электронов. Кроме того, в состав элементов конструкции РЭМ входят блоки усиления сигнала вторичных электронов, системы управления сканированием электронного луча (каналы X и Y) в оптической

колонне по образцу и в электронно-лучевой трубке по люминесцирующему или жидкокристаллическому экрану [7].

Растровую сканирующую микроскопию проводили на растровом электронном микроскопе JSM-6000. Данный микроскоп – это мощный сканирующий прибор, покрывающий диапазон увеличения от $\times 10$ до $\times 60\,000$. Опционально предусмотрено использование с микроскопом ЭДС спектрометра для выполнения элементного анализа. В стандартной комплектации данная модель сканирующего оборудования оснащена детекторами вторичных и отраженных электронов и способна работать в режимах высокого и низкого вакуума. Столик микроскопа позволяет не только перемещать образец по осям X и Y, но и наклонять или поворачивать его в камере микроскопа.

2.2.3. Синхронный термический анализ (СТА)

Синхронный термический анализ – синхронные термогравиметрия и дифференциальная сканирующая калориметрия – метод измерения изменения теплового потока и веса материала в контролируемой атмосфере в зависимости от температуры или времени. Метод основан на одновременной непрерывной регистрации изменений соответствующих характеристик образца (обусловленные фазовыми переходами или химическими реакциями) в зависимости от времени или температуры при нагревании в соответствии с выбранной температурной программой в заданной газовой атмосфере. Одновременное использование термогравиметрии и дифференциально-сканирующей калориметрии является простейшим примером СТА прибора. Это позволяет получать больше информации, чем при использовании двух отдельных приборов.

Преимущества такого подхода очевидны:

- 1) Условия эксперимента для сигналов термогравиметрии и дифференциально-сканирующей калориметрии полностью совпадают

(одинаковая атмосфера, скорость потока, давление паров образца, скорость нагрева, термический контакт с тиглем и сенсором, излучение и т.д.)

2) Лучший анализ сигналов, т.к. в любой момент доступны два и более набора данных, описывающих поведение образца, что позволяет отличить фазовый переход от реакции разложения, реакцию присоединения от конденсации, реакции пиролиза, окисления и горения, и т.д [8].

Синхронный термический анализ проводили на анализаторе STA 449 F3 Jupiter. STA 449 F3 Jupiter представляет собой совмещенный ТГА/ДСК/СТА анализатор, который позволяет одновременно регистрировать изменения массы образца и процессы, сопровождающиеся выделением или поглощением тепла.

2.3. Материалы

2.3.1. Компактный (спеченный) нитрид алюминия

Большинство искусственных и природных строительных материалов являются пористо-капиллярными телами, структура которых оказывает значительное, а иногда и решающее, влияние на многие физико-технические свойства изделий.

Пористость и обуславливаемая ею плотность являются важнейшими характеристиками силикатных материалов и изделий, от которых зависит большинство механических, тепловых и других физических свойств. По величине пористости и связанному с ней значению водопоглощения также судят о степени завершенности процесса спекания керамических тел.

При известной массе тела определение кажущейся плотности сводится к измерению его объема, включая объем всех пор. Для определения объема существует метод, принцип работы которого основан на гидростатическом взвешивании образца, предварительно насыщенного жидкостью, не взаимодействующей с испытуемым материалом и обладающей хорошей смачиваемой способностью. В качестве пропитывающей жидкости для

обожженных материалов и изделий, не подвергающихся гидратации, используют изопропиловый спирт [10].

Величину водопоглощения и открытой пористости подсчитывают по формулам 2.1 и 2.2, а величину кажущейся плотности – по формуле 2.3.

№ образца	Масса образца, г			Плотность жидкости $\gamma_{ж}$, г/см ³	Водопоглоще- ние В, %	Кажущаяся плотность, ρ , г/см ³	Пористость		
	Сухого, m	Насыщенного на воздухе, m ₁	Насыщенного и погруженного в жидкость, m ₂				Открытая, П _о	Истинная, П _и	Закрытая, П _з
1	0,33560	0,33564	0,25627	0,785	0,01	3,32	0,05		
2	0,46090	0,46103	0,35177		0,03	3,31	0,12		
3	0,46160	0,46165	0,35269		0,01	3,32	0,04		

$V = \frac{m_1 - m}{m} * 100$ - формула для расчета водопоглощения (2.1);

$P_o = \frac{m_1 - m}{m_1 - m_2} * 100$ - формула для расчета открытой пористости (2.2);

$\rho = \frac{m\gamma_{ж}}{m_1 - m_2} * 100$ - формула для расчета кажущейся плотности (2.3).

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Г21	Фомину Вадиму Юрьевичу

Институт	ИФВТ	Кафедра	ТСН
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	240100 – Химическая технология

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Расчет стоимости исходного сырья, материалов, спецоборудования, комплектующих изделий и покупных полуфабрикатов
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Расчетные величины материалов, сырья и оборудования научно-технического проекта
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Премияльный коэффициент, районный коэффициент, коэффициент доплат и надбавок, заработная плата по тарифной ставке.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

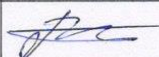
1. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование структуры работ, их трудоемкость, разработка графика проведения исследования, расчет бюджета исследования: затраты на сырье, оборудование, заработную плату, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы
2. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет интегрального показателя эффективности: определение финансовой эффективности и ресурсоэффективности; сравнение эффективности разработки с аналогами

Перечень графического материала:

1. График проведения и бюджет НИ
2. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

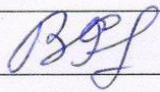
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Верховская Марина	К. Э. Н.		23.03.2016г.

	Витальевна			
--	------------	--	--	--

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г21	Фомин Вадим Юрьевич		

Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Анализ конкурентных технических решений

На сегодняшний день основные производители подложек из нитрида алюминия это Белоруссия (ООО "Производственная компания Спецрезинотехника") и Япония (Kyocera). В России ведущими производителями являются ЗАО «НЭВЗ-КЕРАМИКС», которое находится в Новосибирской области, “CeramTec Russia” (Московская область) и “ ЗАО «Ферротек Норд»” (Ленинградская обл.)

Таблица 4.1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,05	4	4	4	4	5	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,05	4	4	4	5	5	4
3. Помехоустойчивость	0,01	4	4	4	5	4	4
4. Энергоэкономичность	0,04	5	4	4	5	4	3
5. Надежность	0,05	5	5	4	4	5	4
6. Уровень шума	0,05	5	4	3	4	3	4
7. Безопасность	0,02	5	5	5	5	5	5
8. Потребность в ресурсах памяти	0,02	5	4	4	5	4	4
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,01	4	4	4	4	4	4

10. Простота эксплуатации	0,04	4	5	5	4	3	3
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,03	5	5	4	5	4	5
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,02	4	5	4	4	5	3
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,03	5	5	5	5	5	5
2. Уровень проникновения на рынок	0,02	3	4	4	5	4	4
3. Цена	0,05	5	3	4	5	5	5
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,03	5	4	4	4	4	4
5. Послепродажное обслуживание	0,02	5	4	4	4	4	4
6. Финансирование научной разработки	0,05	5	5	5	5	5	5
7. Срок выхода на рынок	0,05	5	4	5	4	5	4
8. Наличие сертификации разработки	0,05	5	5	5	5	5	5
Итого	1	92	87	86	91	80	84

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле

4.1:

$$K = \sum B_i + B_i, \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

4.2. Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы приведен в таблице 4.2.

Таблица 4.2. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, бакалавр
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, бакалавр,
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр
Теоретические и эксперименталь	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр

Основные этапы	№раб	Содержание работ	Должность исполнителя
ные исследования	6	Проведение экспериментов	Бакалавр
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель, бакалавр
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка полученных результатов	Руководитель, бакалавр
	9	Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, бакалавр
Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка технологии	Бакалавр
Изготовление и испытание опытного образца	11	Получение опытных образцов	Бакалавр, руководитель
	12	Лабораторные испытания опытных образцов	Бакалавр, руководитель
Оформление комплекта документации по ВКР	13	Составление пояснительной записки	Бакалавр

4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения ожидаемого значения трудоемкости используется формула 4.2.

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

где $t_{ож\ i}$ – наиболее вероятное время, в течение которого должна быть выполнена работа, чел-дни;

$t_{min\ i}$ – минимальное время для выполнения определенного этапа при благоприятном стечении обстоятельств, чел-дни;

$t_{max\ i}$ – максимальное время для выполнения данного этапа при неблагоприятном стечении обстоятельств, чел-дни.

Исходя из ожидаемой трудоемкости, рассчитывается продолжительность каждой работы в рабочих днях по формуле 4.3:

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

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

$t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел-дни;

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

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой 4.4:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4.4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения отдельной работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле 4.5:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4.5)$$

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 2016 году 366 календарных дней, из них 105 выходных для и 14 праздничных дней. Тогда коэффициент календарности равен:

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 105 - 14} = 1,48.$$

В таблице 4.3 представлены временные показатели проведения научно-исследовательской работы.

Таблица 4.3 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Название работ	Трудоемкость работ						Исполнитель и	Т _р , раб.		Т _к _i , кал.	
		t _{min} , чел-дн.		t _{max} , чел-дн.		t _{ож} , чел- дн.			дн.		дн.	
		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
1	Составление технического задания	0,2	0,2	1	1	0,5 2	0,5 2	Р	0,2 6	0,2 6	0,4	0,4
		0,2	0,2	1	1	0,5 2	0,5 2	Б	0,2 6	0,2 6	0,4	0,4
2	Выбор направления исследований	0,5	0,5	2	2	1,1	1,1	Р	0,5 5	0,5 5	0,8	0,8
		0,5	0,5	2	2	1,1	1,1	Б	0,5 5	0,5 5	0,8	0,8
3	Подбор и изучение материалов	5	5	11	11	7,4	7,4	Р	3,7	3,7	5,5	5,5
		5	5	11	11	7,4	7,4	Б	3,7	3,7	5,5	5,5
4	Календарное планирование работ по теме	1	1	2	2	1,4	1,4	Р	0,7	0,7	1,0	1,0
		1	1	2	2	1,4	1,4	Б	0,7	0,7	1,0	1,0

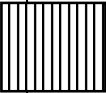
№	Название работ	Трудоемкость работ						Исполнитель и	Т _р , раб.		Т _{кi} , кал.	
		t _{min} , чел-дн.		t _{max} , чел-дн.		t _{ож} , чел- дн.			дн.		дн.	
		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	3	3	5	5	3,8	3,8	Б	1,9	1,9	2,8	2,8
6	Проведение экспериментов	6	6	8	8	6,8	6,8	Б	3,4	3,4	5,0	5,0
7	Сопоставление результатов с теоретическим и исследованиям и	2	2	3	3	2,4	2,4	Р	1,2	1,2	1,8	1,8
		3	3	5	5	3,8	3,8	Б	1,9	1,9	2,8	2,8
8	Оценка полученных результатов	2	2	4	4	2,8	2,8	Р	1,4	1,4	2,1	2,1
		4	4	6	6	4,8	4,8	Б	2,4	2,4	3,6	3,6
9	Определение целесообразнос ти проведения ВКР	3	3	7	7	4,6	4,6	Р	2,3	2,3	3,4	3,4
		3	3	7	7	4,6	4,6	Б	2,3	2,3	3,4	3,4
10	Разработка технологии	2	2	3	3	2,4	2,4	Б	1,2	1,2	1,8	1,8
11	Приготовление опытных образцов	3	3	4	4	3,4	3,4	Р	1,7	1,7	2,5	2,5
		14	14	28	28	19, 6	19, 6	Б	9,8	9,8	14, 5	14, 5
12	Испытания опытных образцов	2	2	4	4	2,8	2,8	Р	1,4	1,4	2,1	2,1
		5	5	7	7	5,8	5,8	Б	2,9	2,9	4,3	4,3

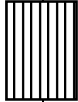
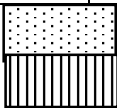
№	Название работ	Трудоемкость работ						Исполнитель и	Т _р , раб.		Т _{кi} , кал.	
		t _{min} , чел-дн.		t _{max} , чел-дн.		t _{ож} , чел- дн.			дн.		дн.	
		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
13	Составление пояснительной записки	13	13	16	16	14, 2	14, 2	Б	7,1	7,1	10, 5	10, 5

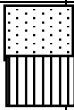
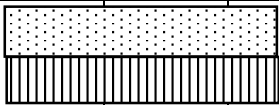
Р – руководитель; Б – бакалавр.

На основе таблицы 4.3 был построен календарный план-график в виде диаграммы Ганта.

Таблица 4.4 - Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Вид работы	Исполнители	T_{ki} , дней										
			февраль		март			апрель			май	
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Составление технического задания	Руководитель, бакалавр	1										
Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр	0,8										
Подбор и изучение материалов	Руководитель, бакалавр	5,5										
Календарное планирование работ	Руководитель, бакалавр	1,0										
Проведение теоретических расчетов и обоснований	Руководитель, бакалавр	2,8										
Проведение экспериментов	Бакалавр	5,0										

Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Бакалавр	3,8										
Оценка полученных результатов	Руководитель, бакалавр	4,6										

Вид работы	Исполнители	T_{ki} , дней										
			февраль		март			апрель			май	
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, бакалавр	3,4										
Разработка технологии	Бакалавр	1,8										
Приготовление опытных образцов	Руководитель, бакалавр	14,5										

Испытания опытных образцов	Руководитель, бакалавр	4,3										
Составление пояснительной записки	Бакалавр	10,5										

Руководитель	Бакалавр

4.2.4. Бюджет научно-технического исследования

4.2.4.1. Материальные затраты

Результаты расчета затрат на сырье в процессе проведения НИР представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Затраты на материалы

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, З _м , руб.
Нитрид алюминия	кг	1,5	7000	10500
Изопропиловый спирт	л	5,0	96	480
Итого				10980

4.2.4.2. Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме. Амортизация оборудования рассчитывается по формуле 4.6:

$$A = \frac{C_n \cdot H_a \cdot n}{100k}, \quad (4.6)$$

где C_n – первоначальная стоимость оборудования;

H_a – норма амортизации, %;

n – число проработанных месяцев;

k – количество месяцев в году.

Число проработанных месяцев n берем из расчета того, что на НТИ инженером было затрачено 1248 ч = 1,73 месяца.

Таблица 4.6 - Расчет амортизации оборудования

Наименование оборудования	С _п , руб	Н _а , %	А, руб
Весы аналитические Веста В153	15000	10	216
РЭМ- установка JCM-6000	180000	12	3114
РФА- установка ДРОН-3М	180000	12	3114
ДТА- установка STA 449 F3 Jupiter	3000000	12	51900
Печь шахтная	254000	12	4394
Итого			62738

4.2.4.3. Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату. Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада по формуле 4.7:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (4.7)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата, руб.;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (составляет 10 – 20 % от основной заработной платы), руб.

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по формуле 4.8:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (4.8)$$

где $З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 4.9.

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d}, \quad (4.9)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно – технического персонала, раб. дн.

В таблице 4.7 приведен баланс рабочего времени каждого работника НТИ.

Таблица 4.7 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр
Календарное число дней	140	140
Количество нерабочих дней		
выходные дни:	16	16
праздничные дни:	6	6
Потери рабочего времени		
отпуск:	0	0
невыходы по болезни:	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	118	118

Месячный оклад работника рассчитывается по формуле 5.11.

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (4.10)$$

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

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3;

k_d – коэффициент доплат и надбавок (0,2 – 0,5);

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

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.8.

Таблица 4.8. Расчет основной заработной платы

Исполнители	Категория	k_T	Z_{tc} , руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
-------------	-----------	-------	--------------------	----------	-------	-------	-----------------	--------------------	------------------------	---------------------

Руководитель	Доцент, к.т.н.	0,3	27411	0,3	0,2	1,3	53451	2264	32,5	73580
Бакалавр	Лаборант	0,3	10720	0,3	0,2	1,3	20904	454	62	28148
Итого $Z_{\text{осн}}$										101728

Общая заработная исполнителей работы представлена в таблице 4.9.

Таблица 4.9 - Общая заработная плата исполнителей

Исполнитель	$Z_{\text{осн}}$, руб.	$Z_{\text{доп}}$, руб.	$Z_{\text{зн}}$, руб.
Руководитель	73580	8830,0	82410
Бакалавр	28148	3377,0	31525

4.2.4.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды рассчитывается по формулы 4.11:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.11)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений во внебюджетные фонды.

Таблица 4.10 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	73580	8830,0
Бакалавр	28148	3377,0
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,305	
Итого:	34751,0	

4.2.4.5. Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать и ксерокопирование материалов исследования, размножение материалов и т.д.

Величина накладных расходов определяется по формуле 4.12:

$$З_{внеб} = k_{нр} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 5), \quad (4.12)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы (16%).

$$З_{внеб} = 0,16 \cdot 222404 = 35584,6 \text{ руб.}$$

4.2.4.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Расчет бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Исп.1	Исп.2	
1. Материальные затраты НТИ	10980		табл. 4.4
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	62738		табл. 4.5
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	73580	28148	табл. 4.7
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	8830	3377	табл. 4.8
5. Отчисления во внебюджетные фонды	34751		табл. 4.9
6. Накладные расходы	35584		16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	257988		Сумма ст. 1-6

Как видно из таблицы 4.11 основные затраты НТИ приходятся на основную заработную плату исполнителей темы и оборудование.

4.3. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается по формуле 4.13:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (4.13)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

Интегральный показатель ресурсоэффективности рассчитывается по формуле 4.14:

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

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки.

Таблица 4.12 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Сложность технологии	0,10	3	3	3
2. Диэлектрические свойства	0,25	4	5	5
3. Теплофизические свойства	0,15	4	5	4
4. Энергосбережение	0,25	5	5	5
5. Материалоемкость	0,25	5	3	3

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
Итого	1			

Таблица 4.13 - Сравнительная эффективность разработки

Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
	4,40	4,30	4,15

Из расчетов выявлено, что текущий проект по интегральному показателю ресурсоэффективности вариантов является выгодным и превосходит аналоги. Так как данный проект является только научной разработкой и началом исследования, то интегральный финансовый показатель разработки рассчитать не представляется возможным.

В целом, данный проект является перспективным с точки зрения ресурсопотребления, так как в отличие от аналогов в проекте предусмотрены меньшие затраты на себестоимость будущей продукции за счет использования местных недорогих сырьевых материалов и возможное достижение требуемых характеристик.

Задание для раздела «Социальная ответственность»

Студенту:

Группа	ФИО
4Г21	Фомину Вадиму Юрьевичу

Институт	ИФВТ	Кафедра	ТСН
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	240100 – Химическая технология

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования и области его применения	Объект исследования – высокотеплопроводный керамический материал на основе нитрида алюминия. Область применения – электроника, электротехника, микроэлектроника.
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	Вредные факторы: повышенная запыленность воздуха рабочей зоны; недостаточная освещенность; повышенная температура воздуха рабочей зоны. Опасные факторы: токсическое воздействие на организм человека; электрический ток; движущиеся машины и механизмы; повышенная температура поверхностей оборудования и обрабатываемых материалов.
2. Экологическая безопасность:	Используемые в работе вещества не оказывают вредного воздействия на окружающую среду. Единственной необходимой мерой безопасности является очистка запыленного воздуха в пылеуловителях
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные виды ЧС: пожар, взрыв при работе с электрооборудованием, в частности с электропечами.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Правовые нормы трудового законодательства. Мероприятия по компоновке рабочей зоны.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Юлия Владимировна	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г21	Фомин Вадим Юрьевич		

Глава 5. Социальная ответственность

Введение

В данной главе рассматриваются вопросы техногенной безопасности, охраны окружающей среды и техники безопасности, возникающих при выполнении экспериментальной части работы, а также разработка мер по их устранению.

Объект исследования – высокотеплопроводный керамический материал на основе нитрида алюминия. Область применения данного вида керамики включает электронику, электротехнику и микроэлектронику, а именно теплонагруженные элементы электронных микросхем и других конструкций, где важен отвод тепла в процессе эксплуатации.

Для осуществления экспериментальной части работы применялось следующее оборудование: шахтная печь, шлифовальный и полировальный станки.

5.1. Производственная безопасность

Для обеспечения безопасности персонала при работе в лаборатории необходим анализ вредных и опасных факторов. Идентификация потенциальных опасных и вредных производственных факторов проводится по ГОСТ 12.0.003-74 [11]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для выбранных объектов исследования, представлен в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке состава высокотеплопроводного керамического материала на основе нитрида алюминия

Источники факторов	Факторы по ГОСТ 12.0.003-74		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1. Керамический материал на основе нитрида алюминия	1. Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны;	1. Токсическое воздействие на организм человека;	1. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические

Источники факторов	Факторы по ГОСТ 12.0.003-74		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
2. Изопропиловый спирт; 3. Шахтная печь. 4. Шлифовальный станок 5. Полировальный станок	2. Повышенная температура воздуха рабочей зоны;	2. Электрический ток; 3. Движущиеся машины и механизмы; 4. Повышенная температура поверхностей оборудования и обрабатываемых материалов.	требования к воздуху рабочей зоны [12]; 2. ГОСТ 12.1.007–76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности [13]; 3. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [14]; 4. ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности [15]; 5. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [16].

5.1.1. Анализ вредных факторов производственной среды

5.1.1.1. Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны

Одним из этапов научно-исследовательской работы является обработка образцов - шлифовка и полировка. Основной проблемой при шлифовании и

полировании является образование и выделение в воздух мелкодисперсной минерально-металлической пыли.

Попадая в органы дыхания, пыль повреждает слизистую оболочку верхних дыхательных путей, а задерживаясь в легких, приводит к развитию соединительной ткани и рубцеванию легких. При попадании пыли на слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей ее раздражающее действие, как механическое, так и химическое, проявляется наиболее ярко. Слизистые оболочки по сравнению с кожным покровом более тонки и нежны, их раздражают все виды пыли.

Снижение запыленности воздуха рабочей зоны достигается средствами индивидуальной защиты и устройством общеобменной и местной вытяжной вентиляции в местах образования пыли.

5.1.1.2. Недостаточная освещенность

Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы. Создание благоприятных условий для работоспособности включает рациональное освещение, которое достигается совмещением искусственного и естественного освещения. Днем лаборатория освещается прямыми солнечными лучами и рассеянным светом небосвода. Для времени суток, когда недостаточно естественного света, предусмотрено искусственное освещение, создаваемое электрическими источниками - светильниками с люминесцентными лампами. Освещение нормируется СНиП 23.05-95 [17] «Естественное и искусственное освещение», по которому лаборатория по освещенности относится к IV разряду (работа со средней точностью), наименьший размер объекта различения свыше 0,5-1,0 мм, величина нормируемой освещенности равна 200 лк общего освещения.

5.1.1.3. Повышенная температура воздуха рабочей зоны

Технология окисления алюмонитридной керамики в данной работе включает обжиг в шахтных печах при температурах, превышающих 1000°C, что приводит к повышению температуры воздуха в помещении за счет выделения тепла печными установками.

Нормирование метеорологических условий рабочей зоны производственных помещений производят согласно ГОСТ 12.1.005-88. «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [12].

Нормативные показатели по температуре воздуха в помещении приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Оптимальные и допустимые температуры воздуха в рабочей зоне производственных помещений [12]

Период года	Категория работ	Температура, °С		
		Оптимальная	Допустимая	
			Верхний предел	Нижний предел
Холодный	Средней тяжести - IIa	18 – 20	23	17
Теплый	Средней тяжести - IIa	21 – 23	27	18

Мероприятия по созданию оптимальных температурных условий работы различны для каждого периода года. Для поддержания оптимальной температуры воздуха в холодное время года необходима установка центрального воздушного отопления. Для поддержания необходимой температуры в летнее время года используют систему приточно-вытяжной вентиляции, причем место забора свежего воздуха устанавливают с наветренной стороны, вдали от мест загрязнения.

5.1.2 Анализ опасных факторов производственной среды

5.1.2.1 Токсическое воздействие на организм человека

В качестве растворителя при обработки образцов перед окислением в печи используется изопропиловый спирт. Это вещество по степени воздействия на организм относится к веществам 3-го класса опасности (умеренно опасные вещества) [13]. Предельно допустимая концентрация паров изопропилового спирта в воздухе рабочей зоны - 10 мг/м^3 . Изопропиловый спирт обладает наркотическим действием. Отравление возможно при вдыхании паров при превышении ПДК. Серьёзное токсическое воздействие на здорового взрослого человека при попадании внутрь организма может быть достигнуто при дозах порядка 50 мл и более. Изопропанол при приеме внутрь метаболизируется в печени под действием алкоголь-дегидрогеназы в ацетон, что обуславливает его токсическое действие.

Чтобы предотвратить токсическое воздействие изопропанола на организм человека все работы с ним должны проводиться с использованием приточно-вытяжной вентиляции, должна быть соблюдена герметизация оборудования, аппаратов, процессов слива и налива. Также должна быть исключена возможность попадания вещества внутрь организма.

5.1.2.2 Электрический ток

В ходе выполнения данной работы имеет место использование электрических приборов. Для химических лабораторий, в которых применяются электроприборы общего назначения, следующие основные правила безопасной работы:

- 1) Соблюдение соответствующих расстояний до токоведущих частей;
- 2) Ограждение токоведущих частей;
- 3) Применение блокировки аппаратов и ограждающих устройств с целью предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям;
- 4) Применение предупреждающей сигнализации, надписей и плакатов;

5) Применение устройств для снижения напряженности электрических и магнитных полей до допустимых значений;

6) Использование средств защиты и приспособлений от воздействия электрического и магнитного полей в электроустановках, в которых их напряженность превышает допустимые нормы.

7) По окончании рабочего дня нужно снять напряжение с отдельных приборов, а также отключить все щитки на лабораторных столах и общий рубильник за пределами лаборатории.

Использование электрических приборов общего назначения в ходе выполнения данной работы не предполагает использования средств индивидуальной защиты персонала. Достаточной мерой безопасности является соблюдение общих правил при работе с электроприборами.

5.1.2.3. Движущиеся машины и механизмы

Источником опасного фактора являются шлифовальный и полировальный станки. При работе на станках необходимо быть предельно внимательным и аккуратным, так как существует возможность получения травм рук при внесении их в опасную зону.

Перед работой необходимо проверять исправность станков на холостом ходу. Вращающаяся часть станков не должна колебаться под собственным весом. Требования безопасности во время работы:

1. Необходимо быть внимательным, не отвлекаться на посторонние дела и разговоры;
2. Спецдежда должна быть полностью застегнута и убраны волосы;

5.1.2.4. Повышенная температура поверхностей оборудования и обрабатываемых материалов

Термические опасности в лаборатории обусловлены наличием оборудования с повышенной температурой поверхности. К таким оборудованьям относятся печь для обжига и сушильный шкаф.

Аппараты с повышенной температурой поверхности защищены специальными заградительными корпусами. При работе с таким оборудованием необходимо исключить их непосредственный контакт с кожными покровами, для этого используются специальные ухваты и защитные перчатки из жароустойчивого материала. Электрическая печь должна включаться только в сеть с заземлением.

Работающие обязаны соблюдать правила пожарной безопасности, знать места расположения первичных средств пожаротушения. Помещение для работы с электропечью должно быть обеспечено первичными средствами пожаротушения: огнетушителем, ящиком с песком, емкостью с водой.

5.2. Экологическая безопасность

При выполнении научно-исследовательской работы использовались вещества, обеспечивающие минимальное воздействие на окружающую среду. В процессе проведения экспериментальной части работы материалы проходят механическую, химическую и тепловую обработку.

5.2.1. Защита селитебной зоны

Технология получения технической керамики является достаточно чистым производством, так как любое запыление может повлиять в дальнейшем на работу изделия. В связи с этим применения таких средств защиты селитебной зоны, как санитарно-защитная зона, не является необходимым. Особых требований защиты к зданию, технологическому процессу и оборудованию также не предъявляется, кроме поддержания чистоты рабочего места и работы вентиляции для очистки воздуха от пыли.

5.2.2. Защита атмосферы

Выбросы в атмосферу при выполнении научно-исследовательской работы отсутствуют, так как были использованы твердые и жидкие вещества.

При производстве также не выделяются вредные газообразные вещества, так как используемые в работе печи – электрические, что означает отсутствие газообразных продуктов сгорания топлива.

5.2.3. Защита гидросферы

В ходе выполнения работы большинство компонентов использовалось в сухом виде, никаких растворов не предусматривалось. Единственное жидкое вещество – изопропиловый спирт – после использования утилизировалось в специальную емкость и не оказывало вредного воздействия на гидросферу.

5.2.4. Защита литосферы

Твердые отходы, которые могли бы привести к загрязнению литосферы - отсутствуют. Образцы после тщательного анализа помещены в эксикатор для хранения и поддержания определённой влажности воздуха.

5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Использование в ходе работы электрического оборудования, а также печных установок для высокотемпературного обжига создает вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера: возгорания, пожара, взрыва.

Основными и наиболее частыми причинами ЧС подобного рода являются:

- 1) Нарушение элементарных правил пожарной безопасности;
- 2) Неисправность электрооборудования, электросетей и нарушение электротехнических правил;
- 3) Самовозгорание, статическое электричество, грозовые разряды;
- 4) Неудовлетворительная постановка инструктажа, плохая дисциплина.

Для предупреждения возникновения ЧС подобного рода необходимо перед работой с оборудованием, которое является потенциальным источником чрезвычайной ситуации, каждый сотрудник или работник должен пройти инструктаж по технике безопасности.

Установка не должна загрождать пути эвакуации в случае ЧС и закрывать собой предупредительные знаки и сигналы. Около каждой

установки должен быть автомат аварийного отключения электроэнергии, а в электрической цепи присутствовать устройство защитного отключения. Так как при повреждении изоляции соединительных проводов возможно возгорание проводки, то рядом с оборудованием должен находиться исправный огнетушитель.

В случае возгорания, возникновения пожара или взрыва необходимо немедленно прекратить работы в помещении и принять меры по устранению чрезвычайной ситуации. По возможности необходимо обесточить всё оборудование в лаборатории при помощи общего рубильника. В случае, если пожар не распространился по помещению, необходимо использовать огнетушитель, для своевременного тушения загоревшегося оборудования или участка электросети. При необходимости нужно обеспечить эвакуацию людей в безопасное место, а также использовать кнопку пожарной сигнализации. Также в лаборатории находится аптечка с медикаментами для оказания пострадавшим первой медицинской помощи

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В соответствии с нормами правового регулирования и техникой безопасности, каждый работник лаборатории должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты и смывающими веществами.

В целях сохранения работоспособности и профилактики заболеваний, работающим в контакте с химическими веществами следует два раза в год проводить витаминизацию.

Перед началом работы каждый работник проходит инструктаж и вводную лекцию по технике безопасности, после которой он расписывается в журнале о вводном инструктаже. Для исключения возможности несчастных случаев вопросы безопасности труда и других видов деятельности изучают в обязательном порядке все студенты и учащиеся высших и средних специальных учебных заведений в соответствии с утвержденными учебными планами и программами.

Также необходимо проводить поверку и вести контроль за оборудованием и осуществлять в указанный период государственный надзор и общественный контроль за соблюдением законодательства по охране труда.

Кроме того, важным аспектом являются организационные мероприятия по компоновке рабочей зоны. Рабочее место на шлифовальном и полировальном станках или возле печи должно предусматривать свободный доступ к любой их части для контроля над процессом и ремонта. Также установка не должна загрождать пути эвакуации в случае ЧС и закрывать собой предупредительные знаки и сигналы.

Органы управления должны быть выделены по отношению к общему фону, а рычаг аварийного отключения электроэнергии должен быть легко достигаем при работе у любой части установки.

Список публикаций студента